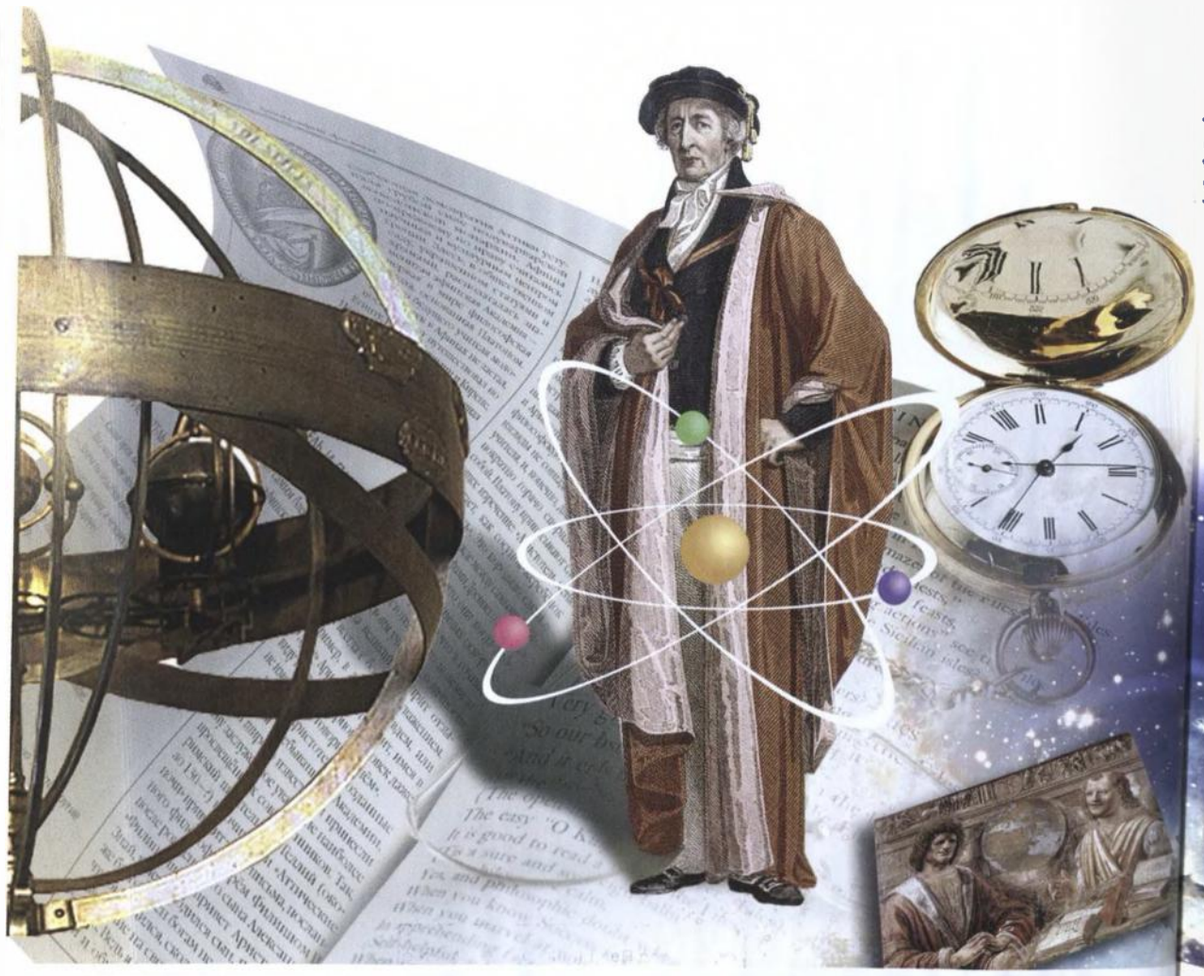
LÜĞƏT VƏ ENSİKLOPEDİYALAR



10932

UŞAQLAR ÜÇÜN

ENSİKLOPEDİYA

F=ma

FİZİKA

Birinci hissə

Fizikanın tarixindən
Materiyanın dərinliklərinə səyahət
Dünyanın mexaniki mənzərəsi

"Şərq-Qərb"
Bakı
2008

İqtibas İdarəsi
PREZİDENT KİTABXANASI

Li 74

ICES
INTERNATIONAL CENTRE OF EDUCATIONAL SYSTEMS (ICES)
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ (МЦОС)
CENTRE INTERNATIONAL DES SYSTEMES D'EDUCATION (CISE)
INTERNATIONALES ZENTRUM FÜR AUSBILDUNGSSYSTEME (IZAS)

UNESCO/ICES BEYNƏLXALQ KAFEDRA-ŞƏBƏKƏSİ
"TEXNİKİ VƏ PEŞƏKAR TƏHSİL VƏ KADRLARIN HAZIRLANMASI"

"Uşaqlar üçün ensiklopediya"lar Beynəlxalq təhsilverici sistemlər mərkəzi (BTSM) və YUNESKO/BTSM Beynəlxalq kafedra-şəbəkəsi tərəfindən hamı üçün fasiləsiz təhsil (continuing longlife education for all) sistemlərində dərs vəsaiti kimi tövsiyə edilmişdir.

Azərbaycan nəşri üzərində işləyənlər:

Abdulla Muxtarov
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın müxbir üzvü

Şakir Nağıyev
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

Məmməd Rəcəbov
fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent

ISBN 978-9952-34-188-1

530.03-dc22
Uşaq ensiklopediyası – Fizika

Uşaqlar üçün ensiklopediya. Fizika. I hissə
Fizikanın tarixindən. Materiyanın dərinliklərinə səyahət. Dünyanın mexaniki mənzərəsi
Bakı, "Şərq-Qərb", 2008, 464 səh.

© "Şərq-Qərb", 2008

OXUCUYA

Balaca uşaq belə suallar verəndə ki, "Səma niyə mavidir?", "Karandaş nə üçün yazır?", "Külək necə olur ki, əsir?" və ya "Televizor necə işləyir?", o, ilk dəfə özünün fizikaya olan marağını büruzə verir, halbuki hələ belə bir sözü bilmir. Yaşlı adam maşında gedərkən, kompüter qarşısında işləyərkən, lampanı burub taxarkən, soyuducudan ərzaq götürərkən fizikanın ona bəxş etdiyi imkandan istifadə edir və bəzən bu barədə heç düşünmür də.

Fizika elə bir elmdir ki, insan onun köməyilə uşaqlıq çağında yaranan suallarına cavab verməyə çalışır. Axı fizikanın başlıca sualı "nə üçün?" sualıdır, hər bir uşaq dünyanı dərk etməyə bu sualdan başlayır.

Fizika elə bir elmdir ki, onsuz elmi-texniki tərəqqinin nailiyyətlərinin əksər hissəsi – işıq, istilik, sürət, rahatlıq... mümkün olmazdı. Beşəriyyət teleportasiyanın və antiqravitasiyanın kəşflərini, başqa qalaktikalara kosmik uçuşları məhz fizikadan gözləmişdir və gözləməkdə davam edir.

Alim fiziklər, Arximedin dövründəki kimi, indi də, hər şeyi bilməyə can atan, dünya ilə, onun qanunları ilə maraqlanan insanlardır. Fizik, demək olar ki, həmişə həm də məhz bu qanunların insan naminə və insan üçün necə işləyə biləcəyini düşünüb tapan ixtiraçıdır. E.Halleyin linzası, E.Kleystin və P.Muşenbrukun leyden bankası, İ.Polzunovun buxar maşını, C.Henrinin və S. dal Neqronun elektrik mühərriki, S.Morzenin teleqrafı, A.N.Lodıginin elektrik lampası, P.N.Yabloçkovun şamı, K.Lavalın buxar turbini, A.S.Popovun antenası – bütün bunlar və bu kimi daha minlərlə ixtira bəşəriyyəti bugünkü, müasir həyat səviyyəsinə gətirib çıxarmışdır.

Bir də, fiziklər çox şən insanlardır. Əbəs yerə deyildir ki, kitab mağazalarında "Fiziklər zarafat edirlər" adlı kitabı tapmaq o qədər də çətin deyildir. Bizim hər birimiz Eynşteynin və ya Nyutonun, Dirakın və ya Landaunun adı ilə bağlı olan heç olmazsa bir gülməli əhvalatı xatırlamağa qadirdir. Vernon Hovard deyirdi ki, həqiqət axtarışı insana çox zövq verir.

Budur, artıq bir çox əsrlərdir ki, fizikanın vurğunu olan fədakar insanlar həqiqətin yolu ilə gedərkən və bütün bəşəriyyətin həyatını dəyişdirən kəşflər edərkən "zövq alırlar". "Uşaqlar üçün ensiklopediya"nın "Fizika" cildində məhz bu kəşflər haqqında, onların müəllifləri haqqında, bizim dünyamız və onun qanunları haqqında danışılır.

SUALLAR DAHA ÇOXDUR, NƏİNKİ CAVABLAR...

Fransız yazıçısı Jozef Ernest Renanın (1823-1892) sözlərinə görə, "indi hər bir məktəbli elə həqiqətləri bilir ki, Arximed onlardan ötrü həyatını verərdi". Son 400 ildə bəşər sivilizasiyası özünün bütün əvvəlki tarixinə nisbətən ölçüyəgəlməz dərəcədə böyük bir idrak yolu keçmişdir. Bu illər ərzində insanlar coğrafiyanı və Yerin təkini mənimsəmiş, okeanları fəth etmişlər. İnsan ona çox böyük sürətlə uçmağa və Yerdə hərəkət etməyə, evindən çölə çıxmadan başqa kontinentlərin sakinləri ilə əlaqə saxlamağa, habelə digər məmləkətlərdə baş verənləri görməyə imkan verən qurğular yaratmışdır. O, enerji mənbələrini mənimsəmiş, qida ilə təminat problemlərini həll etmiş, ən dəhşətli xəstəliklərin epidemiyalarının qarşısını almağı öyrənmişdir. Qədim dövlətin istənilən hökmdarı XX əsrin orta avropalısının məişətinə vəcdlə həsəd aparardı.

Bu nailiyyətlər təbiətin dərk olunmasına elmi yanaşmanın bəhrəsidir. Elmi fikir Qədim Yunanıstanda yaranmışdır. Əfsanələri materiya, fəza və zaman haqqındakı natural fəlsəfi təsəvvürlər əvəz etdi. Müşahidələrdən dünyanın quruluşuna, Yerdə baş verənlərin səbəblərinə və ilkin əsaslarına dair mühakimələrə keçmək mümkün oldu. İnsanlar sivilizasiyanın tarixi yolunun yüzdə bir hissələri ərzində bəşərin həyatını dəyişdirən elmin – fizikanın yaranmasına görə məhz "qədim yunan möcüzəsinə" minnətdardırlar.



Orta əsr alimi. Qravüra. XVI əsr.

Fizikanın təşəkkülü və inkişafı haqqında ətraflı hekayə ilə oxucular "Fizikanın tarixindən" bölməsində rastlaşacaqlar. Fransız yazıçısı Andre Morua (1885-1967) qeyd etmişdir: "Nəsillərin topladığı biliklərin və xatirələrin yekunu – bax, bu bizim sivilizasiyadır. Yalnız bir şərt daxilində – bizə qədərki nəsillərin fikirləri ilə tanışlıqdan sonra onun vətəndaşı olmaq mümkündür".

Mühüm fiziki kəşflər insanların dünyagörüşünü alt-üst etməklə, yalnız elmi irəli aparmamış, həm də dəfələrlə dünyanın taleyini dəyişdirmişdir. Kopernik sistemi və nisbilik nəzəriyyəsi müasir bəşəriyyətin simasını müharibələrdən və inqilablardan heç də az formalaşdırmamışdır.

Müasir "fiziki sivilizasiya" nə ilə yaşayır? Dünyada yüksək ixtisaslı fiziklər hazırlayan mərkəzlər harada yerləşir? Alimlər necə işləyir, onlar konfranslara nə üçün toplaşır və orada hansı məsələləri həll edirlər? Kimi və nə üçün akademik seçirlər, Nobel mükafatlarını və digər nüfuzlu mükafatları nəyə görə verirlər? Fizika və din bir-birilə necə qarşılıqlı təsirdə olur, fiziki tədqiqatlarda fəlsəfənin rolu nədir? Elmlə psevdoelmin (saxta elmin) arasındakı fərq nədən ibarətdir? Bütün bunlar haqqında "Fiziklər dünyası" bölməsində bəhs olunur.

Elmi metodun yaradıcılarından biri olan ingilis filosofu Frensis Bekon (1561-1626) Yeni dövrün leytmotivinə çevrilmiş aşağıdakı ibarəli düsturu söyləmişdir: "Scientia potentia est" (*lat.* "Bilik qüvvədir"). Yoxlamaq, saxlamaq və başqasına ötürmək mümkün olan bilikləri elmi biliklər adlandırdılar. Yəni elm istənilən hadisələri yox, yalnız təbiətdə təkrarlanan hadisələri öyrənməlidir. Elmin vəzifəsi belə hadisələrin tabe olduğu qanunları aydınlaşdırmaqdır. Frensis Bekonun və Rene Dekartın əsərlərində ifadə olunmuş elmi metodun mahiyyəti bundan ibarətdir.

Daha əvvəl ingilis filosofu və təbiətşünası Rocer Bekon (təxminən 1214-1292) yazmışdır: "Bütün mücərrəd biliklərdən və incəsənətdən yüksəkdə təcrübələr aparmaq bacarığı dayanır və bu elm elmlərin şahıdır... Filosoflar bilməlidirlər ki, əgər onlar elmə qüdrətli riyaziyyatı tətbiq etmirlərsə, onda onların elmi gücsüzdür... Nəticəni təcrübi yolla və tətbiq etməklə yoxlamadıqda sofizmi isbatdan fərqləndirmək mümkün deyil".

İtaliyalı Qalileo Qalileyin (1564-1642) sayəsində təbiətşünaslığa ədəd daxil oldu, alimlər müşahidələrdən ölçmələrə və hesablamalara keçdilər. Bu, külli miqdarda faktları düsturlar dilinə çevirməklə, onları "sıxmağa" və nizamlamağa imkan verdi. XV əsrdə İohann Qutenberq tərəfindən kitab çapının kəşf edilməsi alınmış biliklərin saxlanması və ötürülməsi işinə xeyli dərəcədə kömək etdi. Biliyə canatma tək-tək ziyalı adamların sırf aristokratik məşğuliyyəti idisə, indi cəmiyyətin geniş təbəqələrinə də əlçatan oldu. Bu göstərilən addımla yalnız bütövlükdə fizikaya Kainatı modelləşdirməyə imkan verən müasir kompüterləşmə müqayisə oluna bilər.

Dünyanın quruluşu haqqında müasir təsəvvürlərin, bu biliklərin əldə edilməsi üsullarının icmalını oxucu "Nəhəng sirli dünya" bölməsində tapacaqdır. O, fəza və zamana "səyahət" edəcək, makro və mikroaləmin xəyali heyrətə gətirən obrazları və miqyasları haqqında çoxsaylı "yolüstü təəssüratlar" alacaqdır. Səyahətlərin "marşrutları" fizika tərəfindən müxtəlif dərəcədə işlənib hazırlanmışdır: bəzi istiqamətlər üçün müfəssəl "xəritələr" və "yol bələdçiləri" tərtib edilmiş, digər yerlərdə isə çətinliklə salınmış cığırlardan keçmək lazım gəlir.



Frensis Bekon. Paul van Somerin portret işi.

Elmin böyük nailiyyətlərinə baxmayaraq, dünya sirlərlə doludur, fizikanın qarşısında isə çoxlu həll olunmamış problemlər durur. "Fizikanın başlanğıcı və metodları" fəslində elmin idrak vasitələrinin bugünkü "arsenalı" haqqında söhbət açılır. Burada müasir cihazlar və eksperimental məlumatların emal edilməsi qaydaları haqqında danışılır, fiziki nəzəriyyələrin qurulmasının əsas prinsipləri şərh olunur.

Fizikada "atom erasını" açmış Britaniya alimi Ernest Rezerford özünəməxsus sadəlik və istehza ilə demişdir: "Bütün elmləri iki qrupa: məhz fizikaya və marka toplamağa bölmək olar". Bu, XX əsrin əvvəlində fizikanın təbiətşünaslıqda liderlik mövqeyi tutduğu vaxtda deyilmişdir. Digər təbiət elmlərindən fərqli olaraq fizika artıq nəinki bir sıra empirik, həm də fundamental qanunlara malik idi. Bu qanunlar əsasında hadisələri qabaqcadan xəbər vermək, həmçinin mürəkkəb proseslərin necə axdığını, maşınların, mexanizmlərin və s. necə işlədiyini qabaqcadan söyləmək olar.

XX əsrin əvvəlində rus mütəfəkkiri və təbiətşünası Vladimir İvanoviç Vernadski (1863-1945) yazırdı: "Elm, yolu həmişə eyni üsulla axtarır. O, mürəkkəb məsələni daha sadə məsələlərə ayırır, sonra mürəkkəb məsələləri kənarda qoyaraq, daha sadə məsələləri





həll edir. Yalnız bundan sonra kənarda qalan mürəkkəb məsələyə qayıdır". Mexanika fənninin təşəkkülü məhz bu cür baş vermişdir. Bütün maddi prosesləri hərəkətə – mexaniki, istilik, kimyəvi və s. hərəkətlərə gətirmək olar. Onların arasında ən sadəsi mexaniki hərəkətdir, yəni cisimlərin fəzada zaman intervalı ərzində yerdəyişməsidir. Mexanikanın birinci qanununu – ətalət qanununu aşkara çıxarmaq üçün Qalileo Qaliley təfəkkürün çoxəsrlik ətalətini dəf etməli oldu: o, diqqəti cismi hərəkətdə saxlayan səbəbdən hərəkəti dəyişdirən səbəbə yönəltdi.

İstənilən müasir məktəbli sürətin, təcilin tərifini bilərək, diferensial və inteqral hesablarının əlifbasına yiyələnərək, bir-iki səhifədə mexaniki hərəkətin bütün qanunauyğunluqlarını çıxara bilər. Vulstorpda Triniti-kollecin gənc bakalavrı İsaak Nyuton tənha qaldığı vaxtlarda inteqrallama üsulunu kəşf etdi, bu üsulun özü mexanikanın zəfərlərinin başlanğıcını qoydu.

Mexanika özünün təbii riyazi dilini tapdı. Bu dilin sayəsində nəhəng göy cisimlərinin və kiçik qum dənəciklərinin hərəkəti haqqındakı məlumatların ağlasığmaz çoxluğunu Nyutonun üç qanununa və fundamental ümumdünya cazibə qanununa gətirmək mümkün oldu. Dünyanın ilk elmi mənzərəsi belə yarandı. Nyutona görə, Kainat maddi nöqtələr sistemidir, onların arasında mərkəzi qüvvələr heç bir vasitəçi olmadan ani təsir edir və bütün bunlar tamamilə boş fəzada və arasıkəsilməz zamanda baş verir. Dünyaya bu cür baxışın əsas məziyyətləri "Fizika" cildinin birinci hissəsini tamamlayan "Dünyanın mexaniki mənzərəsi" bölməsində şərh olunmuşdur.

Hər bir böyük kəşf kimi, dünyanın ilk mənzərəsinin yaradılması qurbansız keçmədi. Hər şeydən əvvəl, mexanikanın yaradıcıları hərəkətlərin və hadisələrin mahiyyətini saxlamaqla, real obyektləri onların ideal modelləri ilə əvəz etdilər. Fiziki cisimlərə ya nöqtələr və ya mütləq bərk cisimlər kimi, yəni belə nöqtələrin "sərt" konqlomeratı kimi baxırdılar; mayelər onlara xas olan özlülükdən məhrum edilirdilər. Məlum oldu ki, düzxətli hərəkət də ideallaşmışdı, çünki təbiətdə mütləq düz trayektoriyalar yoxdur. Nyutonun mütləq fəza və zamanı eksperimentlərdə aşkar oluna bilmədi. Paradoksal faktdır ki, təbiət haqqındakı müasir biliklərin və ilk texniki inqilabların bünövrəsi olmuş son dərəcə effektivli Nyuton mexanikası əslində reallıqda mövcud olmayan anlayış və obrazlara əsaslanmışdır.

Nyutonun dahiliyi ondadır ki, o, öz metodunun dəqiq gücü çatdığı məsələlərə baxmışdır. Həmin dövr üçün həllolunmaz məsələləri isə o, öz ardıcıllarına vəsiyyət etmişdir. Mexaniki hərəkətləri izah etmək üçün Nyutona cisimlərin qarşılıqlı təsirinin ölçüsü kimi qüvvələr lazım oldu və o, bu qüvvələrdən, onların təbiəti haqqında özözünə sual vermədən istifadə etdi. Fizikanın sonrakı inkişafı, ümumdünya cazibə qüvvələri istisna olmaqla, bütün "mexaniki" qüvvələrin (özlülük, elastiklik, sürtünmə, müqavimət və s.)

elektromaqnit təbiətli olduğunu aydınlaşdırdı. Ümumdünya cazibə qüvvəsinin mahiyyəti müasir fizika üçün də sirdir.

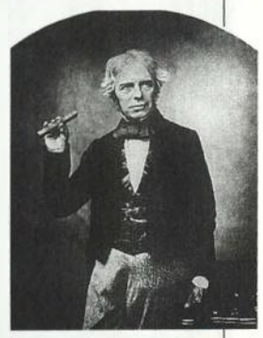
Dünyanın Nyuton mənzərəsinin aydınlığı və sadəliyi haqqında danışan Albert Eynşteyn demişdir: "Xoşbəxt Nyuton, elmin xoşbəxt uşaqlığı!.. Təbiət ondan ötrü açıq kitab idi və o, bu kitabı asanlıqla oxuyurdu. Təcrübi məlumatları nizama salmaq üçün onun istifadə etdiyi konsepsiyalar, sanki, təcrübənin özündən sərbəstcəsinə çıxırdı". Məhz Eynşteyn dünyanın sonrakı mənzərəsinin – sahə mənzərəsinin yaranmasını başa çatdırdı. "Fizika" cildinin ikinci hissəsi bu mənzərənin şərhi ilə açılır.

Məlumdur ki, analogiya üzrə fəaliyyət göstərmək və düşünmək daha asandır. Fransız hərbi mühəndisi Şarl Oqyusten Kulon və riyaziyyatçısı Andre Mari Amper, ingilis fiziki Ceyms Klark Maksvell və bir çox başqaları elektrik və maqnit hadisələrinin ilk nəzəriyyələrini Nyuton mexanikasına analoji olaraq qurmağa çalışmışdılar. Lakin fizika elminin yeni ölçüsünü yarıb keçmək başqalarının elmi traktatlarını cildləməklə məşğul olan, fizika ilə maraqlanan bir insana müyəssər oldu. Onun adı Maykl Faradeydir. Biz sirli, lakin daha real substansiya – sahə anlayışına görə məhz ona minnətdarıq.

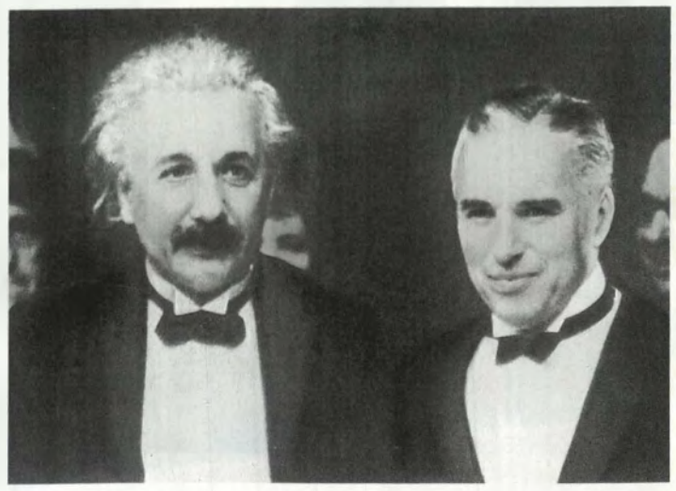
Faradeyin dərin ideyalarına və onun gözlənilməz kəşflərinə, habelə Kulon və Amper qanunlarına əsaslanaraq, Maksvell təbiətin elektrik, maqnit və optik hadisələrini vahid riyazi sistemdə birləşdirdi. Onun məşhur tənlikləri dünyanın yeni sahə mənzərəsinə gətirib çıxardı. Boş fəzada Nyuton qanunlarına tabe olan korpuskulların yerini yüklər və bütün dünyaya nüfuz edən sahələr tutdu. Materiyanın məhz sahə forması ilkin forma kimi qəbul edildi; maddənin təcrübədə müşahidə olunan digər formalarına isə fiziki sahələrin ikinci təzahürləri (sıxlaşmalar və ya həyəcanlamaları) kimi baxıldı.

XIX-XX əsrin qovuşuğunda Maksvell tənliklərinin Henrix Hers, Hendrik Anton Lorens, Jül Anri Puankare və Albert Eynşteyn tərəfindən təhlil edilməsi nəticəsində dünyanın Nyuton mənzərəsinin bir çox qeyri-real xassələri aradan qaldırıldı. Qalileyin mexaniki hərəkətlərə aid nisbilik prinsipi bütün fiziki proseslərə şamil edildi. Qarşılıqlı təsirdə olan cisimlər arasında vasitəçilər – sahələr aşkar olundu. Bütün qarşılıqlı təsirlərin və proseslərin limit sürəti – işıq sürəti müəyyən olundu. Fəza və zaman fiziki hadisələrin vahid arenasında – fəza-zamanda birləşərək öz müşahidəolunmaz mütləqliyini itirdi. XX əsrin əvvəlində Eynşteyn tərəfindən ümumi nisbilik nəzəriyyəsinin yaradılması sahə nəzəriyyələrinin zəfəri idi. Bu nəzəriyyə qravitasiyanı əyilmiş fəza-zaman həndəsəsi ilə əlaqələndirdi və təcrübələrdə müvəffəqiyyətlə təsdiq olunan effektləri qabaqcadan xəbər verdi.

Müvəffəqiyyət o qədər heyrandedici idi ki, elmi eksperimentlərin nəticələrini ilk dəfə olaraq kütləvi qəzet səhifələrində şərh etməyə başladılar.



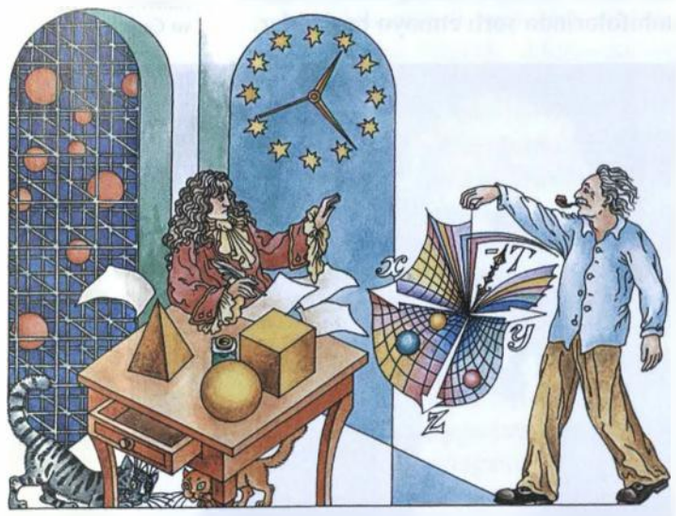
Maykl Faradey.



Albert Eynşteyn və Çarlz Çaplin.

Nyutonun klassik mexanikası Eynşteynin relyativistik fizikasının mükəmməl binasında öz yerini tutdu (tətbiq sahəsinin dəqiq müəyyən olunmuş sərhədləri ilə birlikdə). Lakin fizika bununla qurtarmadı, yalnız klassik nəzəriyyənin qurulması başa çatdı. Nyuton-Maksvell-Eynşteyn dünyasında makro və mikro obyektlərin təsvirində prinsipial fərq yox idi, bütün hadisələr arasında səbəb-nəticə əlaqələri birqiymətli və birdəfəlik müəyyən edilmiş hesab olunurdu. Lakin maddənin strukturuna aid eksperimentlər getdikcə daha tez-tez klassik fizika qanunlarına zidd olan nəticələr verirdi.

Dünyanın sahə mənzərəsinin yaradıcıları olan Maksvell və Eynşteyn, German Lüdviq Ferdinand Helmholtsla, Uilyam Tomsonla və Lüdviq Bolsmanla yanaşı olaraq təbiətin növbəti daha geniş mənzərəsinin – kvant-statistik mənzərəsinin əsaslarını qoydular. Bu haqda ətraflı cildin altıncı bölməsində danışılır. Orada termodinamik yanaşmanın universal imkanları göstərilmişdir. Termodinamik yanaşmaya yalnız qaz molekulları deyil, müəmmalı qara çuxurlar da tabedir.



Kvant təsəvvürlərinin inkişafında ilk addımı 1900-cü ildə alman fiziki Maks Plank atmışdır. O, təsirin qiymətinə məhdudiyyəti – təsir kvantını daxil etdi. Təsir kvantı Plank sabiti adlandı, makro və mikro obyektlərin arasında fərqin universal meyarına çevrildi.

"Nəhəng sirli dünya" adlı bölmədə oxucu özü üçün çox maraqlı olan elementar zərrəciklər aləmini kəşf edəcəkdir. Müasir fizika insan xəyalının sərhədlərindən uzaqda yerləşən obyektlərin və hadisələrin xassələrini öyrənir. Hazırda ən mühüm fiziki kəşflər mikroaləmdə edilir. Burada dünyanın təbiətdəki bütün məlum qarşılıqlı təsirləri birləşdirməyə qadir olan vahid mənzərəsinin yaradılmasına doğru yollar salınır.

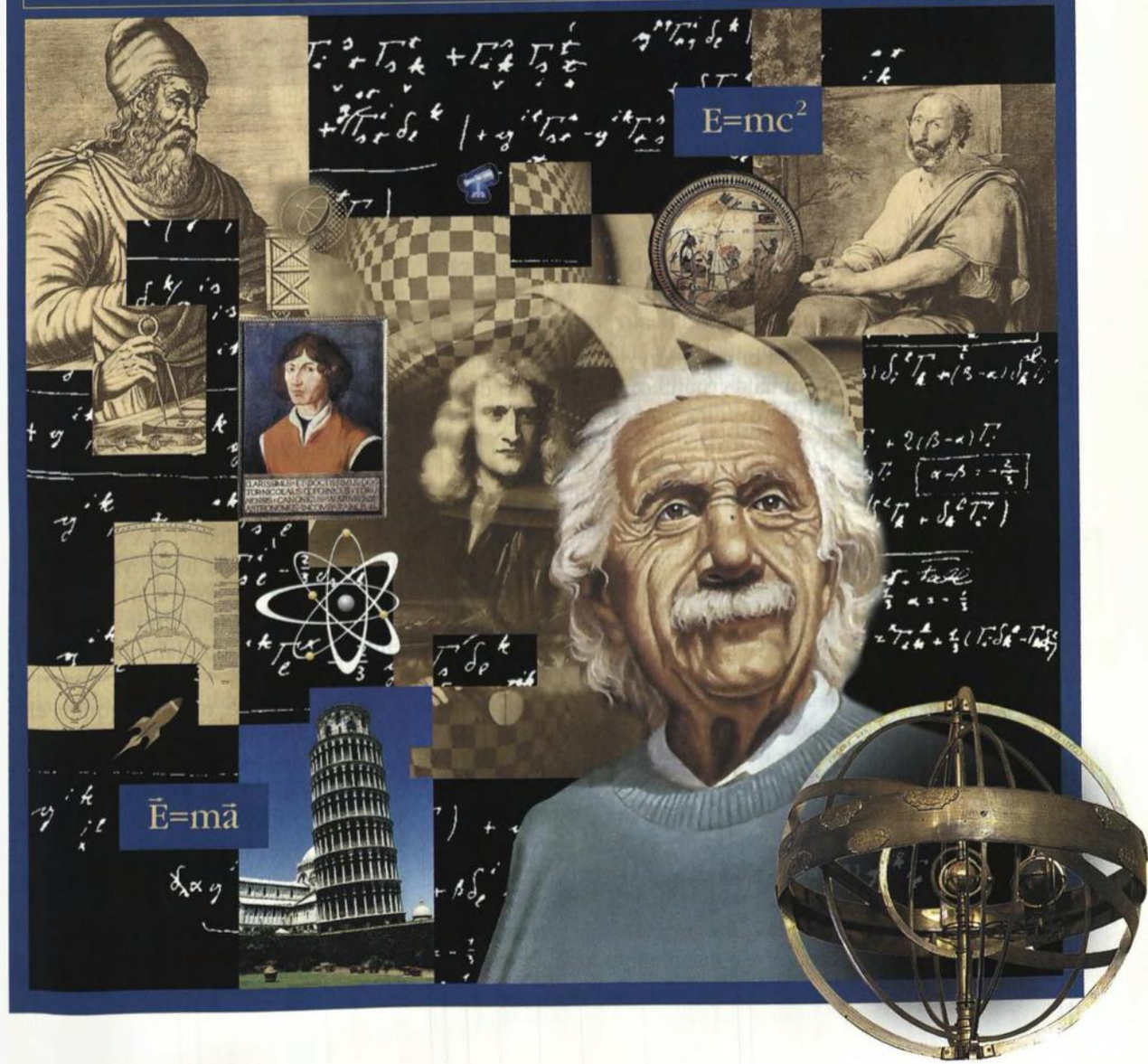
Kitabın son bölməsi "Dünyanın mexaniki mənzərəsi" adlanır. Hadisələrin çox böyük rəngarəngliyində, dünya quruluşunun bir-birini əvəz edən bütün nəzəriyyələrində ümumi cəhətlər mövcuddur və universal üsullar işləyir. Universal məsələlər də mövcuddur. Onları həll etmək üçün müasir fizikanın bütün cəbbəxanasından istifadə etmək lazım gəlir. Bu növ məsələlərdən ən çox məşhur olanı Kainatın təkamülü və Yerdə həyatın mənşəyi məsələsidir.

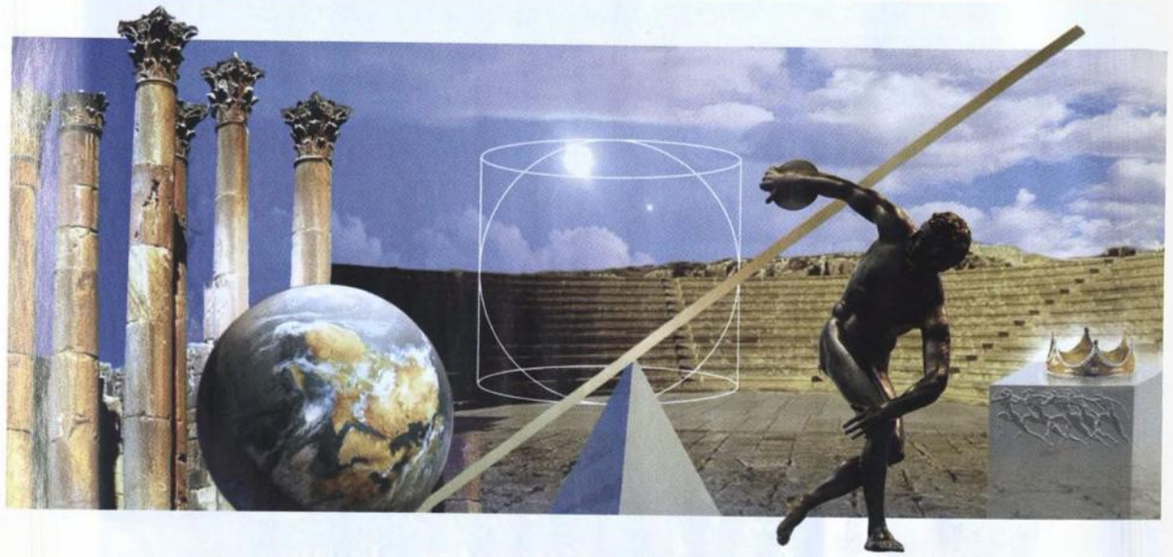
Universal proseslər və hadisələr bir xarakterik cəhətə malikdir: onlar qeyri-xəttidir. Nə qədər qəribə də olsa, son 300-400 ildə fizikada bütün baş verənlərin hamısını fiziki reallıqlara yalnız xətti yaxınlaşma hesab etmək olar. Bunu lap bu yaxınlarda – 30 ildən bir az artıq olar ki, dərk etmişlər. Artıq müəyyən nailiyyətlər əldə olunmuşdur, lakin hələlik suallar cavablardan çoxdur. Buna baxmayaraq, oxucuları müasir "qeyri-xətti fizikanın" nəfəs aldığı ən mühüm ideyalar haqqındakı hekayələr gözləyir.

1

FİZİKANIN TARİXİNDƏN

Fizikanın təşəkkülü. Elmlərin şahı





FİZİKANIN TƏŞƏKKÜLÜ

ELMİ FİKRİN YARANMASI

Mark Tulli Siseron – Roma siyasi xadimi, yazıçı və natiqi.

Riyazi bilik əbədiyyət mehinə büründüyü halda (bütün zamanlarda iki dəfə iki dörd edir), təbiət haqqındakı biliyin üzərində, əlbəttə ki, tarixi ölçülərə görə mühakimə yürütdükdə, sanki, ötərilik, qeyri-müəyyənlik və anilik kölgəsi vardır. Fizika tarixi dünya haqqında bəşəriyyətin uzun müddət sarsılmaz görünən təməl təsəvvürlərini alt-üst etmiş ən azı iki inqilab tanıyır. Ola bilsin, təbiət haqqındakı müasir təsəvvürlər bundan sonra da rədd ediləcəkdir, necə ki, Aristotelin Yerin Kainatdakı mərkəzi mövqeyi haqqında əsrlər boyu hökm sürən baxışları rədd edildi və ya qədim, həm də yeni Avropa fizikasının "təbiət sıçrayışlara dözmür" kimi başlıca müddəasını XX əsrdə yaranmış kvant mexanikası qəbul etmədi. Hər belə inqilab insanların zehnində çaxnaşma yaratmış və onları belə düşünməyə məcbur etmişdir ki, təbiət haqqındakı bizim bütün biliklərimiz fərziyyədən başqa bir şey deyil. Təbiətşünaslıq tarixi, sanki, Siseronun haqlı olduğunu təsdiq edir. Hələ eramızdan əvvəl I əsrdə o demişdi: "Ehtimallı biliklər – bax budur insan ağlının hüdudu". XX əsr elminin metodologiyasında nüfuz yiyəsi sayılan Avstriya filosofu Karl Raymund Popper təbii-elmi biliyin hipotetik, ehtimallı olduğunu elan etməklə onu təkrarlayır.

Ümumiyyətlə, təbiət haqqında elm dünyanın quruluşuna dair ciddi və dəqiq bilik ola bilərmi, yoxsa fiziklərin qismətinə hesablamaları yalnız sonsuz yaxşılaşdırmaqmı düşüb, onların dünyaya baxışları isə gec-tez yalnız tarixi maraqmı kəsb edəcəkdir? Bəşəriyyətin başqa elm sahələrinə nisbətən daha çox şeylərə nail olduğu fizikada belə (riyaziyyatdan başqa) hətta idrak təqribidirsə, onda digər elmlər haqqında nə demək olar?



Yoxsa, əksinə, riyazi bilik kimi fiziki biliyin də üzərinə əbədilik möhürünün vurulduğunu zənn edən Albert Eynşteynmi haqlıdır: "Fizik onda təsəlli tapır ki, gərgin zəhmət sayəsində onun aldığı nəticələr elmin mülkü kimi həmişəlik qalacaqdır". Təbiətin dərki müəmmalı detektivə bənzəyir: yeni dəlillər əvvəlki versiyaları alt-üst edir və aydın olmur ki, nəhayət, həqiqət bütünlüklə tapılacaqmı?

ELM NƏ VAXT MEYDANA ÇIXA BİLƏRDİ?

İnsana biliklərə malik canlı kimi tərif vermək olar. Heyvanlar qeyri-bioloji yolla nəsildən-nəslə ötürülən biliklərsiz çox gözəl keçinir, onları irsən alınan instinkt əvəz edir. İnsan heyvandan fərqli olaraq dünyaya göz açanda tamamilə köməksiz olur: nəinki özü üçün qida əldə edə bilmir, hətta yaşayış mühitinə öyrəşmək kimi həyati vacib olan bacarıqdan məhrum olur. Müəyyən bilikdən ibarət olan bu bacarıq ona bioloji olaraq verilmir. İnsan onu yaşlı nəsildən öyrənməli olur. Lakin heç də hər bir bilik elmi bilik deyil.

Qədim dövrlərin insanları təbiət hadisələri haqqında külli miqdarda məlumatlar toplamışlar. Bu məlumatlar adi həyati məqsədlər üçün tez-tez yarayırdı, lakin buna görə onları elmi biliklər adlandırmaq olmaz. Toplanmış müşahidə materialının və onun mənalandırılmasının təbiət haqqındakı elmin rüşeyminə çevrilməsi üçün nə isə qeyri-adi bir şey baş verməli idi – bilik öz-özlüyündə sərvətə çevrilməli idi. Tarixin müəyyən anında insanlar başa düşdülər ki, bilik yalnız yaşamaq üçün deyil, daha çox insana təbiəti dərk etmək üçün verilib. İnsan təfəkküründəki bu dönüş məhz elmin yaranması demək idi.

Elmin yarana bilməsindən çox-çox əvvəl ilk sivilizasiyalar əmələ gəlməli və möhkəmlənməli idi, tarix başlamalı idi. Həmin dövrdə insanlar *zamanı* sezdilər – onlar anladılar ki, keçmiş indidən fərqlənir, əvvəl indiki kimi olmayıb. Zaman haqqındakı təsəvvürlər dünyanın əmələ gəlməsi haqqındakı əfsanələrdə doğulur, özü də bu əfsanələr ən qədim əfsanələr deyil. Səciyyəvidir ki, yunan mifologiyasında zaman simvolu olan nəhəng Kronos ilk allahlardan: ilkin xaosdan yaranmış Geidən, yəni ana Yerdən və onun əri Urandan, yəni Göydən törəmişdir. Yalnız sonra dünya miqyaslı allah olan Zevs doğuldu. Zevs öz atası Kronosu devirə bildi. Beləliklə, mifologiyada tədricən gizli şəkildə gələcək təbiət-



ZAMAN VƏ İNSANLAR

Bütün xalqlarda hər şeyə qadir yaradıcının – Allahın, demiurqun, heçdən dünyanı necə yaratdığı haqqında əfsanələr vardır. Ancaq ortaya bir sual çıxır: bəs dünya yaranan ana qədər nə var idi? Əgər dünyanın yaradılmasından qabaq sonsuzluq olmuşdursa, onda bəs nə üçün o, məhz bu anda yaradıldı, milyard illərlə əvvəl və ya sonra yaradılmadı? Sonsuzluğun bütün anları eyni cürdür və əgər bizə qədər sonsuz böyük zaman keçibsə, onda prinsipcə nə baş verə bilərdisə, hamısı artıq baş verməli idi. Dünyanın və zamanın yaranması paradoksunu müxtəlif sivilizasiyalar özünəməxsus həll etmişdir. Onların cavabları öz növbəsində sivilizasiyanın müqəddəratına və simasına təsir etmişdir.

Cavablardan biri Şərqdə, Hindistanda verilmişdir. Bizim dünya yaranana qədər doğulub ölən sonsuz sayda dünyalar mövcud olmuşdur. Şüurlu olaraq dünyanı öz planına görə yaradan demiurq dünyanın belə mənzərəsinə cavabdeh deyildi. Demiurqu, bütün dünyanı doldurmuş brəhmən – cisimsiz mənəvi başlanğıc: nəfəsalma-nəfəsvermə, yaz-payız, doğum-ölüm əvəz etdi. Tsikllərin sonsuz növbələşməsinin əsarətində qalan yalnız təkrar-təkrar dünyaya qayıdan insan deyil (reinkarnasiya nəzəriyyəsi), hər bir tsiklin əvvəlində doğulan, sonunda isə ölən allahların özləri idi. Bu möhtəşəm mənzərə insanlar üçün çox vacib olan bir suala cavab vermir: bütün bunlar nəyə lazımdır? Əgər hər yüksəlişin arxasınca qaçılmaz olaraq tənəzzül gəlirsə, onda öyrənmək, nəyə isə nail olmağa çalışmaq nəyə lazımdır? Onsuz da tsikllərin növbələşməsi yaradılmış hər şeyi qiymətdən salacaq.

Qərb sivilizasiyasının başlanğıcında, Qədim Yunanıstanda zamanın yaranması paradoksu başqa cür həll olunmuşdur. Filosof Platon birinci olaraq başa düşdü ki, "zaman göylə birlikdə yaranmışdır" və deməli, demiurq "Dünyanı yaratmazdan əvvəl nə var idi?" – kimi sualın mənası yoxdur, çünki "əvvəl" anlayışının özü yox idi. Demiurq dünya ilə birgə əbədilik üçün təklikdə qalan, gündən-günə hərəkət edən, əbədi bir obraz yaradır ki, biz ona zaman deyirik. Axı göy doğulana qədər heç bir gün, heç bir gecə, heç bir ay, heç bir il olmamışdır... "Olmuşdur" və "olacaqdır" mahiyyətcə zamanın yaranma növləridir və onları əbədi mahiyyətə aid edərək, biz özümüz də hiss etmədən səhv edirik... Bu mahiyyətə yalnız bircə "var" layiqdir. Sonralar bu fikri orta əsr mütəfəkkiri Avqustin inkişaf etdirdi, bu gün isə onu kosmoloji məlumatlar təsdiq edir. Dünya (fəza) və zaman ayrılmaz surətdə bağlıdır. Bu cür konsepsiya daha mürəkkəbdir, lakin onda artıq tərəqqi ideyası mümkündür ki, bununla Qərb sivilizasiyası ayrılmaz surətdə bağlıdır.



Qədim Misir təqvimi.

şünaslığın kateqoriyaları ətraflı öyrənilməyə başlanıldı.

Tarix başlanan anda zaman, sanki, insanın əlindən çıxdı. Əgər sivilizasiyadan əvvəlki cəmiyyətlərin baş "ideoloqu" olan şaman müxtəlif Yer cinlərini öz iradəsinə tabe edərək, cadugərlik yolu ilə gələcəyi özü yaradırdısa, Babil kahini gələcəyin yaradıcısı yox, sadəcə, gələcəyi görən idi, astroloq idi. O, göy cisimlərinə əsasən açıq mübarizəyə girməyin mümkün olmadığı allahların iradəsini oxuyurdu.

Ali dini bilik ideyası belə yarandı. Bu dini bilik adi adam üçün əlçatmaz idi, yalnız xəbərdar edilmiş (vergili) adamlara müəmmalı surətdə bəlli ola bilərdi. Bu bilik yırtıcını güdmək və ya nizə hazırlamaq kimi bilikdən kəskin fərqlənirdi.

Gizli, mistik surətdə anlaşılmış bilik – gələcək elmin antipodudur. Elmi bilik, İlahi bilik kimi, əbədiliyə iddialıdır, lakin onun yaradıcıları insanların özüdür və onu prinsipcə hər bir adam öyrənə bilər. Yalnız zamana yiyələnmək üçün edilən çoxəsrlik cəhdlərdən sonra, zamanı ilahilikdən insanların ağlında yerləşən anlayışa çevirəndən sonra elmin meydana gəldiyini bildirən inqilab baş verə bilərdi.

Ancaq hələ ki insanlar, göyü diqqətlə müşahidə edərək, allahların iradəsini öyrənməyə çalışırdılar. Dəqiq müşahidələr aparmaq – bu, çox asan iş deyil, çox vaxt və güc tələb edir. Çox zəhmət tələb edən müşahidələr aparmaq üçün ciddi stimul olmalıdır. Bu stimul Qədim Şərqdə – Misirdə, Assuriyada və Babilistanda, həmçinin digər daha qədim sivilizasiyalarda var idi, çünki onlarda göy cisimləri səcdəgah sayılırdı. Çoxəsrlik müşahidələr nəticəsində tarixdə ilk təbiət qanunlarından biri kəşf olundu. Babilistan və Misir kahinləri yüzilliklər ərzində tam və qismən Ay və Günəş tutulmalarını son dərəcə dəqiqliklə hesabladılar. Onların inadlı müşahidələri "böyük təkrarlanma"nın kəşfinə gətirib çıxardı. Babilistan sözü "sar" 3600 illik periodu bildirir. Yunanlar bu sözü "saros"a çevirib, onunla babillilərin, sadəcə, "on səkkiz" adlandırdığı 18 illik tsikli adlandırdılar. *Saros* elə bir zaman müddətidir (18 il 11 gün 8 saat) ki, bu müddətdə 28 ay və 43 günəş tutulması baş verir (günəş tutulmalarından 13-ü tam tutulmadır). Sarosu bilərək, dəqiqliklə gələcək və eyni dərəcədə keçmiş tutulmaların tarixini bir neçə gün qabaqcadan xəbər vermək olar. Sarosa əsaslanaraq tutulmanın yerini qabaqcadan xəbər vermək isə daha çətin işdir.



Əlbəttə, qədim münəccimlər astronomik müşahidələrlə sırf idrak məqsədi ilə məşğul olmurdular. Həmçinin, çətin ki, onların başlıca məqsədi təsərrüfat məsələlərini həll etməkdən, məsələn, materialist dünyagörüşünün təsiri altında çox vaxt güman edildiyi kimi, əkinçilik işləri üçün təqvim yaratmaqdan ibarət olmuşdur. Problem ondadır ki, burada "Nə əvvəl yaranıb: toyuq, yoxsa yumurta?" – tipli tapmaca yaranır. Nə əvvəl yaranıb – əkinçilik, yoxsa təqvim? Əkinçilik üçün təqvim lazımdır, lakin təqvimə ehtiyacın yaranması üçün əkinçilik artıq mövcud olmalı idi. Kahinlər göy cisimlərinin düzülüşündə, ilk növbədə, allahların iradəsini axtarırdılar ki, buna görə gələcəyi görə bilsinlər. Çoxəsrlik müşahidələrin dolayı nəticəsi suvarılan əkinçiliyin təşkil edilməsi üçün faydalı biliklərin qazanılması, suvarma kanalları sisteminin yaradılması, torpağı ölçmək və təqvim tərtib etmək oldu. Onu da deyə bilərik ki, astrologiya əkinçiliyin meydana gəlməsində öz payını verdi və bununla da insanlara "gündəlik çörək" əldə etmək imkanını yaratdı.

QƏDİM ŞƏRQ – QAYDA VƏ RESEPTLƏR ELMİ

Qədim misirlilərin və babillilərin səma hadisələri haqqındakı elmləri müşahidə elmi və ya empirik elm (*yun.* "empeyriya" – təcrübə) idi. Onlarda nəzəri isbat olunmuş ümumiləşmələr, demək olar ki, yox idi. Nə Misir papiruslarında, nə də babillilərin gil cədvəllərində alimlər heç bir müddəanın əsaslandırılmasına və ya riyazi teoremin isbatına bənzər bir şey tapmışlar. Bununla yanaşı, Babilistan kahinlərinin aldığı bəzi nəticələrə (onlar, məsələn, kvadrat tənliyə gətirilən məsələləri həll edə bilirdilər) nəzəri təhlil aparmadan, öz qarşılarında duran problemlərə mücərrəd baxmadan, sırf sınaqlar və səhvlər metodu ilə gəlib çıxmaq olmazdı.

İlk sivilizasiyaların alim kahinləri tərəfindən alınmış bilikləri magik (sehrli) tətbiqi bilik adlandırmaq olar. Qədim elmin qarşısında, əldə olunmuş bilikləri əsaslandırmaq məsələləri dururdu. Onun qarşısında mifologiya və təsərrüfatın tələbatları ilə bağlı olan praktik məsələlər dururdu: məsələn, bayram mərasimlərini nə vaxt keçir-



Babil – Mesopotamiyada qədim şəhər olub, müasir Bağdaddan cənub-qərbdə yerləşmişdir, Babilistanın paytaxtı olmuşdur (e.ə. II minilliyin başlanğıcından e.ə. 539-cu ilə qədər).

Qədim Misir – Şimal-Şərqi Afrikada dövlət. E.ə. IV əsrin sonunda yaranmış və e.ə. XVI-XV əsrlərdə ən yüksək çiçəklənmə dövrünə çatmışdır.



Kahinlər və göy cisimləri. Babilistan barelyefi. E.ə. XIII əsr.

mək, piramidaları necə tikmək, suvarma sistemləri üçün torpağı necə ölçmək və s. Bütün bu konkret işlər konkret biliklər tələb edirdi. Məsələn, mail-müstəvi, ling, paz və blokla işləməyi, kiçik modellərinə görə nəhəng heykəllər yaratmağı bacarmaq lazım idi. Ola bilsin ki, bu cür biliklər əldə edilərkən müəyyən nəzəri müddəalar işlənib hazırlanırdı, lakin məlum biliyin hansı yolla əldə edildiyi heç kəsi maraqlandırmadığı kimi, öz-özlüyündə onlar heç kəsi cəlb də etmirdi. Ona görə nəzəriyyəni yazmırdılar, yalnız son nəticəni fəaliyyətə göstəriş kimi, resept kimi qeyd edirdilər. Abstrakt bilik yalnız nəzərdə tutulurdu, onun tədrisi isə konkret misallar üzərində aparılırdı və onlardan xüsusi hallarda istifadə olunurdu. İsbata, xüsusi ilə aşkar şeylərin isbatına (məsələn, şaquli bucaqlar bərabərdir) güc sərf etmirdilər.

Assuriya Şimali Qoşaçaylıda (indiki İraqın ərazisində) qədim dövlət. E.ə. XIV-IX əsrlərdə bütün Şimali Mesopotamiyanı dəfələrlə işğal etmişdir.

Sonralar nəzəri tədqiqatlara müstəqil və hətta ən yüksək dəyər kimi baxacaq yunanlardan fərqli olaraq, misirlilər və babilistanlılar üçün hər şeydən vacibi o idi ki, məsələnin hər hansı bir həlli tapılsın və praktikada bu həllin doğruluğuna əmin olunsun. Deyə bilərik ki, onlar üçün həqiqətin meyarı, məhz praktika olmuşdur.



Bu təsadüfi deyildi: Şərq sivilizasiyalarının xüsusiyyəti elə idi ki, cəmiyyət tərəfindən nəzəri təfəkkür tələb olunmurdu. Bilik yuxarıdan aşağıya, kahinlərdən xalqa gəlirdi, kahinlərə isə isbatsız da inanırdılar – axı onlar allahların özləri ilə ünsiyyətdə olurdular.

Gələcək elmi biliklərin rüşeymləri Qədim Çində və Qədim Hindistanda da yaranmışdı. Qədim Çində fizika kifayət qədər böyük yol keçmişdir. Məhz ilk dəfə burada, müasir impuls anlayışının sələfi olan impetus nəzəriyyəsinə oxşar nə isə formalaşdırılmışdı, bu nəzəriyyənin tarixçəsi isə, bir qayda olaraq, VI əsrin iskəndəriyyəli alimi Filoponun əsərlərindən başlanırdı. Halbuki, müdrik Mo-tszının (e.ə. 479-400) davamçıları olan moistlər Qədim Çin fəlsəfi məktəbində öyrədirdilər: "Əgər əkstəsiredici qüvvələr yoxdursa, onda hərəkət heç zaman kəsilmir. Öküzün at olmaması doğru olduğu kimi, bu da doğrudur".

Moistlər qüvvəni "li" adlandırırdılar və qüvvə haqqında belə deyirdilər: "Qüvvə – bu, ... formaya malik əşyaları hərəkət etməyə məcbur edəndir. Ağırlıq qüvvədir. Bir əşyanın düşməsi və ya başqa hər hansı bir şeyin qaldırılması ağırlığın törətdiyi hərəkətdir". Burada söhbət blokdan – üzərindən ip aşırılmış və uclarından yüklər asılmış təkərdən gedir. Yüklərdən biri enir, digəri qalxır. Bu hərəkətin səbəbi ağırlıqdır.

Qədim Çində güzgü optikası da inkişaf etmişdi. Burada obskur kamerasından istifadə olunurdu, həm də

çinlilər şüaların həndəsi yolunu düzgün qurmağı bacarırdılar. İşığın sınma qanunlarına bənzər heç nə məlum deyildi.

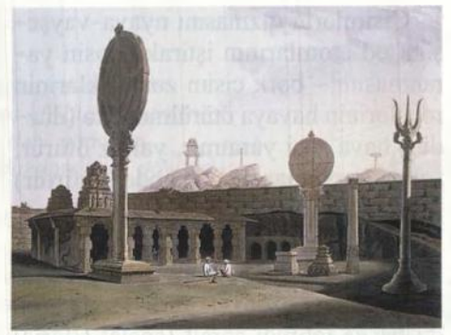
Artıq e.ə. VI əsrdə çinlilər təbii maqnetizm hadisəsini kəşf etmişdilər. Bir neçə əsrdən sonra onlar kompası ("cənubun göstəricisi"ni ixtira etdilər. Onlar hesab edirdilər ki, təbii maqnitlər ulduzların təsiri ilə istiqamətlənir.

Qədim Çində fizikanın inkişafı dünyagörüşü səbəbindən boğuldu. Bu prosesdə konfusiçilik mənfi rol oynadı. Konfusiçilik hesab edirdi ki, tətbiqi fəaliyyət ümumi mühakimələrdən üstündür. Konfusinin davamçıları cisimlərin boş fəzada hərəkəti, ağlıq və bərklik arasındakı fərq və s. kimi məsələlərə baxmağı boş məşğuliyyət hesab edirdilər. Onlar deyirdilər ki, "sənətkar bu biliklərsiz də yaxşı sənətkar kimi qala bilər".

Çinlilərə nisbətən qədim hindlilər fizikada xeyli qabağa getmişdilər. Yəqin bu, Hind cəmiyyətinin təbəqəli



quruluşu ilə bağlı idi ki, bu da dövlətin intellektual fəaliyyətə total qarışmasına imkan vermirdi. Qədim Hind mətnləri arasında fiziki məsələlərin inkişafı baxımından e.ə. VII əsrdə yazılmış Vayşeşikasutra (*sanskr.* "vişeşa" – fərq, xüsusiyyət) adlanan təlim seçilir. Sonrakı yüzilliklər ərzində vayşeşika təlimi nyaya (bu ad "qayda", "mühakimə"



Banqalor yaxınlığında Hind məbədi. Qravüra. Hindistan.

bildirir) təlimi ilə birlikdə inkişaf etmişdir. B.e. XI əsrindən başlayaraq, onlar o dərəcədə birləşdilər ki, ümumi bir "nyaya-vayşeşika" adı ilə adlandırıldılar.

Nyaya-vayşeşika təlimində atılmış nizənin hərəkəti belə izah olunur: başlanğıcda nizənin hərəkəti əlin birbaşa təması nəticəsində yaranır, sonra təmas qırılır (yox olur), lakin nizə aldığı təkan (hindlilər "veqa" deyirdilər) hesabına hərəkətini davam etdirir. Bu da impetus nəzəriyyəsinə çox bənzəyir.

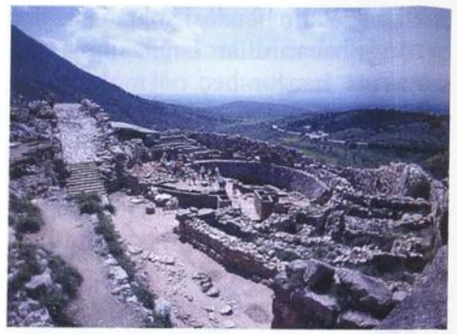
Qədim hindlilərin ətraf aləmə baxışlarının əsasında beş element: torpaq, su, od, hava və efir (hindlilər onları uyğun olaraq "pratxvi", "ap", "tecas", "vayu" və "akaşa" adlandırırdılar) haqqında təlim dururdu. İlk dörd element maddi hesab olunurdu, efir isə qeyri-maddi idi. Bu elementlərin hər birinə insanın beş hissindən biri uyğun qoyulurdu: torpağa – iybilmə, suya – dadbilmə, havaya – lamisə (toxunma hissi), oda – görmə, efirə – eşitmə.

Nyaya-vayşeşika təliminə görə, hər bir maddi elementə xüsusi növ atomlar uyğundur, həm də müxtəlif elementlərin atomlarına müəyyən keyfiyyətlər xasdır: torpaq atomlarına – iy, su atomlarına – dad, hava atomlarına – toxunma ilə hissetmə qabiliyyəti, od atomlarına – rəng. Hər şeyə nüfuz edən efirə səs uyğundur. Atomlar əbədi, dağılmaz kiçicik kürəciklər, demək olar ki, nöqtələr kimi təsəvvür edilirdi.

Konfusi (Kun-tszı; e.ə. təxminən 551-479-cu illər) Qədim Çin mütəfəkkiri. Onun etik-siyasi təliminin mərkəzində – xeyirxah xadim idealı dayanır. Bu ideal "Göyün əmrinə" və əxlaq qanununa (Dao) uyğun hərəkət edir, mərasimlərə (li) riayət edir, valideynlərə və böyüklərə (syao) oğul hörməti gətirir. Konfusiyə görə, syao – humanizmin (jen) və digər yaxşılıqların əsasıdır və ölkəni ən effektiv idarəetmə üsuludur, ona görə ki, dövlət böyük bir ailədir.

1093932

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin İşlər İdarəsi
PREZİDENT KİTABXANASI



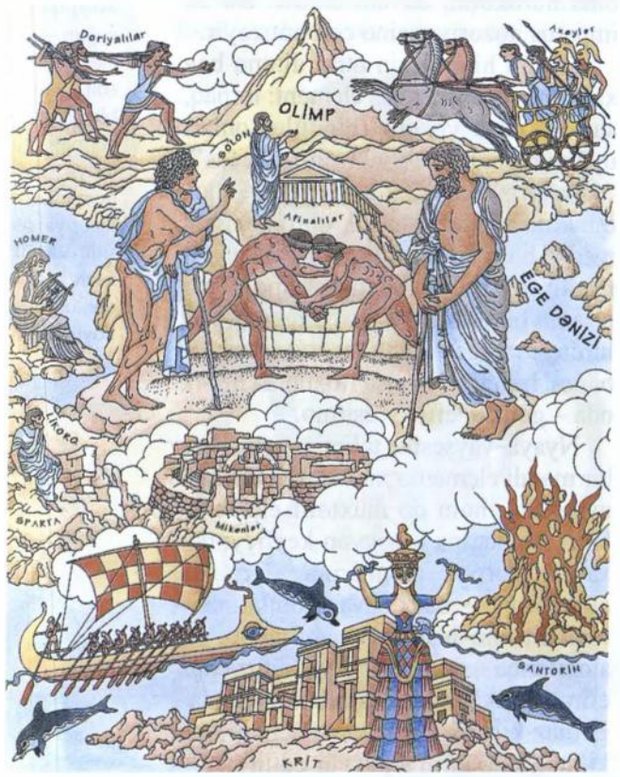
Qədim Miken mənzərəsi.

Cisimlərin qızmasını nyaya-vayşeşika od atomlarının iştirakı, səsin yaranmasını – bərk cisim zərrəciklərinin rəqslərinin havaya ötürülməsi ilə (düzdür, hava səsi yaratmır, yalnız ötürür, səsin yaranmasına cavabdeh efirdir) izah edir.

Beləliklə, dünyanın tamamilə müxtəlif regionlarında elmi fikrin oxşar inkişaf yolu nəzərə çarpırdı. Lakin həm də başqa ictimai şərait (sosial sifariş) olmalı idi ki, bu fikir təkcə möhkəmlənməsin, həm də ən yüksək nəzəri səviyyəyə çıxa bilsin. Bu cür şərait Qədim Yunanıstanda yarandı.

"YUNAN MÖCÜZƏSİ"

Yunanıstan ərazisində dövlət iki dəfə yaranmışdı: e.ə. XVII və VIII yüzilliklərdə. Tarixçilər arxeoloji qazıntı məlumatları əsasında bu nəticəyə gəlmişlər. Birinci dövlət Egey mədəniyyəti əsasında (e.ə. 2800–1100-cü illər) yaranmışdı. Egey mədəniyyəti Krit-Mikena mədəniyyəti də adlanırdı. Bu mədəniyyət bəzi mühüm əlamətlərinə görə qonşu Qədim Şərq mədəniyyətindən fərqlənirdi. Məsələn, Egey incəsənəti daha çox aristokrat xarakter daşıyırdı: ustalar çılpaq qadınları təsvir edən "skripkayabənzər" fiqurcuqlar, heykəlciklər yaradırdılar və s.



E.ə. XV əsrdə dəhşətli təbii fəlakət baş verdi. E.ə. XIII-XII əsrlərdə isə vəhşi tayfaların (dorilərin) viranedici hücumları Egey mədəniyyətinin tənəzzülünü sürətləndirdi. Lakin "qaranlıq əsrlər" adlanan üç-dörd yüzillik keçdi və Aralıq dənizi sahillərində Krit-Mikena mədəniyyətinin yerində, əvvəlkilərin heç birinə bənzəməyən bir cəmiyyət yarandı. Bu tarixi hadisəni çox vaxt "yunan möcüzəsi" adlandırırlar. Elladanın əhalisi sayca, məsələn, müasir Rusiyanın paytaxtı Moskvanın əhalisindən az idi, lakin ellinlər dünyaya yüzlərcə parlaq mütəfəkkirlər, şairlər və heykəltəraşlar, həmçinin indiyədək öz aktuallığını saxlamış ideyalar və problemlər vermişdir.

Ellin Yunanıstanının mənəviyyatı qədim dövr üçün qeyri-adidir. Rəiyyətin (demosun) aristokratiya ilə uğurlu mübarizəsi nəticəsində insanların allahların və ya bu dünyanın güclülərinin xeyirxahlığından çox, öz qüvvələrinə

CİSİM VƏ DÜŞÜNCƏ

Qıvrım telli yeniyetmə
çıxır idman zolağına.
Filosof gimnast deyilsə,
filosof deyilməz ona.

Sürmürsə o, cəng arabası,
olmaz onun dahi sözü.
Disk ata bilməz sağ əli,
Möhkəm dayanmırsa dizi.

Dərisi tərləyib əsir,
Gedir bürünsün dəfnəyə.
Dünya bədəndə əks edir,
Kainat cisimdir deyə.

Əzələyə məcun çəkib,
gedir səs-küylü dövrədə.
İnanaq dahi gimnasta,
O, müdrikdən bərk dövr edər.

Tabe olub ali qanuna
daş da qayaya rast olub.
Platon ən iti fikri
Ən sürətli cəngdə bulub.

(Y.M.Vinokurov. "Cisim".
"İpostas" toplusundan, 1984-cü il)



arxalanmağa can atmaları aparıcı rol oynamağa başladı; cəmiyyətdə şəxsi təşəbbüs həlledici əhəmiyyət qazandı. Əgər əvvəllər insanın sosial rolu əsasən onun əsli-nəcabəti ilə və ya vardövləti ilə təyin olunurdusa, indi insanın şəxsi keyfiyyətləri getdikcə daha çox əhəmiyyət daşımağa başlayırdı. Bu isə "təbiətin övladları" kimi, insanların bərabərliyi fikrini doğurdu. Elladanın demokratik polislərində (şəhər-dövlətlərində) o dövr üçün (müəyyən mənada bizim dövr üçün də) heyranedici olan fikir və hüquq azadlığı hökm sürürdü. Yunanlar bilavasitə şəhər meydanlarında, həmçinin varlı şəhərlilərin saraylarında istənilən mövzuda keçirilən sonsuz diskussiyalarda coşqunluqla iştirak edirdilər. Qərarlar səsvermə yolu ilə qəbul edilirdi ki, bu da Şərq sivilizasiyaları üçün tamamilə ağlasığmaz idi.

Yunan mənəviyyatının başqa ayrılmaz xüsusiyyəti – yarışların keçirilməsi idi. E.ə. 776-cı ildə burada ilk dəfə Olimpiya oyunları keçirildi, bu oyunların himayədarı Zevs hesab olunurdu. Başqa oyunlar da mövcud idi, məsələn, dəniz hökmdarı Poseydona həsr olunmuş İstmiya oyunları. Yarışlara tale qisməti kimi baxırdılar; çünki yarışlar insanlara allahların kimə məhəmət etdiyini bilməyə imkan verirdi. Ona görə Olimpiya çempionlarına allahın seçilənləri kimi baxırdılar və onların şərəfinə bayram şənlikləri düzəldirdilər. Çox vaxt yunan şəhər-dövlətlərinin hökmdarları və ya hərbi sərkərdələri onlar olurdular.

Bir də qeyri-adi o idi ki, ellin sivilizasiyasında kahinlər daha çox ikinci dərəcəli şəxslər idilər. Yunanıstanda kahinlər xidmətçiləri xatırladırdı; çox vaxt dini ibadətə kübar hakimiyyətin nümayəndəsi: ya məmur, ya da hakim rəhbərlik edirdi. Bununla belə, Misirdə və Babilistanda olduğunun əksinə olaraq, Yunanıstanda dövlət başçısı eyni zamanda baş kahin deyildi.

Yunan mənəviyyatının çox mühüm xüsusiyyəti dünyanın, insanın və cəmiyyətin vəhdətinin dərk edilməsinin yönümlü olması idi. Hərbi-qəbilə aristokratiyası hakimiyyətinin ideoloji əsası olan mifoloji dünyagörüşü həmin dövrdə böhran keçirirdi. Sadə adamların demokratik cəmiyyət quruluşunu əsaslandıra biləcək yeni ideologiyaya ehtiyacı var idi. Bütün dünyagörüşləri üçün biliyə əsaslanan vahid bir ideyanın olması bu məqsədə son dərəcə uyğun idi. Bu ideya ayrı-ayrı adamların və ya allahların iradəsindən və arzusundan asılı olmamalı, obyektiv olmalı idi.

Ellada – yunan dilində Yunanıstanın adıdır.

Demos (*yun.* "xalq") – Qədim Yunanıstanda vətəndaş hüquqlarına malik olan azad əhali.

YUNAN EKSPERİMENTİ

Çox qədim Şərq və Avropa sivilizasiyaları ilə müqayisədə tamamilə yeni istiqamətli bu qeyri-ənənəvi cəmiyyət necə yarandı? Əsasən öz qüvvələrinə, qismən də allahların xeyirxahlığına arxalanan və nəsildən-nəslə keçən ənənədən daha çox bacarıq, fərasət yarışına tuşlanmış cəmiyyət necə yarandı? Çox güman ki, burada məhz Krit-Mikena sivilizasiyasının əmin-amanlığını dağıdan fəlakət az əhəmiyyətli rol oynamadı.

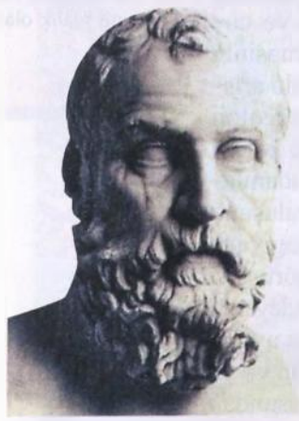
Bütün yunanlar – həm axeylər, həm də ellinlər gəlmə idilər. Tarixçilər ehtimal edirlər ki, e.ə. təxminən 1600-cü ildə materik Yunanıstanına döyüş arabalarından istifadə edən axey qəbilələri soxuldular. Onlar qədim yaşayış yerlərinin – Mikenin, Tirinfin, Orxomenin yaxın ətrafında yerləşən kiçik dövlətlər yaratdılar.

E.ə. təxminən 1470-ci ildə Krit-Mikena mədəniyyətinin ayrı-ayrı mərkəzləri Tura və ya Santorin vulkanının püskürməsindən ziyan çəkdi. Onun əksədası həlak olmuş Atlantida haqqında əfsanədə bizə gəlib çatmışdır. Xüsusilə Kritə güclü ziyan dəymişdir. Zəifləmiş Krit adasına axeylər daxil oldular. Onlar yerli mədəniyyəti zənginləşdirdilər. Məsələn, onların sayəsində kritlilər nizami yazını öyrəndilər. Bu yazıda yunan dilinin ən qədim variantı qorunub saxlanmışdır.

E.ə. XIII əsrin ikinci yarısından başlayaraq, Axey dövləti bir neçə dəfə dorilərin və "dəniz xalqlarının" viranedici hücumlarına məruz qalmışdır. Bu tayfalar şimaldan cənuba qədər bütün Yunanıstanı keçdilər. Dorilərin nəsilləri Spartanın, axeylərin nəsilləri isə Afinanın əsasını qoydular. Afina-Sparta oxu bütün sonrakı Yunanıstan tarixinin əsas sütunu olmuşdur.

Dori quldurları məbədləri talayır, bu məbədləri mühafizə edən kahinləri öldürürdülər. İğtişaş dövrü, "qara əsrlər" başladı. Krit-Mikena mədəniyyəti əsasında yaranmış keçmiş (əvvəlki) Axey dövlətinin əhalisi mənəvi rəhbərlərini, onlarla birlikdə əvvəlki bilik yazını və ədəbi abidələrini itirdi. Ona görə Homerin yunanların tarixi yaddaşını özünə hopdurmuş "İliada" və "Odisseya"sı uzun müddət yalnız şifahi dastan şəklində mövcud olmuşdur. İqtisadiyyat tənəzzül etdi, hər yerdə yoxsulluq hökm sürürdü. Xalqların köçməsi – yunanlar tərəfindən Aralıq və Qara dəniz adalarının və sahillərinin müstəmləkələşdirilməsi başlandı.

Yunan cəmiyyətinə stabilliyin yeni dayaqlarını axtarıb tapmaq lazım gəlirdi. Yunanlar böyük sosial eksperimentə başladılar. Onlar əvvəllər dövlətə məxsus olmuş torpaqları bölüşdürdülər; onun bütün vətəndaşları bərabər və azad hesab olunmağa başlandılar. Yeni qanunlar ortaya çıxdı. Bu qanunlar allahlar tərəfindən yox, müdrik-banilər adlanan hörmətli adamlar tərəfindən müəyyən olunurdu. Onlar arasında ən məşhurları spartalı Likurq (e.ə. IX-VIII əsrlər) və afinalı Solon (e.ə. 640 və 635 arasında – təxminən 559) idi. Polis (şəhər-dövlət) demokratiyasının qurulmasında yeni əlifba mühüm rol oynadı. Bu əlifba hüquqi cəhətdən hamını daha da çox bərabərləşdirdi – bundan sonra on minlərlə heroqlifləri mənimsəməyə uzun illər sərf etməyə ehtiyac qalmadı.



Afina qanunvericisi və islahatçısı Solon.



Knosdan tapılmış B (axey) yazısı. Krit.

Beləliklə, yalnız dünyanın vəhdətliyi prinsipini əsaslandırmaq işi qalırdı. İlk yunan filosofları özlərini bu işə həsr etdilər. Onların nüfuzu, fəlakətdən qabaq kahinlərin malik olduqları nüfuzu ilə müqayisə oluna bilərdi.

Yunan mənəviyyatının, elmin taleyi üçün çox mühüm olan bir xüsusiyyəti – məntiqə və isbata hörmətlə yanaşılması bu vəziyyətlə əlaqədar idi. Yunan hətta məntiq adi həyati təsəvvürlərə zidd olsa belə, həmişə məntiqə inanırdı. Yalnız nəticənin özü yox, onun alınması yolu da vacib idi. Hətta yol daha vacib sayılırdı, çünki e.ə. III əsrə qədər isbat yolu ilə alınmış riyazi və fiziki biliklərin praktikada tətbiqinə aid misalları, tam mənası ilə, barmaqla saymaq olardı. Erkən yunan elmində tətbiqi tərəf vacib deyildi. Bununla o, Şərq sivilizasiyalarının qədim elmindən kəskin fərqlənirdi.

Məsələn, Fales (e.ə. təxminən 625-547) əlçatmaz əşyalara qədər məsafəni təyin etmək üsulunu əsaslandırdı, eyni zamanda özünün məşhur teoremini və bir sıra tamamilə aydın olan köməkçi fikirləri isbat etdi. Bu üsul, deyəsən, Misir kahinlərinə çoxdan məlum idi. Bu metodun köməyi ilə Milet yaxınlığında körfəzin xəritəsini tərtib etmək üçün heç bir isbat tələb olunmurdu. Xüsusən, Falesə qədər heç kim aşkar fikirləri isbat etmirdi.

Yunanıstanda nə üçün nəticəyə yox, isbata fikir verirdilər? Başlıcası, bilik verənin nüfuzu idi. Babilistanda və Misirdə biliyi kahinlər verirdilər, onların göstərişləri isə allahların iradəsinə bərabərləşdirilirdi. Yunanıstanda isə "köhnə növ" kahinlər dorilərin basqınlarından sonra qalmamışdı, yeni kahinlərin isə cəmiyyətin həyatını müəyyən etməyə haqları yox idi. Müdrik də öz mühakimələrini adi adam kimi əsaslandırmalı idi. Tacir və siyasətçi olan Fales də belə edirdi. Beləliklə, tarixdə



ilk dəfə həqiqətin meyarı allahların nüfuzu yox, isbat etmək oldu.

Mifologiyanın buxovlarından qurtularaq, yunan cəmiyyəti, sanki, azadlığa çıxdı. Sağlam fikrə əsaslanan, fövqəltəbii qüvvələrə meyillilikdən, kahinlərin möcüzəsindən və nüfuzundan kənar qaçan yeni dünyagörüşü yarandı. E.ə. 585-ci ilin mayın 28-də tam günəş tutulmasının adi adam Fales tərəfindən qabaqcadan xəbər verilməsi faktı yunanlara çox böyük təsir bağışladı. Axı bu, o demək idi ki, göy cisimlərinin tutulması kimi böyük sirlər adi adam tərəfindən başa düşülə bilər və bu dini biliklərin xüsusi öyrənilməsini tələb etmir. Ola bilsin ki, insan ağlı əvvəllər hesab olunduğundan da çox anlamağa qadirdir? Ola bilsin ki, yalnız dərk edilməmiş nəsə var, ümumiyyətlə isə, dərkedilməz heç nə yoxdur?

Yeni dünyagörüşü mifologiya fonunda və onunla mübarizədə yarandı, baxmayaraq ki, o, mifoloji materialdan istifadə etmiş və onu yenidən işləmişdi. Falesin "hər şey sudur" müddəası, dövrün özünə məxsus manifestinə çevrildi. Bu müddəanın mənası, "Hər şey allahların ixtiyarındadır" tipli müddəaya qarşı qoyulduqda yaxşı aydın olur. Falesin təlimi ilk dəfə dünyanın vəhdətliyi ideyasını əsaslandırdı. Bu ideya öz növbəsində antik demok-

YUNANLARIN İRSİ

Bizim bütün mədəni həyatımız, əməllərimiz, fikir və duyğularımız... antik dövrdə yaranmış mənəviyyat növü ilə bağlıdır. Daha sonra qatı dindarlıq dövründə bu mənəviyyat növü dərin dəyişikliklərə uğradı, nəhayət, orta əsrlərin sonlarında din antik dövrün mənəvi azadlığı ilə çox gözəl birləşib, bütün dünyanı xəyalən vahid Allah dünyası kimi əhatə etdi və sonra coğrafi kəşflər, təbiət elmlərinin və texnikanın inkişaf prosesində onun simasını kökündən dəyişdirdi. Başqa sözlə, müasir həyatın bütün sferalarında əgər biz sistematik olaraq işin mahiyyətinə nüfuz ediriksə, onda antik dövrə və ya xristianlığa aid olan mənəvi strukturlarla qarşılaşırıq...

Başqa xalqlar və mədəniyyətlər praktik fəaliyyətdə, yunanlar kimi, eyni dərəcədə bacarıqlı idilər, lakin lap əvvəlcədən yunan təfəkküründü başqa xalqların təfəkküründən fərqləndirən nə idi? Bu, hər bir problemi prinsipial problemə çevirmək və bununla da elə bir mövqe tutmaq qabiliyyətidir ki, həmin mövqe baxımından empiriyanın rəngarəng çeşidliyini nizamlamaq və insan dərrakəsi üçün başa düşülən şəklə salmaq mümkün olsun... Yunanların fəlsəfəsi ilə məşğul olan hər kəs hər addımda həmin prinsipial suallar qoymaq qabiliyyəti ilə rastlaşır. Beləliklə, o, yunanları mütaliə etməklə, Qərbi Avropa təfəkküründün yaratdığı ən güclü intellektual vasitələrin birinə yiyələnmək bacarığını öyrənir...

Qərbi Avropa mədəniyyəti prinsipial problemlərin qoyuluşu ilə praktik fəaliyyət arasında sıx əlaqə yaranan yerdə başlayır. Bunu yunanlar həyata keçirmişlər. Bizim mədəniyyətimizin bütün gücü indi də bu əlaqə üzərində dayanır. Yenə bu gün də, demək olar ki, bizim bütün nailiyyətlərimiz ona əsaslanır.

(V.Heyzenberqin "Üfüq arxasında addımlar" kitabından.)

ratiyanın ideoloji bazası oldu. Falesin təlimi böyük sirləri açan insan ağlının qüdrətindən danışırdı, o, valeh etməyə bilməzdi, ilham verməyə bilməzdi. Bütöv bir xalq gənclik eşqi ilə, tamamilə yeni əsaslarla dünya sistemi və cəmiyyət qurmağa başladı.

Cisimlərin təbiətinə zidd olan hər bir şey kimi, möcüzələr də yaşamaq hüququndan məhrum edildi. Dünyada hər şey, hətta allahlar da təbii qanunlara tabedir. Yeni anlayış – təbiət anlayışı yarandı. "Təbiətinə görə" onu bildirir ki, "təbiidir", "doğrudur", "dünyanın və cəmiyyətin qanunlarına uyğundur". Təbiət Kainatı və insanı vəhdətdə birləşdirir. Yalnız bu təbiəti axtarmaq və ya heç olmazsa, bu axtarışın istiqamətini göstərmək qalırdı. Fales onu göstərdi və bununla özünə Elladanın birinci müdrik adamı şöhrətini qazandırdı.

O, filosofluq etmək qaydasını həmişəlik müəyyən etdi. Bu qayda dünyanın vahidliyini ifadə edən paradoksal bir müddəa söyləməkdən və sonra onu isbat etməkdən ibarətdir. İdrak prosesi paradoksdan başlanır, sonra mütəfəkkir paradoksun olmadığını isbat edir və bununla da həyatını mənalandıran müdrikliklə qovuşur. Görünür ki, Aristotelin (öz müəllimi Platondan əxz etdiyi) məşhur kəlamı "bilik heyrətdən başlayır" buradan törəmişdir.

Bununla bağlı olaraq ilk dəfə isbatın özünün şərtləri haqqında sual yarandı: nəyi necə və nəyin əsasında isbat etmək olar? Falesdən başlayaraq yunan elmi isbatı mümkün edən şərtlərin tədqiq edilməsi yolu ilə irəliləmişdir. Milet fəlsəfə məktəbinin nümayəndələri olan Fales, Anaksimandr və Anaksimen dünya haqqında düşünərək və əsasən məntiqə söykənərək, mahiyyətcə təbiət haqqında məntiqi təfəkkür sistemini işləyib hazırlamışlar. Onlar gələcək nəzəri təbiətşünaslığın kateqoriyalarını yaratmış və sistemləşdirmişlər. "Hər şey sudur" müddəası nəzəri təbiətşünaslığın ilk fikri olmuşdur.

KOSMOS MƏNTİQİ

Yunan dilində "kosmos" sözünün mənası "quruluş", "nizam", "bəzək" deməkdir. Qədim yunanlar Kainatı da bu sözlə adlandırdılar. Onların fikrincə, dünya ali (ilahi) rifah naminə yaşayan bir orqanizm tərəfindən məntiq və harmoniya qanunlarına uyğun nizamlanmışdır. Ayrıca bir adam və bütövlükdə cəmiyyət, Kosmos kimi, harmonik vəhdətdə, yəni kiçik kosmos olmalıdır.

İlk yunan filosofları insan ağlının gücünə inanaraq dərkedilməz möcüzələrin olduğunu inkar edirdilər və cəsarətlə ətraf aləmin bütün hadisələrinin izahına girişirdilər. Bunun nəticəsində nəzəri təfəkkür sahəsində son dərəcə gözəl kəşflər edildi.

Onların bir hissəsi antik təfəkkürün həll etməyə gücü çatmadığı problemlərin qoyuluşuna gətirib çıxardı. Məsələn, e.ə. V əsrdə Zenonun irəli sürdüyü məşhur paradokslar bunlara misaldır. Bu gün də onlar özünün tam həllini tapmayıb.

"HƏR ŞEY SUDUR"

B.e. təxminən 600 il əvvəl Elladanın yeddi mütəfəkkirindən Fales adlı ən ağıllısı müəmmalı bir iddia irəli sürdü: "Hər şey sudur". Hər şey sudan əmələ gəlir və məhv olduqdan sonra suya çevrilir.

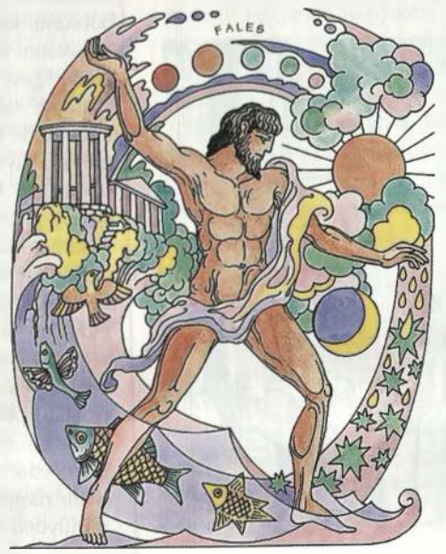
Falesin bu müddəası açıq-aşkar gündəlik həyata ziddir və paradoksaldır. Məgər yer və göy, dağlar və buludlar, ağaclar və heyvanlar sudur? İoniyanın Milet şəhərindən olan, tarixdə ilk filosof və alim adlandırılan bu mütəfəkkir nəyi nəzərdə tutmuşdu?

Fales haqqında bizə çox az faktlar məlumdur, onun əsərləri bizim günlərə qədər gəlib çatmamışdır. Falesin



bir neçə müddəası və bir də nəsr şəklində yazılmış bəzi əsərlərinin adları: "Başlanğıclar haqqında", "Günəşin duruşu haqqında", "Gecə-gündüz bərabərliyi haqqında", "Dəniz astrologiyası" az və ya çox dərəcədə dürüst məlumdur.

Fərz etmək olar ki, Fales vahid dünyanın fövqəltəbii qüvvələr tərəfindən yaradılmadığını nəzərə almaqla hamıya aydın məntiqi mühakimələrin köməyi ilə bu qədər qeyri-adi fikrə gəlmişdir.



Çox söz heç də ağıllı fikri ifadə etmir.

Zaminlik olan yerdə bədbəxtlik olar.

Valideynlərinə necə qulluq etsən, qocalanda övladlarından da onu görəcəksən.

Çətin nədir – özünü dərk etmək.
Yorucu nədir – avaralanmaq.
Zərərli nədir – hövsələsizlik.
Dözülməz nədir – ədəbsizlik.

Hakimiyyətdə olanda özünü idarə et.

Falesin söylədiklərindən

İoniya Kiçik Asiyada vilayətdir.

Dünya heçdən yarana bilməzdi, bu möcüzə olardı. O hər hansı bir başqa dünyadan yarana bilərdi. Əgər bu dünyalar arasında heç bir əlaqə yoxdursa, onda bir dünyadan digərinə keçid də əcaib bir şey olardı, əslində heçdən doğulmağa bənzərdi. Deməli, köhnə dünyanı və ondan əmələ gələn yeni dünyanı əlaqələndirən hər hansı bir ümumi başlanğıc mövcuddur.

Bu ümumi başlanğıc həm köhnə, həm də yeni dünyadan fərqlənir, əks halda, köhnədən yeni dünya heç cür yarana bilməzdi. Lakin bizim müşahidə edə biləcəyimiz hər şey köhnə dünya ilə müqayisədə yeni dünyadır (o, isə gələcək dünyaya nəzərən köhnədir). Belə çıxır ki, bütün mümkün dünyaların ümumi başlanğıcı prinsipcə müşahidə olunmazdır. Ona görə əmələ gələn hər şeyin ümumi ilk əsasını təsəvvür etmək olmaz, baxmayaraq ki, söhbətin nədən getdiyi tam aydındır. Deməli, anlamaq (düşünmək) və təsəvvür etmək ayrı-ayrı şeylərdir.

Təsəvvüredilməz bir şeyi yaxşı başa düşmək üçün analogiyadan istifadə etmək məqsədəuyğundur. Elə maddə götürmək lazımdır ki, bir tərəfdən öz xassələri ilə mümkün qədər az seçilsin, digər tərəfdən isə müxtəlif hallara əyani keçmək imkanına malik olsun. Belə maddə roluna məhz su yaxşı uyğun gəlir. Axı o rəngsizdir, heç bir iyə və dada malik deyil, müəyyən bir formaya malikdir. Su maye halından bərk hala keçə və buxarlana bilər. Suyun bu xassələri "suyu" dəyişən dünyanın bütün hallarının ümumi ilkin əsası kimi qəbul etməyə imkan verir. Bu, bizim içdiyimiz su, çaylarda axan su, dənizləri dolduran su deyildir. Bu, fəlsəfi kateqoriyadır, mücərrəd anlayışdır. Onu əyani təsəvvür etmək mümkün deyil, o, başqa kateqoriyalarla yanaşı, elmi idrakın əsasında durur. Beləliklə, "Hər şey sudur" müddəası dünyanın vəhdəti haqqındakı fikrin ilk təcəssümüdür.

Əgər müşahidə olunan bütün hadisələrin vəhdətdə olduğunu qəbul etməsək, onda öz-özlüyündə dünya yoxdur, yalnız öz aralarında heç bir əlaqəsi olmayan, bir-birinin ardınca nizamsız baş verən təsadüfi mənzərələr, illüziyalar, yuxular yığını vardır. Bu tip fəlsəfə Qədim Hindistanda meydana gəlmişdi.

Yunanlar adi müdrikliyi bütün varlığın ilkin əsasını tapmaqda, hər şeyi nə isə eyni bir şeyin təzahürü kimi dərk etməkdə görürdülər. Falesdən sonra dünyanın ilkin əsasını hava, od və s. adlandırırdılar. Elmdə isə Aristotelin təklif etdiyi ad – "meşə" – *yun.* "gile" yaşadı (həmçinin "başlanğıc" bildirən "arxe" sözü də işlənirdi). Romalılar yunan fəlsəfəsini mənimsə-

MİLETLİ FALES

Bütün qədim müəlliflər Miletli Falesi antik və ümumiyyətlə, Avropa fəlsəfəsinin və elminin banisi adlandırırlar. Müasir fəlsəfə tarixçilərinin fikrinə görə, Misir və Babilistan kahinləri tərəfindən toplanmış bilikləri qədim yunanlara məhz Fales çatdırmışdır.

Fales Finikiyanın ən adlı-sanlı nəsillərindən birinə – Felidlər nəslinə mənsubdur. Çox güman ki, Felidlər Finikiyadan sürgün edilmişlər və filosof öz həyatını Kiçik Asiyanın Milet şəhərində keçirmişdir. Varlı və adlı-sanlı şəhərli kimi o, ticarət məqsədi ilə səyahətlər etmiş, Finikiyada, Misirdə və Babilistanda olmuşdur.



Daim ticarətlə məşğul olan finikiyalılar riyaziyyatı çox yaxşı bilirdilər. Fales Misir kahinlərindən və Babilistan gildanilərindən astronomiya və həndəsəni öyrənmişdi. Bütün bu bilikləri o, öz həmvətənlərinə çatdırdı.

Təəssüf ki, indi ancaq güman etmək olar ki, Falesə aid edilən elmi biliklərdən hansılarını o özü tapmış, hansılarını isə Şərqdən götürmüşdür. Antik müəlliflərin əksəriyyəti onun haqqında aşağıdakı xəbəri verirlər: Fales ilk dəfə olaraq bir ayda 30 gün, bir ildə 365 gün hesab etməyi təklif etmişdir, ilk dəfə Günəş duruşunu və gecə-gündüzün bərabərliyini təsvir etmiş, Kiçik Ayı bürcünü (Arabaçı bürcünü) kəşf etmişdir. O, ulduzlar arasında Günəşin illik hərəkətini təsvir etmiş və fərz etmişdir ki, Günəş Ayı işıqlandırdığına görə Ay görünür. Fales göy sferasını beş dairəyə bölməyi təklif etdi və onları zonalar və ya qurşaqlar adlandırdı: həmişə görünən ulduzlardan ibarət olan arktik qurşaq; yay tropik qurşağı; gecə-gündüz bərabərliyi qurşağı; doğan və batan ulduzlardan ibarət qış tropik qurşağı; görünməyən ulduzlardan ibarət antarktik qurşaq. Alimin hesablamalarına görə, Günəşin diametri 720 dəfə öz orbitindən kiçikdir. Ancaq Fales e.ə. 583-cü ildəki (başqa məlumatlara görə e.ə. 585-ci ildəki) Günəş tutulmasını izah etdikdən və qabaqcadan xəbər verdikdən sonra müasirləri arasında həqiqi nüfuz qazandı.

Fales ilk həndəsəşünas alimlərdən biri idi. O, bir çox isbatları praktik məsələlərin həllini əsaslandırarkən tapdı. Məsələn, sahildən dənizdəki gəmiyə qədər olan məsafəni təyin edərkən Fales yaxşı məlum olan və sonralar onun adını daşıyan teoremi isbat etdi. Alim piramidaların hündürlüyünü ölçməyin sadə üsulunu verdi. O, adamın kölgəsinin onun öz boyuna bərabər olduğu vaxtı müəyyən etdi və həmin vaxtda da piramidanın kölgəsinin uzunluğunu ölçdü. Fales ilk dəfə pərgarın və xətkeşin köməyi ilə üçbucaq daxilinə dairə çəkdi və bunun şərəfinə allahlara öküz qurban kəsdi.

Baxmayaraq ki, Falesin əlində hakimiyyət yox idi, həmyerliləri onun məsləhətlərinə qulaq asırdılar. O, miletliləri inandıra bilmişdi ki, İrana qarşı Lidiya çarı Krezlə ittifaqa girmək lazım deyil. Bunun nəticəsində şəhər xilas oldu: Krez İran şahı II Kir tərəfindən sarsıdıcı məğlubiyyətə uğradı. Rəvayətə görə, Fales qoşunu Qalis çayından keçirməkdə Krezə kömək etmişdi. Alimin əmrinə əsasən çarın hərbi düşərgəsindən yuxarıda yarımay şəklində xəndək qazılmışdı: beləliklə, çay öz məcrasını dəyişmiş, ordu isə körpü salmadan o biri sahilə keçə bilmişdir. Filosof Milet çarı Trasibulanın yaxın dostu idi. Buna baxmayaraq o, siyasətlə həvəssiz məşğul olurdu və dövlət işlərindən qaçırdı.

Onun şəxsi həyatı haqqında, demək olar ki, heç nə məlum deyil. Bir mənbəyə görə, Fales evli imiş və onun Kibist adlı oğlu olmuşdur. Başqa mənbəyə görə isə o, subay qalmış və bacısının uşağını oğulluğa götürmüşdür. Nağıl edirlər ki, filosofun cavanlığında anası Kleobulina onu evlənməyə məcbur etmək istəmiş, lakin Fales "Hələ tezdir" deyə cavab vermişdir. Alim sonralar, qocalanda isə demişdir: "Daha gecdir".

Müasirləri Falesin müdrikliyi qarşısında baş əyirdilər, lakin elmə aludə olmuş filosofun huşsuzluğunu lağa qoymaq fürsətini də əldən vermirdilər. Bir dəfə Fales ulduzları seyr etmək üçün evdən çıxmış və çalaya yıxılmışdır. Gileylənən alimə qulluqçu qız demişdir: "Eh səni, Fales! Ayaqlarının altındakını görmürsən, hələ bir göydə olanları öyrənmək fikrindəsən?"

Lakin həyatda filosof heç də göründüyü kimi aciz olmamışdır. Aristotel aşağıdakı əhvalatı danışır. Bədxahlar Falesə gülüb deyirdilər ki, onun fəlsəfə ilə məşğuliyyəti pul gətirmir və ona görə də faydasızdır. O zaman alim onu incidənlərə sübut etmək qərarına gəlir ki, bu belə deyil. Göy cisimlərini müşahidə edərək o, müəyyən etdi ki, gələn il zeytun ağacları bol məhsul verəcək. Qışda bir az borc pul tapan Fales, Miletdə və Xiosda olan bütün yağçəkmə məntəqələrini çox ucuz qiymətə icarəyə götürür. Bol məhsul yetişəndə yağçəkmə məntəqələrinə tələbat kəskin artır və Fales onları özünün təyin etdiyi qiymətə kirayə verərək, xeyli pul qazanır. Bununla o, sübut etdi ki, filosof istəsə, asanlıqla varlana bilər.

Bəzi məlumatlara görə, Fales 78 il, başqa məlumatlara görə isə 90 il ömür sürmüşdür. O, gimnastika yarışlarında tamaşaçı izdihamının ayaqları altında qalıb ölmüşdür. Onun qəbri üzərində yazılmışdır:

Bu qəbrə bax – o kiçikdir,
Ancaq dərin təfəkkürlü Falesin
şöhrəti göyə qədər yüksəkdir.

* * *

Şübhəsiz ki, Fales sözün həqiqi mənasında fizik deyildi. Onun başlıca xidməti ondadır ki, o, əfsanələrə müraciət etmədən, təbiət hadisələrini ilk izah etməyə çalışanlardan biri olmuşdur. Filosof Şərqdən gətirdiyi zəngin empirik müşahidə materialları əsasında elm tarixində ilk dəfə nəzəri qurmalar yaratdı.



yərək, bu sözü öz dillərinə tərcümə etdilər: *lat.* "materies" – "tikinti meşəsi".

Bəs hansı qüvvə ilkin əsasdan – sudan şeylərin yaranmasına səbəb olur? Hərəkətin, dəyişmənin, doğulma və məhvolmanın səbəbi daxilən materiyanın özünə məxsus olmalıdır, onun daxilinə işləməlidir, lakin eyni zamanda nə iləsə fərqlənməlidir. Bu dünya ruhu deyil, bəs nədir? Fales deyirdi: "Dünyada hər şey allahlarla doludur". Bununla o, bütün hər şeyin canlılığını nəzərdə tuturdu.

Hərəkətin, ümumiyyətlə, hər bir dəyişikliyin ilkin mənbəyi dünya ruhundadır. Ona görə Falesin suyu canlıdır, diridir və onun öz çevrilmələrinin səbəbi özündədir.

ANAKSİMANDR

Falesin tələbəsi Anaksimandr (e.ə. təxminən 610-546) ilk dəfə Kainatın sonsuz və dünyaların çox olması fikrini irəli sürmüşdür. Belə hesab etməyə əsas var ki, Anaksimandr birinci olaraq Kainatın, ola bilsin ki, Yerin də kürə şəklində olduğunu fərz etmişdir (bunu e.ə. III əsrin birinci yarısında yaşamış məşhur yazıçı Diogen Laertski təsdiq edir). Bu kəşfin prioriteti üstündə Anaksimandr, yəqin ki, Pifaqorla və Parmenidlə mübahisəyə girişə bilərdi, hərçənd belə də deyirlər ki, o, Yer kürəsini, yuxarı hissəsində insanlar yaşayan silindr hesab edirdi. Günəş saatlarının kəşfini, ilk coğrafi xəritələrin tərtib edilməsini, həndəsi müddəaların sistemləşdirilməsini Anaksimandra aid edirlər.

Dünyanın ilkin başlanğıcını filosof apeyron adlandırmışdır ki, bu da yunancadan tərcümədə "ucsuz-bucaqsız" deməkdir. Özlüyündə apeyronun heç bir keyfiyyət və kəmiyyət xassələri yoxdur, o əbədidir və fəzada sonsuzdur. Apeyrondan ayrılmış dünyanı kürəyə bənzətməməyə heç bir əsas yoxdur. Doğrudan da, əgər apeyronun özündə seçilmiş istiqamətlər yoxdursa, onda dünya, necə ola bilər ki, mərkəzi – simmetrik olmasın? Üstəlik, orada hətta heç bir seçilmiş nöqtə də yoxdur. Deməli, dünya tək bir nüsxədə yarana bilməz, əks halda, dünyanın mərkəzi seçilmiş nöqtə olardı. Ona görə dünyalar çox olmalıdır və onların hamısı da kürə şəklində olmalıdır.

Anaksimandr Kainatda, yəqin ki, hər şeyi izah edən bir mənzərə yaratdı. Əvvəlcə əbədi apeyrondan qızğınlıq və soyuqluq ayrıldı, odlu sfera əmələ gəldi. Bu sferanın mərkəzində özünün su və hava örtükləri ilə birlikdə Yer yarandı. Sonra odlu sfera dağıldı və sıx, qeyri-şəffaf hava ilə əhatə olunan bir neçə halqa şəklində qapandı. Halqaların hava örtüklərində yarıqlar əmələ gəldi ki, insanlar onları Günəş, Ay, planetlər və ulduzlar kimi qavrayırlar. Günəş və Ay tutulmaları, Ayın fazaları bu yarıqların örtülməsi və açılması ilə izah edilir. Günəş halqası Yerdən 27 dəfə, Ay halqası isə 19 dəfə böyükdür. "Yolunu azmış" ulduzların, yəni planetlərin halqası digərlərindən yaxında yerləşir (Anaksimandrın bu məlumatları necə əldə etdiyi məlum deyil).

Yer əvvəlcə su ilə örtülmüşdür. Zaman keçdikcə su buxarlanmış və yalnız çökəkliklərdə qalmışdır. Dənizlər belə yaranmışdır. Torpaq istidən quruyaraq çatlamağa başlayır, yarıqlara isə hava daxil olur ki, bu da zəlzələyə səbəb olur. İlk heyvanlar rütubətli yerlərdə əmələ gəlmişdir və tikanlı pulcuqlarla örtülmüşdür. Onlar tədricən quruya çıxmağa başladılar və onlardan yerüstü heyvanlar, sonra isə insanlar əmələ gəldi.



ANAKSİMEN

Anaksimandrın tələbəsi Anaksimenin yaşadığı illər (e.ə. 588-525) çox təxmini məlumdur. Onun, Miletin farslar tərəfindən dağıdıldığı e.ə. 494-cü ilə qədər yaşadığı istisna olunmur. Ondan xeyli sonra yaşamış müəlliflərin təsdiq etdiklərinə görə onun sadə və aydın dildə yazdığı kitablar bizə gəlib çatmamışdır. Anaksimen "apeyron" terminindən imtina etmiş və ilkin başlanğıcı hava adlandırmışdır. Bəlkə də o, ilkin başlanğıcın adında onun canlı mahiyyətini əks etdirmək istəmişdir: axı rus dilində olduğu kimi, yunan dilində də hava və nəfəs eyniköklü sözlərdir. Filosof həmçinin zənn edə bilərdi ki, Anaksimandrın apeyronu həddən ziyadə mücərrəddir və hissi analoqu yoxdur, ona görə də o, ilkin başlanğıcı asan başa düşməyə kömək edəcək obraz rolunu oynamır. Hava, öz xassələrinə görə, kifayət qədər qeyri-müəyyəndir: bərabər paylanır və hərəkətsizdir, hisslərimizlə onu aşkar edə bilmirik, hərəkətin, sıxlaşma və seyrəkləşmənin sayəsində duyulur. Məsələn, külək sıxlaşmış havanın hərəkətidir, bulud isə sıxlaşmış küləkdir. Soyuq – qatılaşmış, isti – seyrəkləşmiş havadır. Əgər adam dodaqlarını bərk yumub ağzından havanı sıxlaşdırıb üfürsə, onda soyuq alınır. Yox, əgər ağız geniş açıqdırsa, onda hava seyrəlmiş olur və istilik əmələ gəlir.

Anaksimen hesab edirdi ki, disk kimi müstəvi olan Yer ucsuz-bucaqsız havada süzür. Günəş, Ay və planetlər kosmik küləyin vasitəsilə hərəkətə gəlir. Ulduzlar Yer ətrafında fırlanan büllur göy qübbəsinə bərkidilmişdir. Günəş və Ay tutulmalarını, habelə Ayın fazalarını Anaksimen onunla izah edirdi ki, göy cisimləri Yerə gah işıqlı, gah da qaranlıq tərəfi ilə dönür. Dolu, bulludlardan düşən donmuş sudan əmələ gəlir, yağış qatılaşmış havadan yağır. İldırım və şimşək ona görə əmələ gəlir ki, hava, buludu çox kəskin parçalayır; göy qurşağı – bu, Günəş və ya Ay işığının bulud üzərinə düşməsinin nəticəsidir. Buludun bir hissəsi közərir, digər hissəsi isə qaranlıq qalır. Zəlzələ ona görə baş verir ki, quraqlıq zamanı torpaq çatlayır və ya rütubət çox olanda onun ayrı-ayrı sahələri batır.



Dünyaya bu cür baxış XVII əsrdə *gilozoizm* (*yun.* "gile" – "meşə", "materiya" və "zoe" – "həyat") adını aldı. Cordano Bruno, Deni Didro, İohann Volfqanq Gete və b. gilozoistlər idilər. Gilozoizmə görə "materiya heç vaxt ruhsuz mövcud ola bilməz və fəaliyyət göstərə bilməz, ruh isə materiyasız" (İ.V.Gete). Bu təlim lap əvvəlcədən bütün materiyaya canlı kimi baxır. Fales ilk filosof-gilozoist olmuşdur. O, maqnitin dəmir əşyaları özünə cəzb etməsi qabiliyyətini materiyanın canlılığının təzahürünə ən parlaq misal hesab edirdi. Beləliklə, maqnitin "ruhu" var.



Kosmik və yer miqyasındakı hadisələri adi həyatda müşahidə etdiyimiz məlum faktlara analoji izah etməyə çalışan Fales və onun ardıcılları olan Anaksimandr və Anaksimen min illər üçün elmi təfəkkürün qaydasını müəyyən etdilər, yəni məlum olmayanları məlum olanların vasitəsilə izah etmək qaydasını verdilər. XVII-XX əsr

fizikləri çox vaxt bu cür düşünürdülər. Məsələn, ingilis alimi Uilyam Tomson, lord Kelvin (1824-1907) nüvə reaksiyalarının kəşfindən bir neçə onilliklər qabaq Günəş enerjisinin təbiətini termodinamika əsasında izah etməyə çalışmışdılar. Onların fikrincə, Günəş sıxılır və bunun nəticəsində istiliyin ayrılması baş verir.

"MƏNƏ YOX, ANCAQ LOQOSA DİQQƏT YETİRƏRƏK..."

Milet mütəfəkkirinin qarşıya qoyduğu problemlərin tədqiqini, artıq ululların özlərinin Qəliz ləqəbi ilə çağırdıqları bir filosof davam etdirdi. Ola bilsin ki, o filosofa bu ləqəbi qocalığında kor olduğu üçün deyil, həm də onun təlimini başa düşmək çox çətin olduğu üçün vermişdilər. Söhbət İoniyanın Efes şəhərindən olan Heraklitdən gedir. O, e.ə. VI əsrin sonunda doğulmuş və e.ə. V əsrin əvvəlində vəfat etmişdir. Onun nəsrlə yazılmış, Anaksimandr və Anaksimenin əsərləri adlandığı kimi, "Təbiət haqqında" adlanan fəlsəfi əsərlərini oxuyan Sokrat demişdir: "Başa düşdüklərim çox gözəldir. Hesab edirəm ki, başa düşmədiklərim də belədir. Bir sözlə, bunun üçün Delos dalğıcı lazımdır". Doğrudan da, Heraklitin fikirlərini bütün dərinliyi ilə başa düşmək üçün çox dərinə "baş vurmaq" lazım idi.

Delos – Ege dənizində adadır. Qədim Yunanıstanda nəhəng dini mərkəz olmuşdur.

Filosofun üzərində çalışıb əlləşdiyi başlıca problem ola bilsin ki, paradoksun əmələ gəlməsi şəklində ifadə olunmuşdur. Yenilik haradan götürülür? Əgər köhnədən götürülürsə, o yeni deyildir. Əgər köhnədən deyilsə, onda heç nədəndir. Ancaq heç nədən nə isə əmələ gələ bilməz. Deməli, yenilik mümkün deyil.

Doğrudan da, yenilik odur ki, əvvəldə yox idi. Lakin yenilik artıq köhnənin tərkibində olmalı idi, əks halda, onun yaranması üçün əsas ola bilməzdi. Deməli, olmayan bir şey – yoxluq - artıq mövcud olan varlıqda iştirak edir ki, gec-tez varlığa çevrilsin.

Beləliklə, varlıq və yoxluq eyni zamanda mövcud olmalıdır. Bunun sayəsində yeninin doğulması mümkündür. Heraklitə görə hər şey həm mövcuddur, həm də eyni zamanda mövcud deyildir, çünki "hər şey axır, hər şey dəyişir".

Heraklit Milet mütəfəkkirlərinin həll etmədiyi problemi açdı (onlar sadəcə bu problemə gəlib çatmamışdılar). Bəs dünyanın vəhdəti necə olsun?

Filosof elan etdi ki, yoxluğun varlığa və əksinə keçidi vahid bir qanunu – Loqos mövcuddur. Bununla da, o, Milet müdriklərindən sonra növbəti addımı atmış oldu. Hər şey kosmik Loqosa tabe olmaqla qanunauyğun baş verir, O isə dəyişməzdir. Onu heç kim ləğv edə və ya dəyişdirə bilməz, hətta allahların da buna gücü çatmaz. Məhz Loqos Kainatı vahid, qanunauyğun, nizamlanmış, daim dəyişən Kosmosla əlaqələndirir.

Heraklitin dediyi kimi, "Müdriklik əlaməti – razılaşmaq, mənə yox, Loqosa qulaq asmaqdır ki, hər şey vəhdətdədir". Filosof dünyanın vəhdətini bütün mövcudiyyətin yalnız maddi ilkin əsasında deyil, həm də onda baş verən bütün dəyişikliklərin və fərqlərin ümumi qanunauyğunluğunda görürdü. Yalnız bircə şey – qanunauyğun qeyri-sabitliyin özü sabitdir. "Bu Kosmos hər şey üçün (bütün mövcudiyyət üçün) eynidir, allahlardan və insanlardan heç kim onu yaratmayıb, ancaq o həmişə olmuş, var və ölçüsündə alovlanan və ölçüsündə sönən əbədi canlı od olacaqdır". Heraklitin arasıkəsilmədən dəyişən, lakin özbaşına qalan odu – bütün baş verənlərin daimi qanunauyğun dəyişkənliyini və bu dəyişkənliyin maddi əsasını simvollaşdıran bir obrazdır. "Qızıl mallara, mallar isə qızıla dəyişildiyi kimi, hər şey oda, od isə hər şeyə dəyişir". "Dəyişmə yuxarıya və aşağıya gedən yoldur" və dünya həmin yolla hərəkət edir. "Qatılaşan od rütubətə çevrilir, suya sıxlaşır, su isə bərkiyir və yerə dönür – bu aşağıya yoldur. Digər tərəfdən, torpaq ayrılaraq səpələnir, ondan su doğulur, sudan isə bütün qalan hər şey... – bu, yuxarıya yoldur". Əslində "yuxarıya yol və aşağıya yol eyni şeydir".

Canına Loqos hopmuş od dünyanı "idarə" və "mühakimə" edir. "Dünya və orada olan hər şey üzərində mühakimə od vasitəsilə aparılır". Çünki "gələcək od hər şeyi mühakimə edəcək və cəzalandıracaq". Dünya yanğını baş verəcək və burada hər şey yanacaq, ancaq sonra yenidən dirçələcək və bu cür sonsuzluğa qədər davam edəcək.

Loqosu dərk etmək – böyük müdriklikdir ki, bu da heç də hamıya müyəssər olmur. Kosmos seçilmişlər vasitəsilə danışır. Heraklit özünü də seçilmişlər siyahısına daxil edir. "Gizli harmoniya aşkardan yaxşıdır", burası da var ki, "uzunqulaq samanı qızıldan üstün tutar".



Heraklit ya orakulun, ya da Kosmosun onun dili ilə danışdığını fərz edərək, öz fikirlərini aforizmlər şəklində – yığcam, lakin öz dərinliyi ilə yadda qalan kəlamlarla müəmmalı şəkildə ifadə edirdi. Onun ən məşhur aforizmlərindən biri belədir: "Eyni bir çaya iki dəfə girmək olmaz" (çayın eyni olmasına baxmayaraq, hər an yeni su axır).

Heraklit hesab edirdi ki, bu çay kimi hər şey dəyişkəndir, axıcıdır və bununla yanaşı, dəyişməzdir. "Bizim daxilimizdə eyni bir şey canlı və ölüdür, ayıq və yatağandır, gənc və qocadır. Çünki bu, dəyişmiş odur və əksinə, o, dəyişmiş budur". Beləliklə, hər şey dəyişkənliyin və dəyişməzliyin vəhdətidir: hər şeydə saxlanan (onun sabiti) və saxlanmayan vardır. Əgər əşyanın sabiti parçalanırsa, onda əşyanın özü də yox olur, lakin onun materiyası dağıla bilməz, o əbədidir.

Dəyişən və dəyişməyən – bunlar əksliklərdir, deməli, hər şey əksliklərin vəhdəti və mübarizəsidir, çünki onlar dinc yanaşı mövcud ola bilməz. "Bilmək lazımdır ki, müharibə hamı tərəfindən qəbul olunub, düşmənçilik adi şeydir və hər şey düşmənçilik yolu ilə borc olaraq yaranır", yəni biri digərinin hesabına yaranır və əksinə. "Homer allahlar və insanlar arasında düşmənçiliyin yox olması üçün dua etməklə, özü də bilmədən hər şeyin (bütün varlığın) doğulmasına qarğış etmiş olur". Axı ziddiyyətsiz, əksliklərin mübarizəsi olmadan hərəkət və dəyişmə yoxdur, yeni heç nə yaranmır.

"HƏRƏKƏT YOXDUR..."

Heraklit, varlığın və yoxluğun yanaşı mövcud olması haqqındakı, yoxluğun varlığa və əksinə keçidi zamanı yeninin yaranması haqqındakı cəsarətli

PARMENİDİN METODU

Eleyli Parmenid dünya tarixində ilk dəfə mütəfəkkirlərin irəli sürdüyü müddəaların ciddi şəkildə isbat edilməsinin vacibliyini israr etməyə başlamışdı. Ona qədər bu heç kimin ağlına gəlməmişdi ki, müdrikə natıqlik qabiliyyəti və bütün sualların cavabını bilmək yaraşır. Yalnız Parmenid həqiqətlə (isbat olunanla) fikir (bu və ya digər mütəfəkkirin mövqeyi) arasında həddi qoymağa çalışdı. Parmenidin aşağıdakı tələbi prinsipial əhəmiyyət kəsb edir: isbat edən zaman heç bir əyaniliyə, aşkarlığa və s. istinad edilməməlidir. Nikola Burbaki (XX əsrin əvvəllərində görkəmli fransız riyaziyyatçıları qrupunun kollektiv təxəllüsü) Parmenidi "fəlsəfədə ilk riyaziyyatçı" adlandırmışdır. Hegel onu ilk həqiqi filosof kimi xarakterizə etmişdir.

Parmeniddən və Zenondan başlayaraq, daha filosoflar sadəcə öncəgörənlik etməyə yox, arqumentlər axtarmağa, öz mövqelərini məntiqi surətdə əsaslandırmağa cəhd edirdilər. Burbaki qeyd edirdi: "Məhz Parmenioddə biz ilk dəfə üçüncünün kənar edilməsi prinsipinin ifadəsinə rast gəlirik, Eleyli Zenonun isə absurda (cəfəngiyata) gətirmə yolu ilə isbatları indi də məşhurdur". Eleatlılar öz fərziyyəsini, bu fərziyyəyə əks olan müddəanı inkar etməklə isbat edirdilər.

Macar elm tarixçisi A.Sabonun zənninə görə antik riyaziyyat, məhz Eley fəlsəfəsinin təsiri altında, həmçinin bu fəlsəfənin metodlarının riyaziyyatda istifadə edilməsi nəticəsində ciddi deduktiv elmə çevrildi.

fikri ilə özünün irəli sürmüş olduğu yaranma paradoksunu həll etdi.

Ancaq bu həll çox baha başa gəldi, çünki müqəddəslər müqəddəsi olan elmi təfəkkürdən, *ziddiyyətin yolverilməzliyi qanunundan* imtina etmək lazım gəldi. Ziddiyyətin yolverilməzliyi qanununa görə eyni bir şeyə birbirini inkar edən xassələr aid etmək olmaz. Eyni zamanda eyni bir mənada həm mövcud olmaq, həm də mövcud olmamaq mümkün deyildir. Yoxluğun, yəni olmayan bir şeyin mövcudluğu ideyası ziddiyyət qanununun aşkar şəkildə pozulmasıdır.

İndiki İtaliyanın ərazisində Eley şəhərində meydana çıxan və möhkəmlənən qədim yunan fəlsəfəsinin başqa qolunun nümayəndələri əməlegəlmə paradoksunun belə həlli ilə heç cür razılaşa bilmədilər. Eleatlar məktəbinin banisi Parmenidin müəllimi, Eley üçün qanunlar yazmış və ən məşhur eleatlı Zenona dərs demiş şair və filosof Ksenofon (e.ə. 570-ə yaxın – 478-dən sonra) olmuşdur.

Parmenid (e.ə. təxminən 540–480) öz baxışlarını "Təbiət haqqında" poemasında şərh etmişdir, ondan da bizə yalnız fraqmentlər gəlib çatmışdır. Onun məntiqi, sanki, mühakimələrin ciddi ardıcıllığı sayəsində paradoksal nəticələrə gətirərək, öz müasirlərini heyran edirdi.

Mövcud olan mövcuddur, mövcud olmayan mövcud deyildir və ya Parmenidin dediyi kimi, "yalnız varlıq var, yoxluq isə tam yoxdur". Yoxluq var demək məntiqi səhv buraxmaq deməkdir. Ancaq buradan, istər-istəməz, qəribə bir müddəa çıxır ki, varlıq təkdir və dəyişməzdir. Həqiqətən, əgər varlıq hissələrdən (çoxlu sayda) ibarətdirsə, onda onun bu hissələri birbirindən nə ilə ayrılır? Varlığın hissələrini ayıran sərhəd yalnız varlıq olmayan bir şey ola bilər, çünki əgər yoxluq mövcud deyilsə, onda varlığın hissələrini ayıran heç nə yoxdur və o vahiddir. Varliq həm də dəyişməzdir, onda o, nəyə dəyişə bilər, axı o, ancaq varlıq olmayan bir şeyə, yəni yoxluğa dəyişə bilərdi, yoxluq isə yoxdur. Ancaq biz nədənsə əksini müşahidə edirik – hissələrə bölünmüş və dəyişən dünyanı müşahidə edirik.



Kiniklər (Afinadakı Kinosarq təpəsinin adından götürülüb, filosof Antisfen öz tələbələri ilə burada məşğul olurmuş) fəlsəfi məktəblərdən biridir. Şəxsiyyətin qeyri-məhdud azadlığı idealını irəli sürərək, onlar sosial institutlara, ənənələrə və mədəni normalara, insanı kölə halına salmanın formaları kimi, nümayişkaranə etinasızlıqla yanaşırdılar.

Öz paradoksunu həll edərkən, Parmenid yanaşı mövcud olan iki dünyadan danışır. Biri – haqqında yalnız həqiqi mülahizə söyləmək mümkün olan həqiqət dünyası, o biri – haqqında yalnız müəyyən dərəcədə ağlabatan fikir söyləmək mümkün olan fikir dünyası. Həqiqət dünyası ağılla həll olunur, fikir dünyası isə hisslərlə qavranılır. Bununla filosof gələcək nəsillər qarşısında ağlın dərk etdiyi tək və dəyişməz olan dünya ilə çoxsaylı və dəyişkən olan hiss dünyasını birləşdirmək problemini qoydu.

Eleyli Zenonun (e.ə. təxminən 490–430) *aporilər* adlanan paradoksları geniş şöhrət tapmışdır (*yun.* "a" – inkar, "poros" – "çıxış"; "aporiya" – "çətinlik", "çıxılmaz vəziyyət"). Zenonun yazdığı əsərlər bizə gəlib çatmayıb, lakin onun hərəkətə qarşı arqumentləri sonra yaşamış müəlliflərin işlərindən bəllidir. Zenon öz aporilərində hərəkəti, çoxluğu və fəzanı təsəvvür etmək imkanına qarşı arqumentlərini vermişdir. Ən məşhur aporiləri hərəkətə qarşı olanlarıdır: "Ox", "Stadi" (qədim yunanlarda uzunluq ölçüsü), "Axilles və tısbağa" və "Dixotomiya".

"Ox" – hərəkətə qarşı başlıca aporidir. Qalan üçü isə bu aporini fəza və



zamanın sonsuz bölünməsi fikrindən imtina edərək, həll etməyə çalışanda yaranır.

Ox ya olduğu yerdə hərəkət edir, ya olmadığı yerdə hərəkət edir, üçüncü hal yoxdur. İkinci mümkün deyil, çünki ox olmadığı yerdə hərəkət edə bilməz. Deməli, ona yalnız olduğu yerdə hərəkət etmək qalır. Lakin cisim özünün doldurduğu fəzada necə hərəkət edə bilər (axı fəzada ona hərəkət etməyə yer yoxdur)?

Bu "çıxılmaz vəziyyətdən" çıxış yolu onu etiraf etməkdən ibarətdir ki, hərəkət edən cisim nə cürsə, həm "özünə bərabər yer" tuta, həm də

ƏYANİ TƏKZİB

Bizə maraqlı bir rəvayət gəlib çatıb. Məşhur filosof-kinik Diogen (başqa versiyaya görə onun müəllimi Antisfen) Zenona qulaq asıb və aporiyə cavab olaraq onun qarşısında ora-bura gedib-gəlməyə başlayıb və hərəkətin varlığını nümayiş etdirib. Bu barədə A.S.Puşkin "Hərəkət" şeirində nüfuzedici tərzdə qeyd etmişdir:

Saqqallı mütəfəkkir "hərəkət yoxdur" dedi,
Digəri dinməyib, onun qarşısında yeriməyə başladı.
O bundan güclü etiraz edə bilmədi;
Bu qəribə cavabı tərifladilər
Bu hal ancaq, cənablar,
Mənim yadıma başqa misalı salır:
Axı hər gün bizim qarşımızda Günəş yeriyir,
Halbuki inadkar Qaliley düz deyir.

Əslində heç də həmişə adamın gördüyü şey həqiqət olmur. Ona görə də məntiqi hissiyyat müşahidələrinin köməyilə təkzib etmək olmaz. Rəvayətə görə, Zenon Diogen-kinikə belə cavab vermişdir: "Bu çox çətin məsələni sən ağılla həll et!"



həmin yerdə hərəkət edə bilər. Lakin Aristotelin etdiyi kimi, sadəcə, etiraf etmək azdır, vəziyyəti həm də başa düşmək lazımdır. Başqa sözlə, Zenonun aporisi hərəkət anlayışı haqqında sualı ortaya qoyur. Ümumiyyətlə, cisim verilmiş anda hərəkət edir nə deməkdir?

Zenonun aporiləri inandırıcı surətdə göstərdi ki, yunanlarda ani sürət anlayışı olmamışdır (Yeni dövrdə bu anlayışın mənimsənilməsilə müasir fizikanın dövrü başlayacaqdır). Əgər sürət yolun bu yolu qət etməyə sərf olunan zamana nisbətidirsə, onda verilmiş zaman anındakı sürətdən necə danışmaq olar, axı nə yol, nə də onu qət etmək üçün sərf olunan zaman yoxdur? Əgər hətta getdikcə kiçilən zaman fasilələri və onlara uyğun gedilən yolları götürsək belə, hamısı birdir, bunlar sonsuz kiçik yox, sonlu zaman

KLAZOMENLİ ANAKSAQOR

Sokrata qədərki yunan filosoflarından ən məşhuru Kiçik Asiyanın Klazomen şəhərində doğulmuş Anaksaqor (e.ə.təxminən 500-428) olmuşdur. O çox erkən yaşlarından fəlsəfə ilə maraqlanmışdır. Atasının ölümündən sonra böyük bir miras alan gənc Anaksaqor ondan imtina edib, onu çoxlu sayda qohumlarına payladı və özünü elmə həsr etdi. O, 20 yaşında ikən Afinaya gəldi. Farslar üzərində qələbədən sonra Afinada iqtisadi və mədəni həyat coşqun yüksəliş dövrünü yaşayırdı. Anaksaqor burada fəlsəfədən dərs verməyə başladı. Onun şagirdləri arasında Anaksaqorla dostlaşmış böyük Afina dövlət xadimi Perikl, sonralar Sokratın müəllimi olmuş fizik Arxelay, dramaturq Yevripid var idilər.

Anaksaqor öz dövrü üçün tamamilə xarakterik olmayan dünya hissinə malik idi. Onun müasirləri və sələfləri olmuş əksər yunan filosofları doğma şəhərlərinin siyasi həyatında fəal iştirak edirdilər. Anaksaqor isə qədim yunan üçün təbii olan vətənpərvərlikdən tam məhrum idi. Deyilənə görə, "Sənin vətənlə işin yoxdurmu?" sualına o, səmanı göstərərək belə cavab vermişdir: "Qətiyyən belə deyil, mənim vətənlə çox işim var!" Anaksaqor deyirdi ki, "göyü və Kainatın nizamını dərk etmək" üçün doğulmuşdur. "Ölümündən əvvəl vətənə, Klazomenə qayıtmaq istəmirsənmi?" – deyə ondan soruşanda belə cavab vermişdi: "Yox, Aidə aparan yol hər yerdə eynidir." İdraka xidmət etməsi Anaksaqora taleyin zərbələrinə qarşı mənəvi sərbəstlik və dözümlülük vermişdi. Övladlarının ölüm xəbərini alanda isə o demişdi: "Mən bilirdim ki, ölümə məhkumları dünyaya gətirmişəm". Afinalıların onun barəsində ölüm hökmü verdiklərini biləndə filosof söyləmişdi: "Təbiət çoxdan həm məni, həm də onları ölümə məhkum edib". Həbsdə olarkən Anaksaqor dairənin kvadraturasını tapmağa çalışmışdır. Yunan yazıçısı Elian özünün "Cürbəcür hekayələr"ində qeyd edirdi ki, heç kim filosofun nə güldüyünü, nə də gülümsədiyini bir dəfə də olsun görməyib.

***

Anaksaqora, onun "Təbiət haqqında" adlandırdığı heç olmazsa bir əsər məxsusdur. Bu əsər bir neçə hissədən ibarətdir. Filosofun sağlığında qadağan olunmuş həmin əsər Platonun dövründə çox məşhur idi. Təəssüf ki, bizim günlərə qədər yalnız Aristotel, Simplisi və başqaları tərəfindən sitat gətirilən fraqmentlər gəlib çatmışdır.



"Təbiət haqqında" əsərində qoyulan əsas sualları belə ifadə etmək olar: Bizi əhatə edən maddi obyektlər nədən əmələ gəlmişdir? Onların yaranmasını və məhvini doğuran nədir? Varlığın keyfiyyətcə rəngarəngliyini nə ilə izah etmək olar?

Anaksaqora görə, insanı əhatə edən hər şey gözə görünməyən çox kiçik zərrəciklərdən ibarətdir. Filosof onları "toxumlar" (spermata) adlandırmışdı. Maddi olan heç bir şey nə yaranır, nə də yox olur, ancaq toxumlardan əmələ gəlir və onlara da bölünür. Toxumlar sonsuz saydadır, onlar həm öz formasına, ölçüsünə, rənginə, dadına, çəkisinə və s. görə sonsuz dərəcədə rəngarəngdir. Hər bir toxum sonsuz sayda, lakin müxtəlif dərəcədə mövcud keyfiyyətlərə malikdir. Əşyada bu və ya digər keyfiyyəti üstünlük təşkil edən toxumun artıqlığı bütövlükdə əşyanın keyfiyyətini təyin edir. Məsələn, sümükdə – sümükcüklər, ətdə – kiçik ət parçaları artıqlıq təşkil edir. Lakin hər bir əşyada az miqdarda başqa keyfiyyətləri üstünlük təşkil edən toxumlar da var. Zərrəciklərdən hər biri sonsuz bölünəndir və zərrəcik nə qədər kiçik olsa da, həmişə yenə sonsuz sayda keyfiyyətə malik olacaqdır.

Anaksaqorun dünyagörüşünün başlıca elementi onun daxil etdiyi "Ağıl" və ya "Dünya Ağlı" ("Nus") anlayışıdır. Parmenidin təliminə görə cisim öz-özünü hərəkət etdirə bilməz. Bu təlimi qəbul edərək, filosof materiyanı fəaliyyətsiz, ətalətli hesab edirdi. O hesab edirdi ki, başlanğıcda bütün toxumlar xaotik qarışdırılmışdı və onların keyfiyyətlərindən heç biri özünü büruzə vermirdi. Sonra Ağıl – fəal başlanğıc və hərəkətin ilkin səbəbi – bu xaotik kütləyə fırlanma hərəkəti verərək, onu bölməyə başladı. Oxşar xassəli və keyfiyyətli zərrəciklər ayrılmağa və öz aralarında birləşməyə başladı. Kainat da həmin istiqamətdə inkişaf edir. Ancaq eyni bir keyfiyyətə malik zərrəciklərin hissələrə tam ayrılması mümkün deyil, çünki "hər şeydə hamısının hissəsi var". Eyni zərrəciklərin tam ayrılması – bu Kainatın yaxınlaşdığı, lakin heç vaxt çatmadığı idealdır.

Ağıl yaratmır, yalnız mövcud olan şeylərin yerini dəyişdirir. O, hər şeyi nizamlayır, lakin heç vaxt yeni bir şey doğurmur. Anaksaqor dünya prosesini, Empedokl kimi, iki əks işgüzar başlanğıcın (sevgi və düşmənçilik başlanğıcları) mübarizəsi hesab etmirdi. O, dünya prosesinə fəaliyyətsiz materiyanın, Ağlın fəaliyyəti sayəsində çevrilməsi kimi baxırdı. Bütün xoşbəxtliklər və gözəlliklər Ağıldan törəyir, bütün yarımçıqlıqlar isə materiyadan. Ağıla hərəkət qüvvəsi və dərk etmək qabiliyyəti xasdır. O, hər şeyə qadir və hər şeyi biləndir. Anaksaqor məhz "Ağıl" anlayışını daxil etdiyinə görə, Aristotel onu "boşboğazlıq edənlərin arasında yeganə ağıllı" adlandırmışdır.

Anaksaqor Günəşi Peloponnes (Yunanıstanın yerləşdiyi yarımada) boyda közərmiş nəhəng qaya hesab edirdi. Alim deyirdi ki, Ayda təpələr, düzənliklər və hətta evlər də var; kometalar – alov püskürən planetlər dəstəsidir, düşən ulduzlar isə havanın tulladığı qığılcımlardır. Filosof düşünürdü ki, külək ona görə yaranır ki, Günəş havanı seyrəldir, göy gurultusu (ildırım) buludların toqquşmasıdır, şimşək – bululdların sürtünməsi, zəlzələ isə hava kütləsinin Yerin daxilinə nüfuz etməsi nəticəsində yaranır.

***

Anaksaqorun baxışları Afinada hakim olan rəsmi dinə zidd idi və kahinlərin fikrinə görə allahları təhqir edirdi. Bundan başqa, yaxınlaşan Peloponnes müharibəsi şəraitində Periklin mövqeyi pisləşdi. Onun siyasi düşmənləri təkcə onun özünü yox, həm də dostlarını təqib etməyə başladılar.

Anaksaqora qarşı o dövrlər üçün çox sərt olan allahsızlıq və "farslara satılmaq" kimi ittiham irəli sürdülər. Məhkəmə Anaksaqora ölüm hökmü verdi, lakin Perikl öz müəllimini xilas etdi. O, afinalılara müraciət edərək soruşdu ki, onlar onun özünü nədəsə təqsirləndirə bilərlərmi? Onlar "Yox" cavabını verdilər. "Bəs belə, – Perikl dedi, – mən onun tələbəsiyəm. Onda böhtanlara uymayın və insanı öldürməyin, mənə qulaq asın və onu buraxın!" Filosofa 500 talant cərimə kəsdilər və onu şəhərdən sürgün etdilər. O, Lampsaka çəkildi və burada şərəf və hörmətlə əhatə olunaraq ömrünün axırınadək yaşadı. Lampsakın sakinləri onu şəhər xəzinəsi hesabına dəfn etdilər. Onun qəbir daşında aşağıdakı sözləri yazdılar: "Burada, bu lövhə altında həqiqətin yüksək pilləsinə və Kainatın sərhədinə çatan Anaksaqor dəfn olunmuşdur". Filosofun son arzusu belə olmuşdur: "Qoy hər il mənim öldüyüm ayda uşaqları tətilə buraxsınlar". Lampsakda bu qaydanı bir neçə əsr gözlədilər.

və uzunluqlardır. Axı, Yeni dövrdə aydın olacağı kimi, sonsuz kiçik anlayışı zehni əməliyyatdır, heç də təsəvvür edilməsi mümkün olan ən kiçik demək deyil. Nə qədər ki, funksiyanın törəməsi anlayışı (yalnız Zenondan 2 min il sonra) yaranmayıb, heç nə alınmayacaq. Lakin törəmə ilə də bağlı problemlər yaranır, çünki funksiya anlayışı çoxluq anlayışına söykənir. Çoxluq nəzəriyyəsində isə bir çox paradokslar aşkar edilib və onlar indiyədək tam həll olunmayıb.

Zenon bütün yunan elmi qarşısında duran maneəni dərk etmişdi. Yunanlar heç cürə əngəli dəf edə bilmədilər. Onlardan yalnız bəziləri, məsələn, Knidli Evdoks və Arximed ona yanaşmanı aşkar edə bildilər. Yalnız xristian dini dünyagörüşünün yayılması və bunun əsasında elmi təfəkkürün kökündən dəyişdirilməsi sayəsində İsaak



Nyuton və Qotfrid Vilhelm Leybnis hərəkət anlayışını mənimsəməyə imkan verən intellektual aparat yaratdılar.

Əgər aporinin dərinliyinə varsaq və riyazi analizin əsaslarına yiyələnsək, onda Zenona yuxarıdan aşağı baxa bilərik və təəccüblənərik ki, necə olub ki, o, aşkar şeylər haqqında fikirləşib bir nəticəyə gələ bilməyib. Məsələn, məşhur fransız riyaziyyatçısı Pol Levi (1886-1971) "Axilles və tısbağa" aporisini nəzərdə tutaraq demişdir: "Etiraf edirəm, mən heç vaxt başa düşməmişəm ki, başqa cəhətlərdən tam ağıllı olan adamlar bu paradoksa görə necə iztirab keçirə bilərlər...

Mənim on bir yaşım olanda bu paradoksu mənə danışan böyük adama verdiyim cavab aşağıdakı qısa formada olmuşdu: "Bu yunan axmaq imiş". İndi mən bilirəm ki, öz fikirlərimi ədəbli formada ifadə etməliyəm və

AQRİGENTLİ EMPEDOKL

Qədim yunan filosofu, həkimi, şairi və siyasi xadimi Empedokl (e.ə. təxminən 490-430) dünyanın rəngarəngliyini, hər şeyin kökü adlandırdığı odun, havanın, suyun və torpağın mexaniki birləşməsi ilə izah edirdi. Milet filosoflarının, eyni bir ilkin əsasın müxtəlif variantları hesab etdikləri dörd ünsürdən fərqli olaraq, Empedoklun dörd kökü birbirinə çevrilə bilmir, çünki onlar keyfiyyətcə fərqlənir.

Empedokl Heraklit və Eley sistemlərinin mühüm təmas nöqtəsini tapmağa müyəssər oldu. Parmenidin ardınca o etiraf edirdi ki, heç nə heçdən törəyə bilməz və əksinə, heçə çevrilə bilməz. Deməli, varlıq dəyişməzdir. Lakin Empedokl bu müddəanı ayrılıqda köklərdən hər birinə aid edirdi. Şeylərin əmələ gəlməsini (yox olmasını) bu dəyişməz elementlərin qarışdırılması (ayrılması) ilə izah edirdi. Beləliklə, Empedokl Heraklitin və eleatların ideyalarını birləşdirdi: elementlərin eyni olmasına baxmayaraq, onlar müxtəlif qarışıqlar əmələ gətirərək, müxtəlif şeylər olur, – "qarışıq onları o qədər dəyişdirir ki". Madam, bu elementlərin bir-birini növbə ilə əvəz etməsi heç vaxt dayanmır, demək, onlar tərpənməz dairədə əbədi mövcuddur".

Köklərin hərəkəti, onlara nəzərən xarici qüvvələrin olması sayəsində heç vaxt kəsilmir: sevgi onları birləşdirir, düşmənçilik ayırır.

Filosof Heraklitin ardınca hərəkətin mənbəyini əksliklərin vəhdətində görürdü. Əslində sevgi və düşmənçilik, özlərinin birləşdirmək və ayırmaq kimi funksiyaları, yəni cazibə və itələmə qüvvələri ilə "hər şeydə" vardır. Yalnız bu qüvvələrin vəhdəti şeylərin ölçüsü olduğunu başa düşməyə imkan verir (sonralar XVIII əsr alman filosofu İmmanuil Kantın diqqət yetirdiyi kimi). Əgər materiya zərrəcikləri yalnız cazibə qabiliyyətinə malik olsaydı, onda onlar bir maddi nöqtəyə yığılardı. Əgər onlar yalnız itələnmə qabiliyyətinə malik olsaydılar, onda sonlu ölçülü obyektlər mövcud ola bilməzdi.

Empedokl düşünürdü ki, əşyalar kəsilən, məsaməli quruluşa malikdir və onların qarşılıqlı təsiri məsamələrdən bir-birinə nüfuz etməsi sayəsində baş verir. Biz bəzi şeylərin bu üzündən o biri üzünü görürük, çünki onlar "çox kiçik ölçüləri olduğuna görə görünməyən sıx və sıra ilə düzülmüş məsamələrə" malikdir. Məsamə böyük olduqca, cisim də bir o qədər şəffaf olur. Məsamələri mütənasib olan maddələr qarışır. Bu konsepsiya əsasında Empedokl bir çox şeyləri, o cümlədən maqnitin dəmiri cəzb etməsi məsələsini – hələ Falesi düşündürən məsələni həll etməyə çalışdı.

Empedokla görə, əşyaların kəsilənliyi köklərin məsaməliliyilə izah olunur. Lakin burada Aristotelin qeyd etdiyi ciddi bir problem yarandı. Əgər bölünməz zərrəciklərin mövcudluğunu qəbul etməsək, onda belə bir müddəa ilə razılaşmaq lazım gəlir ki, istənilən obyektin istənilən yerində məsamələr vardır. Onda "bu halda məsamələrdən başqa heç bir cisim olmazdı, hər şey boşluqdan ibarət olardı".



Empedokl.

Bu mənada Empedoklun təsəvvürləri, həm Anaksaqorun materiyanın sonsuz bölünməsi prinsipinə və həm də onun inkarı olan Levkipp və Demokrit atomizminə uduzurdu.

Belə rəvayət var ki, Empedokl Etna vulkanına atılaraq özünü məhv etmişdir. (Əslində isə o, qocalıq illərinə qədər yaşamış və öz əcəli ilə ölmüşdür.) Onun doğma şəhəri Aqrigentdəki tiran devrildikdən sonra həmvətənləri çar rütbəsinin nişanlarını Empedoklun ayaqları altına qoydular, lakin o hakimiyyətdən imtina etdi. Filosof öz həyatını pərəstişkarları və tələbələri arasında başa vurmuşdur.

PİFAQOR

İlk dəfə Pifaqor özünü *filosof* (*yun.* "fileo" – sevirəm, "sofiya" – müdriklik), yəni müdrik yox, müdrikliyi sevən adlandırdı. O söyləyirdi ki, yalnız Allah müdrikdir, insan isə yalnız müdrikliyə can atır. Pifaqor deyirdi: "Mən müdrikliyi öyrətmirəm, mən cəhaləti sağaldıram". Başqa dəlillərə görə Pifaqor istəyirdi ki, onu yalnız müdrik yox, həm də peyğəmbər, bəlkə də, yarımallah saysınlar. Hələ o sağ ikən, onun haqqında rəvayətlər yaranmışdı. Deyirdilər ki, onun ruhu əvvəlcə allah Hermesin oğlunda yaşamış, sonra Sparta çarı Menelayın yaraladığı troyalıya köçmüşdür. Daha sonra, bu ruh Apollon məbədinin divarında Menelayın yarıçürümüş qalxanını tanıyan Milet sakininin bədənində olmuş və yalnız bundan sonra o, Pifaqorun bədənində hökm sürməyə başlamışdır. Guya ki, ağ qartalı tumarlamaq ona müyəssər olmuş, o, Siris çayı ilə danışmış və birini digərindən həftəlik yol ayıran iki şəhərdə eyni zamanda olmuşdur. Nəhayət o, Aiddən sağ çıxmışdır.

Filosof-eleatların Pifaqordan xoşları gəlmirdi. Onlar, görünür, onun mistik meyillərinə dərin ədavət bəsləyirdilər və hesab edirdilər ki, Yunanıstana başqa fəlsəfə – aydın və məntiqi, hər cür müəmmalığa yad bir fəlsəfə lazımdır.

Görkəmli hazırcavab Ksenofon Pifaqora ruhların köçürülməsindən bəhs edən parodiya yazmışdır:

Bir dəfə o, yolda kiminsə küçüyü incitdiyini görüb, küçüyə yazığı gəldi və bu sözləri söylədi:
"Bəsdir döydün, dayan! Onda əziz dostumun ruhu yaşayır, onu küçüyün ulamasından o dəqiqə tanıdım".

Bu parodiyanın müasir variantı var:

Boz qarğa
Uçur tələsmədən –
Sənin yetim qalmış
Ruhun onda qarıldayır.

ola bilsin, Zenon yalnız şagirdlərinin ağlını yoxlamaq üçün öz paradokslarını söyləmişdir".

Zenonun aporiləri riyaziyyatçıları və fizikləri həmişə narahat etmişdir. XIX-XX əsrlərdə elmdə onlar haqqında yenidən mübahisələr qızışdı. Bəzi alimlər aporilərdə dərin məna görürdülər, digərləri isə deyirdilər ki, bunlar çevik sofizmlərdən başqa bir şey deyildir. Lakin elmin tarixi göstərir ki, əgər nəyinsə haqqında uzun müddət mübahisələr aparırlarsa, bir qayda olaraq, bu mübahisələr hədərə getmir.

HƏR ŞEY ƏDƏDDİR

Eleatlar Böyük Elladanın (yunanlar İtaliyanın öz müstəmləkələrinə çevirdikləri hissəsini belə adlandırırdılar) heç də ilk filosofları olmamışlar. Onlardan əvvəl buraya pifaqorçular gəlmişlər. İoniyanın Samos adasından gəlmiş və Falesin kiçik müasiri olan Pifaqorun (e.ə. VI əsr) davamçıları dünyaya orijinal bir baxış işləyib hazırladılar və ona uyğun yaşadılar. E.ə. təxminən 532-ci ildə Pifaqor Cənubi İtaliyanın Kroton şəhərinə köçdü və orada dini-fəlsəfi qardaşlıq cəmiyyəti yaratdı. Bura kişilərlə bərabər qadınları da qəbul edirdilər. Beləliklə, ilk qadın-filosoflar meydana çıxdı. Onlardan ən məşhuru Pifaqorun arvadı Teano (başqa məlumata görə o, pifaqorçu Brotinin arvadı idi) olmuşdur. Onun "Möminlik haqqında" adlı əsərindən fraqment qalmışdır: "Mənə məlum olduğu kimi, bir çox ellinlər fikirləşirlər ki, guya Pifaqor demişdir – hər şey ədəddən doğur. Ancaq bu təlim təəccüb doğurur: mövcud olmayan, təsəvvür olunan bir şey necə törədici ola bilər? Halbuki, o demişdir ki, hər şey ədəddən yox, ədədə uyğun törəyir, çünki ədəddə ilk ardıcıllıq var, ona aidiyyəti olan sayıla bilən əşyalarda nə isə birinci, ikinci və s. müəyyənləşdirilir".

Rəvayətə görə, Pifaqor bir dəfə dəmirçixananın yanından keçərkən, çəkiləri müxtəlif olan çəkiclərin zərbəsindən çıxan cürbəcür səsləri eşidərək, belə qərara gəlir ki, səsi ədədlə, məhz çəkicin çəkisi ilə ölçmək olar. Pifaqorun məşhur monoxordu lövhə üzərində tarım çəkilmiş simdən ibarətdir. Simin səslənməsi onun uzunlu-


Məgər sən ona çata bilərsən?..

Zenonun fikrinə görə, Axilles heç vaxt tısbağaya çata bilməyəcək: hər dəfə o, aralarındakı məsafəni qət edənə qədər tısbağa bir az irəli gedəcək və ona tısbağanın istifadə etdiyi həmin o əlavə vaxt lazım olacaq.

FİLOLAY

Filolay (e.ə. təxminən 470-388) pifaqorçuların kitabını "Təbiət haqqında" adlı ümumi başlıq altında nəşr etdirmişdir. Filolay hesab edirdi ki, Kosmosun hərəkətverici qüvvəsi od ünsürüdür. Ünsürlərin idarəedicisi (Kainatın Mənbəyi) dünyanın mərkəzində yerləşir. Mərkəzi Odun ətrafında on kosmik cisim fırlanmalıdır, çünki "on" dünyanın tamlığını ifadə edən ədəddir (bəlkə ona görə ki, ilk dörd ədədin – ən mühüm ədəd-



Pifaqor musiqi aləti ilə. Barelyef. Şartr məbədi. Fransa.



ğundan asılıdır ki, onu da ədədlə ifadə etmək olar. Məsələn, oktavanın musiqi intervalı uzunluqları 1:2 nisbətində olan eyni dərəcədə gərilmiş iki simin səslənməsinə uyğundur. Kvint və kvart üçün uzunluqların nisbəti başqadır – 2:3 və 3:4. Pifaqor bu və digər faktlardan özünün hər şeyin ölçüsü ədəddir və hər şey ona tabedir haqqındakı fikrini təsdiqləmək üçün istifadə etmişdir.

Pifaqor ondan xeyli sonrakı dövrlərin alimlərindən fərqli olaraq, ayrı-ayrı faktların xüsusiyyətlərini (məsələn, çəkicin və simin səslənməsi) bütün təbiətə aid etmirdi. Yəqin ki, onun düşünmə tərzi əksinə idi: hər şeyin ədədə uyğun yaranması haqqında ümumi ideya ayrı-ayrı faktlara nəzər salmağa ona kömək etdi və bu ideyanı təsdiq etdi.

Pifaqorun təlimi haqqında çox az məlumat saxlanılıb və biz bilmirik ki, pifaqorçular ədəd haqqında özlərinin məşhur tezisini məhz dünyanın başlanğıcı kimi necə əsaslandırmışlar. Lakin ilkin yunan fəlsəfəsinin dünyanın vəhdəti ideyasını məntiqi dərk etməyə doğru ümumi istiqamət götürməsi bu boşluğu ümumi şəkildə doldurmağa imkan verir.

Milet filosoflarının haqqında danışdığı materiya formasızdır (amorfdur) və tamamilə qeyri-müəyyəndir. Onda bəs əsasında qeyri-müəyyən materiya duran və hisslə qavranılan şeylər necə tam müəyyən xassələrə malik ola bilər? Müəyyənlə qeyri-müəyyən arasından (pifaqorçuların dedikləri kimi "sonlu" və "sonsuzluq" arasından) uçurum keçir. Bütün varlığın elə bir əsasını tapmaq lazım idi ki, körpü kimi bu uçurumun kənarlarını birləşdirsin. Pifaqor bu körpünü ədəd anlayışından qurdu.

Hər bir müəyyən ədəd məhduddur, lakin ən böyük ədəd mövcud deyil. Beləliklə, ədəd ("iki" yox, "yüz" yox, öz-özlüyündə ədəd), ümumiyyətlə, vəhdəti və məhdudluğu (limiti), həmçinin qeyri-məhdudluğu (limitsizi) özündə saxlayır. Deməli, ədəd anlayışından istifadə edərək bütün şeylərin ilkin əsasını təsəvvür etmək olar. Hər şey ədəddir, lakin o mənada yox ki, ədəd şeyləri doğurur (Teano bunun mümkünsüzlüyünü göstərmişdi), o mənada ki, əşyaların vəhdəti ədədlərdədir. Onları öyrənməklə dünyanın vəhdətini və ən vacibi harmonik tamlığını

başa düşmək olar. Pifaqorçuların təbiət fəlsəfəsindən çıxan nəticə bu idi: pifaqorlular üçün riyaziyyat həyata istiqamətləndirici fəlsəfə idi.

Pifaqoru və onun davamçılarını riyaziyyatı ticarətin və yerölçmənin ehtiyacından ayırıb, nəzəri elmə çevirməyə vadar edən stimul indi aydın olur. Pifaqorçular üçün hər bir riyazi obyekt, dünyanın müəyyən üzünün gizli mənasını daşıyan simvollar idi. Bir yerə yığılmış bu üzlər gözəl almaza bənzədilirdi.

İlk dəfə Pifaqor Kainatı Kosmos adlandırdı. Bununla o, Kainatın nizamlılığını, mütənasibliyini, harmonikliyini və gözəlliyini qeyd edirdi. Kosmosun



quruluşu riyazi qurmaların gözəlliyində itib-batmışdır. Yer kürə şəklindədir, çünki bu bütün cisimlərdən ən mütənasibidir. Göy cisimlərinə qədər və onlar arasındakı məsafələr ixtiyari ola bilməz. Onların qiyməti harmonik musiqi intervallarına uyğun olmalıdır. Göy sferası – Ay, Günəş, ona məlum olan beş planet və tərpənməz ulduzlar – bunların hər biri fırlanarkən öz musiqi səsini çıxarır. "Göy sferalarının musiqisini" riyazi ifadə etmək olar. Kim bunu bacarsa, səsi də eşidəcək. Pifaqor bacardı.

Dünyanın vəhdəti haqqında düşünərkən o, yeni yanaşma kəşf etdi: məntiq harmoniya hissi ilə, dünyanın adi mühakimə nəticəsi kimi qavranılması isə estetik hisslə tamamlanır. Bir



çox müasir fiziklər hesab edirlər ki, gözəl olmayan nəzəriyyə həqiqi ola bilməz (yaraşıqsız təyyarələr pis uçur və mühəndislər onları təkrarlayır). Bu mənada deyə bilərik ki, pifaqorçular ilk nəzəriyyəçi-fizik olmuşlar, çünki onlar dünyaya gözəl riyaziyyatın gözü ilə baxırdılar. Qalileyin ardınca biz təkrarlayanda ki, təbiətin kitabı riyazi dildə yazılıb, onda bu sözlərdə biz Pifaqor düşüncəsinin izini görürük.

Pifaqorun yaratdığı ittifaq yalnız fəlsəfə ilə deyil, həm də siyasi fəaliyyətlə də məşğul olurdu. Bu da onu məhv etdi. Pifaqorçular yeni aristokratiya – "mənəviyyat aristokratiyası" uğrunda çıxış edirdilər. Onların fikrincə, dövləti yalnız layiqli və gizli biliklərə yiyələnmiş adamlar idarə etməlidirlər. Krotonda və qonşuluqdakı Metapontda və Tarentdə onlar hakimiyyətə gələrək, demokratiya tərəfdarlarının qəzəbinə düçar oldular. Demokratiya tərəfdarları üsyan etdilər və pifaqorçuları birbaşa, dövlət işlərini müzakirə etdikləri evlərində yandırdılar (əfsanəyə görə Pifaqor özünü xilas edə bilmişdi).

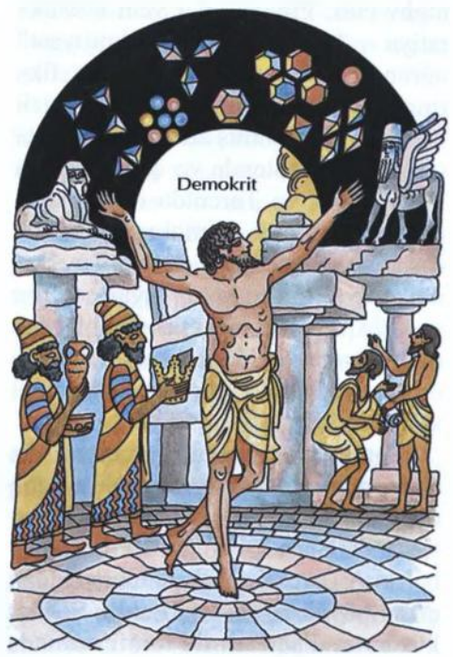
Həmin dövrdə pifaqorçuların öz aralarında onların başlıca dünyagörüşü tezisini şübhə altına alan böhran başlandı. Buna səbəb (bəlkə də, yalnız bəhanə) Teyetetin Pifaqor teoremindən çıxan böyük riyazi kəşfi oldu. Söhbət kvadratın diaqonalı ilə tərəfi arasında



Demokrit.

ölçünün olmamasıdır: elə bir parça yoxdur ki, kvadratın həm tərəfi, həm də diaqonalı üzərində tam sayda yerləşsin. Bu, əslində irrasional ədədlərin (iki tam ədədin nisbəti şəklində göstərilə bilinməyən ədədlərin) kəşfi idi. Pifaqorçular çaxnaşma içərisində idilər: əgər çox sadə bir şeyi – tərəfi vahidə bərabər olan kvadratın diaqonalını ədədlə ifadə etmək mümkün deyilsə, onda ədəd necə dünyanın başlanğıcı ola bilər?

Pifaqorçular öz biliklərini aləmə yaymırdılar, ölçüsüzlüyün kəşf edilməsini isə xüsusi diqqətlə gizlədirdilər. Yəqin ümid edirdilər ki, burada məsələnin nə yerdə olduğunu nə vaxtsa başa düşəcəklər (sonra belə də oldu, lakin ittifaq artıq dağılmışdı). Biliyin demokratikləşdirilməsi uğrunda çıxış edən pifaqorçu Hippas bu sirri "ləyaqətsizlərə" verdi və buna görə sənət yoldaşları tərəfindən lənətləndirildi. Çox keçmədən o, suda boğuldu, lakin pifaqorçular ittifaqının dünyagörüşündəki çat yox olmadı. Sonralar pifaqorizm artıq açıq bir təlim kimi mövcud oldu.



HƏR ŞEY ATOMLARDAN TƏŞKİL OLUNUB

İoniya və İtaliya fəlsəfəsində qarşıya qoyulmuş yaranma paradoksu, kvadratın diaqonalı ilə tərəfinin ortaq ölçüsü olmaması, Zenonun aporiləri və bir çox bu kimi başqa təbiət problemlərini Levkipp (e.ə. təxminən 500–440) və onun məşhur tələbəsi Demokrit (e.ə. 460–371) həll etməyə çalışmışlar. Onlar Yunanıstanda, dünya fəlsəfəsinin və elminin ən dayanıqlı cərəyanlarından biri olan atomizmin əsasını qoydular.

Eleyli Zenonun tələbəsi olan Levkipp fəlsəfəyə ən kiçik, görünməyən və bölünməyən zərrəcik kimi *atom* (*yun.* "atomos" – kəsilməyən, bölünməyən) anlayışını və atomların hərəkət etdiyi mütləq boşluq anlayışını daxil etmişdir. O, həmçinin *determinizmə* (*lat.* "determino" – "təyin edirəm"), yəni bütün təbiət hadisələrinin səbəblə şərtləndiyinə dair təlim yaratdı: "Heç bir şey boş-boşuna baş vermir, hər şey ancaq nəyinsə sayəsində və zərurətdən baş verir".

Demokrit bu ideyanın əsiri olmuşdu. O deyirdi ki, "hər hansı hadisənin səbəbini izah etməyi fars çarının rütbəsinə sahib olmaqdan üstün tutardım" – çünki, baş verənlərin səbəblərini axtarıb tapmaq o qədər asan deyildi. İnsanların ciddi etdikləri hər bir şey ona o qədər qeyri-ciddi görünürdü ki, onu "güləyən filosof" adlandırırdılar. Levkippin ideyası əsasında Demokrit birləşdirilə bilinməyəni birləşdirməyə can ataraq, təbiətin yeni fəlsəfəsini yaradır.

Birincisi, dəyişmə imkanını izah etmək üçün, ona mövcudiyyətdə yoxluğu tapmaq lazım idi – Heraklitin təlimini o yaxşı mənimsəmişdi. İkincisi, pifaqorçuların gözəl nəzəriyyəsindən imtina etmək istəmirdi. Ancaq, əgər şeylərin mahiyyəti ədədlərdirsə, yəni bölünməz vahidlərdən ibarət olub, nə isə kəsiləndirsə (diskretdirsə), onda onlar necə kəsilməz və bütöv ola bilər? Nəhayət, üçüncüsü, Demokrit eleatlarla razılaşırdı ki, həqiqi varlıq vahid və dəyişməz olmalıdır. Bütün bu tələblər bir-birilə uyuşandırmı?

Demokrit inanırdı ki, əgər materiyanı vahid yox, ayrı-ayrı görünməyən və boşluqla əhatə olunmuş elementlərdən (atomlardan) ibarət kimi təsəvvür etsək, onda uyuşan olacaqdır. Boşluq – bu heç nədir, o mənada ki, ondan heç nə əmələ gələ bilməz, lakin o mövcuddur, çünki atomlara bir yerdən başqa yerə hərəkət etməyə imkan verir. Bütün dəyişmələr isə (yeninin yaranması) atomların yenidən qruplaşması nəticəsində baş verir. Heraklitin problemi həll olundu.

Pifaqorçuların tezisi də xilas olundu. İstənilən əşya müəyyən sayda atomlar yığınından ibarətdir, bununla yanaşı, atomlar özlərinin forması, sırası və vəziyyəti ilə xarakterizə olunur. Məsələn, A ilə P formasına görə, AP ilə PA sırasına görə, P ilə B isə vəziyyətinə görə fərqlənir. Bundan başqa, hər bir atomun ədədlə ifadə olunan ağırlığı var. Ədəd, forma, sıra və vəziyyət – riyazi anlayışlardır, atomların və onlardan ibarət olan şeylərin mahiyyəti bu anlayışlarla xarakterizə olunur. Torpağın, suyun, havanın və odun atomları ilk öncə forma və ağırlıqları ilə fərqlənir. Pifaqorçulara əzab verən ölçüsüzlük də həll olunur, çünki real kəsilməzlik yoxdur, atomlar isə havada – kvadratın tərəfi və ya diaqonalı boyunca düzülsün, fərqi yoxdur, həmişə sayıla bilər.

Eleatlar da sakitləşməlidirlər, axı hər bir atom Parmenidin əbədi, vahid və dəyişməz varlığıdır.

Beləliklə, bütün varlığın başlanğıcı boşluqla ayrılmış atomlardır. Onların sayı sonsuzdur. Hər bir atom – bu,

PARÇALANMIŞ DÜNYA

Platon Demokritin hansı əsərlərini toplaya bilmişdisə, onların hamısını yandırmaq istəyirdi, ancaq pifaqorçular Amikl və Kliniy buna mane oldular: "Faydası yoxdur – onun kitabları artıq çoxunun əlində var". Böyük idealisti hiddətləndirən nə idi? Demokrit dünyanı nəinki yalnız materiya səviyyəsində parçalamışdı (buna hələ dözmək olardı), o, təbiət qanunlarından başqa insan tərəfindən müəyyən olunan qanunların da mövcud olduğunu hesab etməklə, yunan "müdriklik sevəninin" gözlərinə prinsipial ardıcıl görünməmişdi: nitq, dövlət və onun qanunları "təbiətdən" gəlmir, "yaradıldığına" görə meydana çıxır. İnsan, makrokosmosu əks etdirən mikrokosmos olmaqdan azad oldu. "Ehtiyac və təcrübə insanın – hər cür təlimi öz təbiətinə görə öyrənməyə qadir olan və əlləri, düşüncəsi, ağlı onun köməkçiləri olan bu heyvanın öyüd-nəsihətini vermiş və hər şeydə müəllimi olmuşdur". Demokrit hesab edirdi ki, allahlar yoxdur, onları insanlar ildırım və şimşəkdən, Günəş və Ay tutulmalarından qorxaraq yaratmışlar.

Heç bir dünya ruhu da yoxdur. Ümumiyyətlə, bu dünyada insan özündən başqa heç kimin qarşısında: nə allahın, nə də təbiətin qarşısında cavabdeh deyil: "Pis əməllərdən qorxuya görə yox, borc hissinə görə əl çəkmək lazımdır".

Demokritə görə insan (əgər atomizmin ardıcıl tərəfdarı olsaq) təbii zərurətin oyuncağı olmalıdır, o isə bunun əvəzində, məlum deyil, nəyə görə lovğalanır: hansısa borc, kimin qarşısında? Demokrit yunan cəmiyyətinin dünyagörüşünün bünövrəsini dağıtdı, ona görə onun kitablarını məhv etdilər.





Heraklit və Demokrit. İntibah dövrünün təsviri.

mütləq doldurulmadır; boşluq isə mütləq doldurulmamadır. Atomlarda boşluq yoxdur (atomu kəsmək üçün ülgücü heç hara yerləşdirmək mümkün deyil), boşluq bircins və sonsuzdur. Şeylər atomların birləşməsi sayəsində əmələ gəlir və hissələrə son nəticədə atomlara parçalanaraq yox olur. Dünyalar sonsuz çoxdur, çünki böyük düzən sahədə yalnız bir sünbül bitsəydi və əgər sonsuz fəzada yalnız bir dünya yaransaydı, bu qəribə olardı. İsti və soyuq, şirin və acı, rəngli və ətirli əslində mövcud deyildir – bütün bunlar "fikirdir", "rəydir", həqiqətdə isə yalnız atomlar və boşluq var. Atomlar istənilən sürətlə, istənilən istiqamətdə hərəkət edə bilməz – bunun üçün əsas yoxdur, hər şey zərurətdən baş verir. Demokritə görə, təsadüf yalnız dərk olunmamış zərurətdir. Şeylərin əmələ gəlməsinin səbəbi – kosmik zərurəti təcəssüm etdirən dünya burulğanıdır. İnsan qəlbi xüsusi atomlardan ibarətdir ki, məntiqə əsasən bu atomlar da həmçinin kosmik burulğana tabedir.

Sofistlər (*yun.* "sofistes" – mahir adam, yalançı müdrik) Qədim Yunanıstanda e.ə. V əsrin ortalarından IV əsrin birinci yarısına qədər professional fəlsəfə müəllimləri və natiqlər olmuşlar. Kosmos və varlıq haqqında mütləq həqiqəti axtarmaq əvəzinə, onlar "mövhumatsız" insanın davranışı üçün praqmatik reseptlər hazırlamaqla məşğul olmuşlar.

Təsiredici mənzərədir, düzdür, dəhşətlidir. Həyat haradadır, mahiyyət harada? Demokritdən bir əsr sonra Epikur (e.ə. 341-270) yazmışdır: "Fiziklərin qabaqcadan müəyyən etdiyi-



nin qulu olmaqdansa, allahlar haqqındakı əfsanələrə inanmaq daha yaxşıdır, çünki əfsanələrə inam, canlı obrazlarda, heç olmasa, ona ümid yaradır ki, allahlara ehtiram etməklə onların rəğbətini yalvarıb qazanmaq olar". Epikur qabaqcadan müəyyən edilmişi (fatalizmi) dəf etmək məqsədilə atomların düzxətli yoldan özbaşına meyil etdiklərini düşünüb tapmışdır.

Fiziki nöqteyi-nəzərdən də Demokrit təliminin zəif yeri var idi – o, adi müşahidə olunan faktlarla, məsələn, daşın yerə düşməsi ilə uzlaşmırdı. Atomlardan ibarət olan daş düşür. Onun hər bir atomu boşluqla əhatə olunub. Atom necə "bilir" ki, o hara düşməlidir, yuxarı haradadır, aşağı haradadır, çünki boşluq tamamilə bircinsdir? Başlanğıc vəziyyətin tam simmetrikliyi sayəsində boşluqda hərəkət başlaya bilməz. Lakin daşın düşməsi – bu faktdır, deməli, boşluq mövcud deyildir.

Atomlar arasında məsafə olduğundan, onların hər hansı qarşılıqlı təsirindən danışmağa əsas yoxdur, ona görə ki, boşluqdan heç nə ötürülə bilməz. Bunun üçün boşluqda Allahı yerləşdirmək lazımdır, çünki o, hər şeyi bacarır. Sonralar Nyuton belə etdi və bunun sayəsində yeni səma mexanikasını qura bildi.

Antik atomizm, fiziki təlim kimi məhvə məhkum idi, ancaq uzun müddət fəlsəfi-etik təlim kimi yaşadı. Yalnız Yeni dövrdə yenidən dirçələrək, o, yerini fəlsəfədən fizikaya dəyişdi.

BÜTÜN DÜNYA ÜÇBUCAQLARDAN QURULMUŞDUR

Platonun qarşısında (e.ə. 428 və ya 427-348 və ya 347) çətin məsələ dururdu. O, təxminən e.ə. 387-ci ildə Akademiya (dünyada ilk ali məktəb) təsis etdi. Afinalılar Elladaya hakim



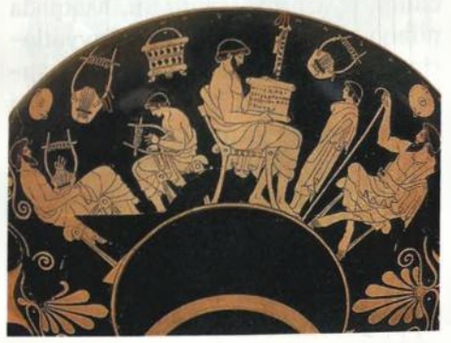
olmaq uğrunda gedən Peloponnes müharibəsini (e.ə. 431-404-cü illər) Spartaya uduzdular, Platonun müəllimi Sokratı (e.ə. təxminən 470-399) "yeni allahlara itaət etməkdə" və "gənclərin əxlaqını pozmaqda" təqsirləndirərək edam etdilər. Sofistlərin, bu yalançı müdriklərin fəaliyyəti də hədərə getmədi.

Onlar məntiq və dil haqqındakı elm sahələrində çoxlu yeni problemlər qarşıya qoydular. Ancaq onların "müdrikliyi" bir çoxlarında hamı üçün vahid olan Loqosa inamsızlıq yaratdı. Sofistlərin başçısı Protaqor (e.ə. təxminən 480-410) insanı hər şeyin ölçüsü elan etdi. Belə çıxırdı ki, nə qədər adam var, bir o qədər də fikir, mülahizə var, vahid həqiqət yoxdur. Sofistlər öyrədirdilər ki, insan cəmiyyətində təbiətən heç nə mövcud deyildir. Həm adətlər, həm də dövlət quruluşu – bütün bunlar insanlar arasındakı razılaşmaya görə müəyyən olunmuşdur və deməli, özündə sarsılmazlıq, əbədilik, mütləqlik möhürünü daşımır. Ədalət nisbi anlayışdır: bir şəhər-dövlət üçün ədalətli olan şey başqası üçün ədalətsizdir.

İlahi Kosmos devrilmiş oldu, onun nəzəriyyəçiləri isə ziddiyyətli fikirlərin labirintində çaşıb qaldılar. Vahid varlıq Aqrigentli Empedoklun (e.ə. təxminən 490 – təxminən 430) və Klazomenli Anaksaqorun (e.ə. təxminən 500 – təxminən 428) təlimlərində, xüsusən də Demokritin təlimində ayrı-ayrı hissələrə dağıdıldı.

Sokrat sofistikanın bütün yunan cəmiyyəti üçün dəhşətli bir təhlükə olduğunu kəskin surətdə dərk etdi. O, səma haqqında ziddiyyətli filosofçuluğu rədd etməyə və dünya vəhdətinin yeni prinsipini – xoşbəxtliyi bərqərar etməyə çalışdı. Yaxşılıqla dolu ruh – bax insanları və dünyanı birləşdirən budur. Platon Sokratın ideyalarına valeh olurdu, lakin hər şey onun müəlliminin Afina məhkəməsinin hökmü ilə içdiyi bir piyalə subaldırğanı zəhəri ilə bitdi.

İtirilmiş vəhdəti bərpa etmək, eleatların məntiqini, pifaqorçuların harmoniyasını və Sokratın xoşbəxtliyini

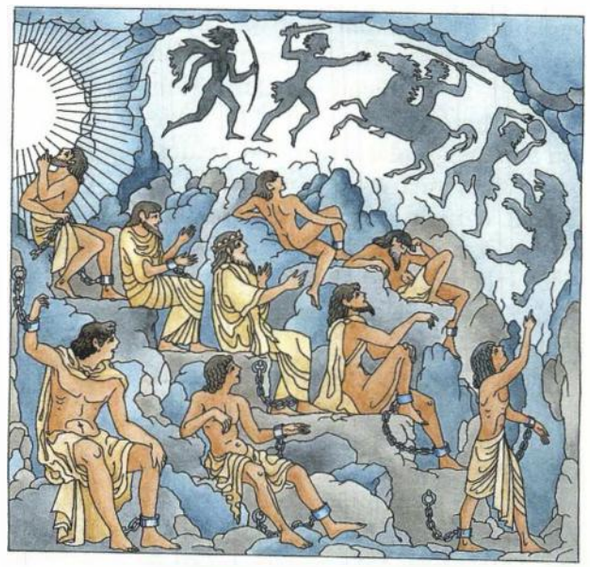


Məktəbdə təlim. Güman edilir ki, mərkəzdəki Protaqordur. Qırmızı fiqurlu cam. E.ə. təxminən 480-ci il.



Sokratın ölümü. Platonun "Sokratın apologiyası" əsərinin birinci ingilis nəşrindən qravüra. 1675-ci il.

Subaldırğanı – su və bataqlıq otları nəslindəndir. Subaldırğanının bəzi növləri insanın ölümcül zəhərlənməsinə səbəb ola bilər.



gözəl Kosmos haqqında bir nəzəriyyədə birləşdirmək lazım idi. Axı insan həyatını yalnız Kosmosun nümunəsində və oxşarlığında qurmaq olar. Platon atomistləri və sofistləri dəf etməyə çalışaraq, birincilərin çaşdıqları, ikincilərin isə mənalandırmadıqları problemləri başqa cür həll etməli idi. O, bu məsələni bütün dünyanın mənzərəsinin açıldığı yüksəkliyə sonuncu hücum hesab edirdi.

Platona görə, Parmenidin əbədi, vahid və dəyişməz olan varlığı hisslə qavranılan bütün şeylərin ideal modelləri olan ilk obrazlar – ideyalar aləminə çevrilir. Bu varlıq haqqında yalnız düzgün bilik almaq mümkündür.

İdeyalar aləmi – bu ağılla dərk edilən riyazi mahiyyətlərin, haqqında pifaqorçuların danışdığı mahiyyətlərin çoxluğudur. Platon Akademiyasının girişində yazılmışdı: "Həndəsəni bilməyən bura girməsin!"

Sokratın düşündüyü xoşbəxt başlanğıc, xeyirxahlıq da hakim mənaya malikdir. Dünya ona görə yaranmışdır ki, onun qurucusu demiurq *(yun.* "demiurqos" – "usta", "sənətkar") xoşbəxtliyə can atırdı. Əks halda onu fəaliyyətə nə sövq edir? Heç bir demiurq yoxdur və olmayıb kimi düşünmək ağlabatan deyil, ona görə ki, o halda dünyanın heç bir mənası olmazdı.

Mərhəmətin hərəkətə gətirdiyi demiurq əbədi formaları (xalis varlıq), hər hansı formadan məhrum olan, buna baxmayaraq mövcud olan şeylə, formalar aləmilə müqayisədə özgə varlıq olan, varlığın başqa forması olan materiya ilə birləşdirir. Materiya mütləq dəyişkəndir, ideyalar aləmi mütləq dəyişməzdir. Demiurqun məqsədi varlığının özü dərin məna ilə dolmuş Kosmosu mükəmməl, canlı, şüurlu məxluq kimi yaratmaqdır.

Hisslə qavranılan hər bir şey müəyyən nəsə kimi xalis formalar aləminə aidiyyatı olduğu vaxta qədər mövcud olur. Şeylərin materiyası – bu, gec-tez onun dağılmasına gətirib çıxaran axan başlanğıcdır; onun əvəzinə yeni törəmə gəlir. Kosmos isə bir dəfə yaradılmış və bütövlükdə əbədi mövcuddur.

İnsanların gördüyü və duyduğu bütün hər şey – kosmik xoşbəxtliyin işığı ilə işıqlandırılan ideal əşyaların mağaranın divarına saldığı kölgələrdən başqa bir şey deyildir. İnsanlar – bu mağaranın üzü divara zəncirlənmiş məhbusları, həqiqətin parlaq işığını görmürlər və yalnız kölgələrlə kifayətlənirlər. İdeal əşyalar dəyişməzdir, onların kölgələri isə divarda nizamsız oynayır. İnsanlar bu sayrışmaya adət ediblər və həqiqi varlıqdan isə xəbərləri yoxdur. Onların gördüyü və kölgələr aləmi kimi mövcud olan dünya materiya ilə ağırlaşmışdır, onun haqqındakı bilik isə dəqiq ola bilməz.

Platon dünyanın görünməyən ideal modeli haqqında danışırdı, o dünyanın ki, allah onu yaradarkən seyr etmişdi. Bu modeli prinsipcə ağılla dərk etmək olar, lakin bu çox çətindir və yəqin ki, adi adamlar üçün əlçatmazdır. "Timey" dialoqunda filosof yazmışdı: "Biz, allahlara və Kainatın doğulması kimi bir çox şeylərə baxaraq, öz mühakimələrimizdə tam dəqiqliyə və ziddiyyətsizliyə çatmayacağıq. Əksinə, əgər bizim mühakimələrimiz istənilən başqa mühakimədən az ağlabatan deyilsə, biz buna sevinməliyik. Həm də yadda saxlamaq lazımdır ki, mən – mühakimə yürüdən və siz – mənim hakimlərim ancaq və ancaq adamlarıq. Ona görə də biz bu cür məsələlərdə ağlabatan miflərlə kifayətlənməli oluruq, artıq heç nə tələb etmirik". Hər halda, Platonun yaratdığı mif gözəlliyinə görə valehedicidir. O, nəzəriyyənin qəşəngliyini və dövründəki məlum faktlara uyğunluğunu uzlaşdırdı.

Demokritdən fərqli olaraq Platonda şeylərin elementləri bir-birinə çevrilə bilər. Filosof izah edirdi: "Bizim su adlandırdığımız nədirsə, o, gördüyümüz kimi, bərkiyib daşa və torpağa çevrilə bilər. Yox, əgər bu həll olursa və parçalanırsa, onda o, küləyə və havaya çevrilir, hava isə alışaraq oda çevrilir... Hava toplaşaraq və qatılaşaraq bulud və duman olur. Onlar daha da sıxlaşaraq axan suyu əmələ gətirir, sudan isə yenidən torpaq və daşlar yaranır. Beləliklə, dairəvi dövranda, göründüyü kimi, onlar bir-birini doğurur". Demokritə görə, materiyanın dörd növü (torpaq, su, hava və od) Platonun fiziki "mifologiyasında" sabit elementlər yox, dörd struktur halıdır. Onlar bir-birinə çevrilə bilər, çünki özləri hər hansı bir ilkin materiyadan ibarətdir ki, onu da "nə torpaq, nə hava, nə od, nə su, nə də onlardan əmələ gələn və ya onların özlərinin əmələ gəldiyi şey" adlandırmaq lazım deyil.

Bu təsəvvürləri izah etmək üçün Platon gözəl bir riyazi struktur tapdı. Məhz həmin dövrdə gənc afinalı riyaziyyatçı Teyetet (e.ə. təxminən 410-369) düzgün çoxüzlülərin həndəsəsini işləyib hazırladı (onların cəmi beş növü var: kub, tetraedr, dodekaedr, oktaedr və ikosaedr). Platon bu riyazi yenilikdən istifadə etdi. Tetraedrin, oktaedrin və ikosaedrin bütün üzləri eynidir və bərabərtərəfli üçbucaqlardır. Onların hər birini altı düzbucaqlı üçbucağa bölmək olar. Kub elə üzlərə malikdir ki, onları dörd bərabəryanlı düzbucaqlı üçbucağa bölmək olar. Dodekaedrin üzləri beşbucaqlıdır və ümumiyyətlə, onlar eyni düzbucaqlı üçbucaqlara bölünmür. Beləliklə, Platon belə nəticə çıxarır ki, materiyanın üç növü tetraedr, oktaedr və ikosaedr formasında ola bilər. Onlar eyni üçbucaqlara parçalanmaq və yenidən birləşmək qabiliyyətinə malikdir. Kub və dodekaedr nə bir-birinə, nə də qalan üç

Substansiyaların daxili quruluşunun dəyişməsi ilə baş verən çevrilmələr haqqında Platonun ideyası məhz əlkimyanın nəzəri əsası oldu.

Platon.
"Timey" dialoqu.
Əlyazmadan səhifə.
XI əsr.





Poseydon, Apollon və Artemida. Parfenonun şərqi frizində barelyef. Təxminən e.ə. 440-cı il.

həndəsi cismə çevrilə bilməz. Ona görə də ən az hərəkətsiz və ən möhkəm element olan torpağa Platon kub formasını aid etdi. Üzlərinin sayı az olan şey daha mütəhərrikdir. Deməli, oda – tetraedr, havaya – oktaedr, suya isə ikosaedr uyğundur. Buradan belə çıxır ki, od havadan, hava da sudan yüngüldür. Dodekaedr xüsusi göy substansiyasının zərrəciklərinə – efirə uyğundur.

Platon elementlərin zərrəciklərini üçbucaqlılardan qurdu ki, bu üçbucaqlar da, sanki, lövhəyəbənzər atomlardır. Tetraedrin, oktaedrin və ikosaedrin üzləri uyğun olaraq 24, 48 və 120 düzbucaqlı atomar üçbucaqlara malikdir. Torpağabənzər cisimlər, üzlərinə başqa növ düzbucaqlı üçbucaqlılar daxil olan kubik zərrəciklərdən ibarət olduğu üçün, bu zərrəciklər çevrilmələrdə iştirak edə bilməz. Torpağabənzər cisimlərin əriməsinə aid təcrübələri filosof onunla izah edirdi ki, kubik zərrəciklər onların arasına nüfuz edən od tetraedrlərinin zərbələri altında müvəqqəti parçalanır. Platon torpağabənzər bərk maddələrin suda həll olunmasını da analoji izah edirdi. O hesab edirdi ki, mayenin ikosaedrləri torpağabənzər cismin kubik zərrəcikləri arasına daxil olur və sanki, onu yuyur.

Bu çevrilmələr o qədər əyani idi ki, Platon hətta dünyada ilk "kimyəvi" tənlik tərtib etdi. Onu belə yazmaq olar:

1 su atomu → 2 hava atomu + + 1 od atomu.

Bu tənliyə aşağıdakı ədədi münasibət uyğundur:

$$120 = 2 \cdot 48 + 24.$$

Üçbucaqlılar və onlardan əmələ gələn çoxüzlülər müxtəlifölçülü ola bilər. Deməli, təbiətdə sonsuz sayda oxşar çoxüzlülər var. Bu, məsələn, odun, işığın və istilik daşıyıcısının – istiliktörədənin bir-birinə yaxın xassələrini izah etməyə imkan verir: onlar arasında gözə çarpan fərqin olmasına baxmayaraq, onların hamısı eyni formalı, lakin müxtəlifölçülü çoxüzlülərdən ibarətdir.

Sonralar bir çox filosoflar Platonun bu nəzəriyyəsini sadələvh və qondarma adlandırdılar. Neoplatonçu Prokl (təxminən 412-485) yazırdı: "Ancaq, ola bilsin ki, pifaqorçular və Platon əşyaların üçbucaqlılardan qurulduğunu mütləq mənada postulat kimi götürmürdülər. Onların bu üsulu ona bənzəyir ki, müxtəlif astronomlar tam əminliyə əsaslanan hipotez qururdular ki, göylərin xüsusiyyətləri bizə göründükləri kimi deyil. Əgər göy cisimlərinin bərabərsürətli dairəvi hərəkəti haqqındakı fərziyyəni əsas götürsək, hadisələri xilas etmək olar. Bunun kimi, pifaqorçular müəyyən prinsipə ən yaxşı uyğunluğuna, oxşarlıq və simmetriya nöqteyi-nəzərindən ən mükəmməlliyinə görə və bir də, onların fikrincə, fiziki hadisələri izah etmək üçün kifayət etdiyinə görə, cisimlərin elementləri kimi bu həndəsi fiqurları qəbul etmişdilər". Bu cür düşüncə tərzi müasir nəzəriyyəçilər üçün də xarakterikdir.

GÖYLƏRƏ HÜCUMDAN YERİN İSTİLA EDİLMƏSİNƏ DOĞRU

Falesdən Platona qədər, yunan mütəfəkkirləri əzəmətli bir təfəkkür instrumentarisi işləyib hazırlamışlar. Platon dünyanın ilkin başlanğıcı probleminə nəzəri hücumun ikiəsrlik dövrünü tamamladı. Bu məsələni həll etmək barbarlar üçün xarakterik olan inamdan möcüzəyə, bütün yunan cəmiyyətinin bünövrəsi ola biləcək sarsılmaz biliyə keçmək demək idi. Qorxunc İran çarları I Dara (e.ə. 522-486-cı illər) və onun oğlu I Kserks (e.ə. 486-465-ci illər) darmadağın edildikdən sonra yunanların heç birində başqaları üzərində öz mədəniyyətlərinin üstünlüyünə şübhə qalmadı. Elə görünürdü ki, bütün nəzəri problemlərin həlli üçün bircə addım lazımdır ki, bunun ardınca da siyasi və sosial stabilliyə nail olunsunlar.

Bu istiqamətdə Platon hamıdan çox irəlilədi, ancaq onun kəşfləri yunan cəmiyyətini fəlakətdən xilas edə bilmədi. Yunanların (açıq müharibədə yunanlara qalib gələ bilməyən) farslar tərəfindən qızışdırılan saysız-hesabsız daxili müharibələrdə qüvvələri parçalandı və onlar, axır ki, öz müstəqilliklərini itirdilər. Platon öz nəzəri təhlili ilə tam bir əsr gecikdi. Bu müddətdə yunanlar öz dünyagörüşlərində yaranan problemləri həll etməyib, mənəvi və siyasi çıxılmaz vəziyyətə düşdülər.

Platon fəlsəfəsi absolyuta, əbədiyyətə və gözəlliyə doğru cəsarətli meyil deməkdir. O, özündən əvvəlki təlimlərin bütün güclü tərəflərini birləşdirərək, mücərrəd həqiqətin axtarış yolunu axıra qədər getdi. Platon sələflərinin uğursuzluqlarını bədii surətdə "ilk naviqasiya", öz fəlsəfəsini isə "ikinci naviqasiya" adlandırırdı. Qədim dəniz səyyahları hava sakitləşəndə avarlarla üzürdülər, bu, məhz ikinci naviqasiya idi. Platona qədər fəlsəfə "küləkləri" hər tərəfdən əsirdi, nəticədə filosofların gəmisi irəli hərəkət etməyərək, o tərəfə-bu tərəfə yırğa-

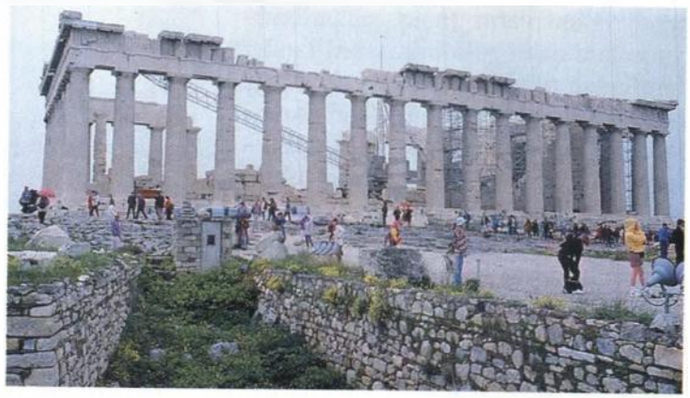
Neoplatonizm – Platonun təlimini sistemləşdirən və Aristotelin, Pifaqorun və başqalarının ideyaları ilə birləşdirən III-VI əsrlərin antik fəlsəfi cərəyanıdır. Neoplatonizmin mərkəzində varlığın vahid və iyerarxik quruluşu haqqında Plotinin (204 və ya 205-269 və ya 270) işləyib hazırladığı və Proklun tamamladığı təlim dayanır.

PLATON. DÜŞKÜNLÜK HƏYATI

Platon gəncliyində Sokratla rastlaşmış və heç bir sətir yazmamış bu filosofun etibarlı tələbəsinə çevrilmiş, onu öz dialoqlarında şöhrətləndirmişdir. Afina üçün, həm də bütün Yunanıstan üçün Peloponnes müharibəsinin – qardaş qırğınının (e.ə. 431-404-cü illər) ağır dövrü idi. 20 ildən çox davam edən bu müharibə Eqospotam çayının mənsəbində Afina donanmasının məğlubiyyətilə başa çatdı. Bu həmin çay idi ki, onun mənsəbi yaxınlığına 62 il ondan öncə Anaksaqorun vaxtında məşhur meteorit düşmüşdü. Afinanın təslim olmasından sonra spartalılar orada demokratiyanı ləğv etdilər və hakimiyyətə başda Sokratın tələbələrindən biri olmuş Kritiye olmaqla "otuz tiran" hökumətini gətirdilər. Vətəndaş müharibəsindən sonra tezliklə demokratiyanı bərpa etdilər, ancaq Kritiye Sokratdan şübhələndi: beş il sonra tezliklə o, allahların nüfuzuna qeyri-loyallıq göstərdiyinə görə ittiham olundu və edam edildi.

Müəlliminin ölümündən sarsılan Platon Afinanı uzun müddətə tərk etdi. Cənubi İtaliyada o, pifaqorçu, məşhur riyaziyyatçı və astronom Tarentli Arxit (e.ə. təxminən 428-365) ilə dostlaşdı. Arxit bir neçə dəfə Tarentin hökmdarı seçilmişdi. Belə məlumat var ki, Platon qocalmış Filolaya da baş çəkmiş və onun kitablarını əldə etmişdir (ona görə çox ehtimal ki, Platonun tələbəsi Aristotelin onlardan xəbəri olmuşdur). Öz səfərlərinin sonunda 40 yaşlı Platon Sirakuz hökmdarı Böyük Dionisinin sarayına düşdü. O, nə ilə isə tiranı qəzəbləndirmiş və o da filosofu Egin adasına aparmağı əmr etmişdi. O dövrdə afinalılarla döyüşmüş Egində belə bir qanun qəbul edilmişdi ki, ayağı onların torpağına dəyən hər bir afinalını qula çevirsinlər. Lakin Platon artıq kifayət qədər məşhur idi və onun pərəstişkarlarından biri filosofu satın alıb azadlığa buraxdı. Afinalı dostları da satın almaq üçün lazım olan pulu toplayıb Platona verdilər. Bu pula Afinanın ətrafında torpaq sahəsi aldılar. Platon burada özünün məşhur məktəbini təsis etdi. Həmin yer qəhrəman Akademin şərəfinə Akademiya adlandırıldı. Məktəbi də bu cür adlandırmağa başladılar.

Platon daha iki dəfə Sirakuzda oldu. Onu ora vəfat etmiş Böyük Dionisi əvəz edən Kiçik Dionis təkidlə dəvət etmişdi. Ancaq hər dəfə məsələ dava-dalaşla və təqiblərlə qurtardı, lakin axırıncı səfər zamanı 60 yaşlı filosofu qisasdan Arxit xilas etmişdi.



Parfenon. Afina.

lanırdı. Platon fərz edirdi ki, onun təklif etdiyi "avarlarla gediş" fəlsəfəni ölü nöqtədən çıxardı. Ancaq nəticə məyusedici oldu: qəti surətdə aydın oldu ki, dünyanın bütövlüyü yalnız mifologiyanın köməyilə ifadə oluna bilər. Ağlabatan mif – insan zəkasının qüdrətinin həddi, bax budur! "Müdriklikseverlər" bunamı cəhd edirdilər? Yox, əksinə, onlar ağlın hüququnu israr edərək, mifologiyaya qarşı çıxırdılar. Beləliklə, yunan elmi fikri platonizmin timsalında öz-özünün inkarına gəlib çıxdı.

Bu, dövlət haqqındakı təlimdə özünü xüsusilə aydın büruzə verdi. Əgər adamlardan asılı olmadan absolyut – ən yüksək kosmik xoşbəxtlik mövcuddursa, onda hər şey, o cümlədən dövlət həyatı da ona tərəf yönəlməlidir. Buradan Platon böyük kazarmaya çox bənzəyən "ideal dövlət" mənzərəsini çıxardı. Bu, bir çoxlarında nifrət oyatdı. Lakin başlıcası bu idi ki, polislərin – şəhər-dövlətlərin utopik islah edilməsi yunan dünyasının problemlərini həll edə bilmədi.

Platonun dövründə yunan cəmiyyəti Falesin dövründəki kimi deyildi. Yalnız barbarla (varvarlar) yenilməz və indiyədək görünməmiş müharibə yunanları çıxılmaz vəziyyətdən qurtara bilərdi. Belə şəraitdə platonizm ideologiya kimi köhnəlmişdi. Deməli, həqiqəti axtarmaq yox, əksinə, artıq əldə olunmuş həqiqətin zirvəsindən dünyaya baxmaq və onu istila etmək lazım idi. Zaman praktik fəaliyyətə, biliyin dərinləşməsinə yox, genişlənməsinə yönələn yeni fəlsəfə tələb edirdi. Həqiqət axtarışları ilə dolu dialoq yox, onun şərhi verilmiş elmi əsər – yunan cəmiyyətinin, bax, buna ehtiyacı var idi. Bütün aporiyaları "xalça altında gizlətmək", bütün yığılıb qalmış suallara qəti cavab tapmaq və cəmiyyətin həyatının əsası kimi elmlər sistemi yaratmaq lazım idi.

Platondan sonra elm başqa stratejı istiqamətdə inkişaf etməli idi. Çıxış yolunu onun ən istedadlı tələbəsi olan Aristotel tapa bildi. O, dünyaya "yuxarıdan aşağı" baxışdan imtina etdi və onu "aşağıdan yuxarı" baxışla – nəzəriyyədən əşyalara tərəf yox, əşyalardan nəzəriyyəyə tərəf olan baxışla əvəz etdi. Sırf abstrakt mühakimələr dövrü keçdi, dəqiq müəyyən olunmuş faktlara söykənmək lazım idi ki, onlardan da heç birinə etinasızlıq etmək olmazdı. Bir tərəfdən faktlar, digər tərəfdən məntiq – yalnız onların birləşməsi təbiət haqqında dəqiq bilik verə bilərdi.

Platon parlaq surətdə sübut etdi ki, fizika bir elm kimi mümkün deyil (axı ağlabatan miflə elm başqa-başqa şeylərdir). "Platon dostumdur, lakin həqiqət əzizdir" – bu sözlər, rəvayətə görə, Aristotelə – fizika elmini yaratmış və demək olar ki, bütün fizikləri, az qala, 2 minilliyə barışdırmış insana məxsusdur.

Aristotel fizikası Kosmosa, insana və cəmiyyətə vahid baxışda şərəfli yer tuturdu. Onun böyük tələbəsi Makedoniyalı İskəndər yunanları qüvvə ilə birləşdirərək və oykumeni istila edərək, dünyaya yalnız qılınc yox, nə isə daha çox şey – bütöv və aydın bir dünyagörüşü təklif edə bildi.

Qədim yunanların təsəvvürlərinə görə, Oykumen qurunun məskun hissəsidir. O, şimal hissəsindən başqa bütün Avropanı, Kiçik və Ön Asiyanı, Şimali Afrikanı və Hindistanı əhatə edirdi.

STAGİRLİ ARİSTOTEL

İdeyaları antik dövrdən Yeni dövrə qədər bütün Avropa elminin inkişaf istiqamətini müəyyən etmiş alim – Aristotel (e.ə. 384-322) Makedoniya ilə sərhədin yaxınlığında yerləşən Stagir şəhərində doğulmuşdur. Deyilənlərə görə, filosofun nəsli öz başlanğıcını tibbin himayədarı olan Asklepiya allahının oğlu Apollondan götürür. Onların ailəsində həkimlik sənəti nəsildən-nəslə ötürülürdü. Homer "İliada"da Aristotelin ulu babası, yunan ordusunda ən yaxşı həkim sayılan (o, troyalılar tərəfindən yaralanmış Afina çarı Menelayı sağaltmışdı) Mahaonun adını çəkir. Öz dövrünün ən yaxşı həkimlərindən biri, Aristotelin atası Nikomah Makedoniya çarı III Amintanın dostu və saray həkimi olmuşdur. Aristotel də yaxşı həkim sayılırdı, lakin onun nailiyyətləri başqa elmlərdə olduqca böyükdür. Yalnız təfəkkürə yox, həm də təcrübəyə əsaslanan yeni idrak sisteminin yaradıcısı kimi o, elmi təfəkkürün qaydalarını və kateqoriyalarını, tədqiqat və isbatetmə metodlarını işləyib hazırlamışdır. Filosof o dövrə qədər bəşəriyyətin topladığı bütün biliklər çoxluğunu əhatə edərək, onları fizika da daxil olmaqla, çoxlu yeni elmlərə böldü. Hesab olunur ki, öz nəhəng kitabxanasındakı kitabların kataloqunu da ilk dəfə Aristotel tərtib etmişdir.



GƏNCLİK İLLƏRİ

Aristotelin uşaqlığı III Amintanın sarayında keçmişdir; o, çarın oğlu Filipplə – Makedoniya imperiyasının gələcək banisi və Böyük İskəndərin atası ilə dostluq etmişdir. Burada Aristotel zadəgan adətlərinə yiyələnmiş və onları bütün ömrü boyu qoruyub saxlamışdır. Çox da yaxşı xarici görünüşə malik olmayan filosof (o qısa boylu, arıq, yaxından görən idi və fısıldayırdı) özünə fikir verirdi: həmişə gözəl geyinər, saçlarını qəşəng darayardı və barmaqlarında üzüklər gəzdirərdi. Sadəcə desək, sanki, payız bülbülü idi.

Yəqin ki, oğlunun nüfuzlu saray həkimi vəzifəsinə varis olmasını arzu edərək, məhz atası ona həkimliyin və təbiətşünaslığın ilk dərslərini vermişdir. Aristotelin 15 yaşı olanda Nikomah ölmüş, cavan oğlanı onun qohumu Proksen öz himayəsinə götürmüşdür. Bu məqsədlə Proksen Miziidən Stagirə gəlmişdir. Gələcək filosofa atasından xeyli var-dövlət və yəqin ki, zəngin kitabxana qalmışdı. Bunun sayəsində o, öz bacarığını inkişaf etdirə bilmişdir. O dövrdə əlyazmalar çox baha idi, lakin Proksen, onların qiymətinə baxmadan, gənc üçün ən bahalı əsərləri satın alırdı. Beləliklə, Aristotel hələ gənc ikən çox oxumağa adət etmişdi ki, bu da həmin vaxtlar çox nadir hadisə idi.

Aristotel 17 yaşında təhsilini davam etdirmək üçün Afinaya yola düşdü.



Aristotel.
Qravüra. XVII əsr.

Attika – qədim dövrlərdə Mərkəzi Yunanıstanda vilayət.

Baxmayaraq ki, şəhərin çiçəklənməsinin ən qızğın dövrü artıq keçib getmişdi və Attikanın zəifləmiş demokratiyası öz yerini Makedoniya yarıbarbar monarxiyasının kobud qüvvəsinə vermişdi, lakin əvvəlki kimi Afina haqlı olaraq Yunanıstanın elm və mədəniyyət mərkəzi sayılırdı. Burada heykəl və məbədlərlə bəzədilmiş ictimai bağda Platon tərəfindən əsası qoyulmuş və dünyada ilk fəlsəfə məktəbi – məşhur Afina Akademiyası yerləşirdi. Gənc adam öz gələcək müəllimini Afinada tapa bilmədi, çünki o, Misirə, İtaliyaya, Siciliyaya və Kirenə səfərə çıxmışdı. Akademiyanın başçısı vəzifəsində onu Knidli Evdoks (e.ə. təxminən 408 – təxminən 355) əvəz edirdi. Lakin Aristotel Afinada filosofun xeyli tələbələrini tapmışdı və Platonun gəlişinə qədər onun təliminin əsas müddəaları ilə artıq yaxşı tanış olmuşdu.



Aristotel.
Qravüra. XVI əsr.

ARİSTOTEL VƏ PLATON

Öz istedadı sayəsində Aristotel tez bir zamanda Afina Akademiyasının ən parlaq yetişdirməsi oldu. Platon deyirdi: "Aristotel mənim məktəbimin canıdır". Akademiyanın başçısı onu sevimli tələbəsi Ksenokratla müqayisə edərək, təkrar etməyi sevirdi: "Birinə yüyən, digərinə mahmız lazımdır". Bununla Platon ona işarə vururdu ki, Aristotelin qabiliyyətə və biliyə meyli o qədər güclüdür ki, gəncin qabağını almaq lazımdır. Görünür, tez inkişaf etmiş istedada hətta Platon kimi dahinin təliminin çərçivəsi tezliklə dar gəldi və Aristotel özünün fəlsəfi konsepsiyasını yaratmağa başladı. Çox vaxt onun baxışları müəlliminin baxışları ilə üst-üstə düşmürdü və əlbəttə, iki dahi öz aralarında dəfələrlə qızğın mübahisə edirdi. Aşağıdakı kəlamı Platona aid edirlər: "Aristotel mənə təpik atır, südəmər dayça öz anasına təpik atan kimi". Bu, qədim dövrün iki ən böyük filosofu arasında güclü ədavətin olması haqqında şayiənin yaranmasına səbəb oldu. Lakin onların nə vaxtsa bir-birini qarşılıqlı təhqir etmək dərəcəsinə qədər enməsi az ehtimallıdır. Baxmayaraq ki, Aristotel əsərlərində tez-tez müəllimi ilə mübahisə etmişdir, böyük Stagirli Platonun şəxsiyyəti haqqında həmişə dərin hörmətlə fikir söyləmişdir. Misal üçün, "Evdem və ya Can haqqında" dialoqunda Platonu nəzərdə tutaraq Aristotel deyir: "Səfeh adamın onun haqqında hətta danışmağa da hüququ yoxdur".

Akademiyada olduğu müddətdə Aristotelin yaratdığı işlər geniş şöhrət tapdı və ona ən bilikli müasirlərinin layiqli hörmətini qazandırdı. Məsələn, Roma yazıçısı Avl Helliy (təxminən 130-?) "Attika gecələri" əsərində çar II Filippin oğlu İskəndərin doğulmasından sonra filosofa göndərdiyi məktubun mətnini vermişdir: "Filipp Aristotelə salam göndərir. Bil, mənim oğlum oldu. Əlbəttə ki, mən allaha şükür edirəm, ən çox ona görə yox ki, o doğulmuşdur, ona görə ki, onun dünyaya gəlişi sənin həyatına təsadüf

ARİSTOTEL SUALLARA CAVAB VERİR

– Yalan danışmağın insanlara nə xeyri var?
– *O xeyir ki, hətta onlar düz danışanda da onlara inanmırlar...*
– Nə üçün pis xasiyyətli adama sədəqə verirsən?
– *Mən xasiyyətə yox, adama sədəqə verirəm.*
– Nə tez köhnəlir?
– *Minnətdarlıq.*
– Ümid nədir?
– *Ayıqlıqda gördüyün yuxu.*
– Tərbiyə nədir?
– *Xoşbəxtlikdə – zinət, bədbəxtlikdə – sığınacaq.*
– Dost nədir?
– *İki bədəndə bir can.*
– Fəlsəfənin nə faydası var?
– *Başqalarının qanun qarşısında qorxa-qorxa elədiklərini filosof olduqdan sonra könüllü etməyə başlayırsan.*
– Tələbələr necə müvəffəqiyyət qazana bilər?
– *İrəlidə gedənlərə çatmaqla, geridə qalanları isə gözləməməklə.*

etdi. Axı mən ümid edirəm ki, səndən tərbiyə və dərs alaraq, o həm bizə, həm də bizim işləri öz üzərinə götürməyə layiq olacaqdır".

Qəribədir ki, Yunanıstanda barbar dövlət sayılan Makedoniyanın çarı Aristotel dühasını layiqincə qiymətləndirə bilmişdi, axı Makedoniyada, ənənəvi olaraq, fəlsəfəyə yox, daha çox hərbi sənətə pərəstiş edirdilər. Eyni zamanda şimali Aralıq dənizinin mədəniyyət və elm mərkəzi olan Afinada alim hətta vətəndaşlıq da ala bilməmiş və axıra qədər şəhərin siyasi həyatında iştirak etmək hüququ olmayan "metek" – əcnəbi hesab olunmuşdur.

Afina Akademiyasında Aristotel 20 il – öz müəlliminin vəfatına qədər yaşadı. Sonra Akademiyaya Spevsipp başçılıq etdi. Diogen Laertski onun haqqında aşağıdakıları yazmışdır: "O, Platonun ehkamlarına dəqiq əməl edirdi, ancaq onun xasiyyəti başqa idi – qəzəbli və kef düşkünü idi." Bununla bərabər Spevsipp müəllimi və qohumu Platondan fərqli olaraq təhsil üçün pul götürməyə başladı. Görünür, həmin vaxtda Platon fəlsəfəsindən ümidini üzmüş Aristotel Akademiyada qalmaq istəmədi və tamamilə haqlı hesab edirdi ki, onun yeni rəhbəri onların ümumi müəlliminin nə müdrikliyinə, nə də istedadına malik deyildir. Filosof Ksenokratla birlikdə öz qohumu, Platonun keçmiş tələbəsi və Kiçik Asiya sahillərində yunan müstəmləkəsinin Atarney şəhərinin tiranı Hermiyin yanına gəldi. Burada Aristotel Hermiyin qardaşı qızı Pifiada ilə evləndi və onların qızı oldu. Lakin Pifiada tez öldü, sonra o ikinci dəfə öz kənizi Herpillidə ilə evləndi. O, oğlan doğdu. Aristotel oğlunun adını öz atasının şərəfinə Nikomah qoydu.

Aristotelin hökmdar Atarneyin sarayındakı üçillik həyatı qəflətən və faciəli surətdə başa çatdı. E.ə. 345-ci ildə Hermiy aldadılaraq ələ keçirilmiş və İran çarı III Artakserksin əmri ilə tezliklə edam olunmuşdur. Farslar tezliklə şəhəri tutdular, filosoflar isə qaçmaqla canlarını qurtardılar.

Ksenokrat Afinaya qayıtdı və burada Spevsippdən sonra Akademiyanın başçısı oldu, Aristotel isə özünün ən məşhur tələbəsi olan Teofrastın yanına, Lesbos adasına, Mitilen şəhərinə köçdü.

ARİSTOTEL VƏ İSKƏNDƏR

Atarneydən qaçdıqdan bir az sonra, e.ə. 343-cü ildə, filosof çar II Filippdən 13 yaşı tamam olmuş İskəndərin müəllimi olmaq üçün dəvət alır. Tarixçi Plutarx "Müqayisəli tərcümeyi-hallar"da nəql edir ki, Filipp oğluna təhsil verdiyinə görə təşəkkür əlaməti olaraq afinalılarla müharibədə Aristotelin dağılmış doğma şəhəri Stagiri bərpa etdi, qaçmış və ya köləolmuş stagirliləri ora geri qaytardı.

Çar Filipp Aristotelə və İskəndərə məşğələlər və söhbətlər aparmaq üçün Makedoniya kəndi Mieza yaxınlığında nimfalara həsr olunmuş bir kiçik meşəlik ayırdı. Plutarxın sözlərinə görə, İskəndər təkcə əxlaq və dövlət haqqındakı təlimlərə yox, həm də filosofların "şifahi" və "gizli" adlandırdıqları daha dərin, sirli biliklərə də yiyələndi. Bir çox illərdən sonra İskəndər Asiyada olarkən Aristotelin bu təlimlərdən bəzilərini kitablarda çap etdiyini bildi və ona belə bir məktub yazdı: "İskəndər Aristotelə xoşbəxtlik arzu edir. Sən yalnız şifahi tədris üçün nəzərdə tutulmuş təlimi nəşr etməklə düz iş görməmisən. Əgər bizim tərbiyəmizdə istifadə olunan həmin təlimlər ümumi əmlaka çevrilirsə, onda bəs biz qalan insanlardan nə ilə fərqlənəcəyik? Mən başqalarından daha çox gücümə görə yox, ali materiya

Tiran (qədim Yunanıstanda və orta əsrlərdə İtaliyanın bəzi şəhər-dövlətlərində) – hakimiyyəti zorla ələ keçirən adam.

Aristotel və İskəndər.



haqqındakı biliklərimə görə üstün olmaq istəyirəm. Salamat qalın".

Şübhəsiz ki, Aristotel gənc İskəndərin şəxsiyyətinə böyük təsir etmişdir. Buna həm də o kömək etmişdir ki, gələcək çar heç vaxt idman və hərbi məşqlərə böyük maraq göstərmirdi, fəlsəfəni və ədəbiyyatı öyrənməyi onlardan üstün tuturdu. Misal üçün, filosofun düzəliş verdiyi və "Mücrüdən İliada" adı ilə məşhur olan Homerin "İliada" kitabını o həmişə xəncərlə birlikdə yastığının altında saxlayırdı. Ehtimal ki, gəncdə tibbə marağı məhz Aristotel oyatmışdır – İskəndər yaxşı həkim sayılırdı və yürüşlərdə çox vaxt öz zabitlərinə tibbi məsləhətlər verirdi.

Tezliklə Aristotel çar qəyyumluğunda olan İskəndərin tərbiyəsini dayandırmalı oldu: daim hərbi yürüşlərdə olan II Filipp Makedoniyanı effektiv idarə edə bilmirdi və İskəndər faktiki olaraq taxt-tacda atasını əvəz etməli olurdu. Lakin daha dörd il ərzində Aristotel ona böyük ehtiramla yanaşan gənc hökmdarın yanında qaldı. Hökmdar öz müəlliminə çara uyğun şəkildə təşəkkür etdi. Roma yazıçısı və alimi Böyük Plini (23 və ya 24-79) yazmışdı ki, İskəndər çar olandan sonra alimə kömək məqsədilə bir neçə min adam ayırdı. Yəqin ki, bu adamlar İskəndərin zəbt etdiyi ölkələrdə heyvanları tutur, öyrənir və təsvir edirdilər. Onların topladığı məlumatlar Aristotelin məşhur "Heyvanların tarixi" və "Heyvanların hissələri haqqında" yazılmış traktatlarının əsasında durdu.

İstisna deyildir ki, Aristotel nəinki yalnız materialları öz qohumu Kallisfenin vasitəsilə əldə edirmiş, həm də özü İskəndərin Hindistana yürüşündə iştirak etmişdir – hind filinin xarici və daxili quruluşu elə gözəl və dəqiq təsvir olunmuşdur ki, bu, ancaq Aristotelin özünə məxsus ola bilər. Sonralar Makedoniya çarı "Heyvanların tarixi" əsərinin yaradılmasına çəkilən xərcləri ödəmək üçün Aristotelə o dövrlər üçün çox böyük məbləğ olan 800 talant təklif etdi. Bu işdə Aristotel heyvanların təsnifatını təklif etmişdir ki, bu da XVIII əsrdə – İsveç təbiətşünası Karl Linney öz sistemini yaradana qədər – Avropa elmində hamı tərəfindən qəbul olunmuşdu.

E.ə. 335-ci ildə Aristotel Afinaya qayıtdı, filosof İskəndərə müəllim kimi öz qohumu Kallisfeni məsləhət gördü. Lakin tezliklə axırıncının çarla münasibəti kəskin pisləşdi. Böyük yunan şəhərlərindən biri olan Fiv yerlə yeksan edildikdən, onun sakinləri kölə kimi satıldıqdan, afinalılar isə qalibə qeyd-şərtsiz təslim olduqdan sonra bütün Yunanıstan gənc hökmdarın hakimiyyəti altına düşdü. İskəndər getdikcə daha çox Şərq zülmkarına bənzəyirdi. Kallisfen İskəndərin xasiyyətindəki dəyişiklərə mənfi münasibətini gizlətmirdi. O lovğa olmuşdu, etirazlara dözmürdü və tez qəzəblənirdi.

Saray adamları isə hökmdarla onun yaxın ətrafı arasında barbar Makedoniya üçün ənənəvi olan münasibətlərə öyrəşmişdilər.

Kallisfen deyəndə ki, İskəndər qələbələrini öz ordusunun qəhrəmanlığı hesabına yox, yunan şəhərləri arasındakı düşmənçilik hesabına qazanmışdır, onun taleyi həll olundu. O həm də əlavə etmişdi: "Çəkişmələrdə çox vaxt qismət yaramazın bəxtinə düşür". Aristotel ehtiyatsız qohumuna ümidsizliklə yazmışdı: "Ey mənim oğlum, dediyinin üstündə səni tezliklə öldürəcəklər". İskəndərə qarşı suiqəsddə iştirakına görə Kallisfenə ittiham irəli sürüb onu edam etdilər, hökmdarın dahi müəllimi Aristotel ilə münasibəti tamam kəsildi. Məlumdur ki, Makedoniya çarı dəfələrlə filosof haqqında nifrətlə fikir söyləmişdir. Aristotel də eyni cür onun cavabını verirdi. Hətta mövcud rəvayətə görə, guya Aristotelin məsləhəti ilə Böyük İskəndər öz sərkərdəsi Antipatr tərəfindən zəhərlənmişdir.

YENİ MƏKTƏB

Afinaya qayıdan Aristotel o vaxt Ksenokratın başçılıq etdiyi Akademiyaya yaxınlaşmadı. "Madam ki, Ksenokrat boşboğazlıq edir, susmaq rüsvayçılıqdır!" deyərək, o, özünün fəlsəfə məktəbinin (e.ə. 335-ci ildə) əsasını qoydu və onu Akademiyanın əks tərəfində şəhərin qurtaracağında, Likeyli Apollona həsr olunmuş meşəlikdə yerləşdirdi. Buradan da məktəb Likey adını aldı.

Burada peripatetiklərin məşhur məktəbi yarandı və tezliklə Aralıq dənizi hövzəsində ən nüfuzlu fəlsəfi məktəblərdən birinə çevrildi. "Peripatetik" adı yunan sözü "peripatetikos"-dan əmələ gəlib və "gəzib-dolanmaq" mənasını verir. Məlumdur ki, Aristotelin Likeyin həyətində gəzə-gəzə dərs demək adəti var idi. Başqa rəvayət də mövcuddur: Makedoniyada filosof xəstəlikdən hələ sağalmamış İskəndərin sağlamlığı qayğısına qalaraq, ona çox oturmağa icazə verməmiş və sarayın divarları xaricində öz tələbəsi ilə gəzişərək ona dərs demişdir.

Aristotel fəlsəfi bilikləri praktik (etika, siyasət, ritorika, iqtisadiyyat, poetika) və nəzəri (riyaziyyat, fizika, metafizika) biliklərə bölərək sistemləşdirmişdir. Aristotelin öz çoxsaylı tələbələrinə oxuduğu mühazirələri də iki növə ayrılırdı: elmi (ezoterik) və kütləvi (akromatik) mühazirələr. Birincilər təhsil almış tələbələr üçün nəzərdə tutulmuşdu və səhərlər aparılırdı. İkincilər geniş oxucu kütləsi üçün nəzərdə tutulmuşdu və günorta yeməyindən sonra aparılırdı.

E.ə. 323-cü ildə Böyük İskəndər öldü. Bu hadisə, adı Makedoniya çar sarayı ilə qırılmaz bağlı olan Aristotel üçün faciəyə çevrildi. Antimakedoniya partiyasının tərəfdarları filosofu təqib etməyə başladılar və tez bir zamanda onu allahsızlıq üstündə məhkəməyə cəlb etdilər. Onun mərhum Hermiyə və özünün birinci arvadı Pifiadaya həsr etdiyi himn rəsmi bəhanə oldu. Aristoteli onda günahlandırırdılar ki, o, yalnız Apollon və bərəkət ilahəsi Demetrə üçün nəzərdə tutulmuş ehtiramı onlara göstərmişdir. Filosof prosesin ədalətsiz olacağını başa düşərək, Evbey adasındakı Halkidə – anasının vətəninə qaçdı. Daha sonra Afina məhkəməsinin Sokratın edamı haqqındakı hökmünə işarə edərək, o demişdi: "Mən istəmirəm ki, afinalılar fəlsəfəyə qarşı daha bir cinayət etsinlər".



Talant (*yun.* "talanton" – "tərəzi", "çəki") Qədim Yunanıstan, Misir, Babilistan və Kiçik Asiyanın bəzi vilayətlərində ən böyük çəki və pul hesabı vahididir.

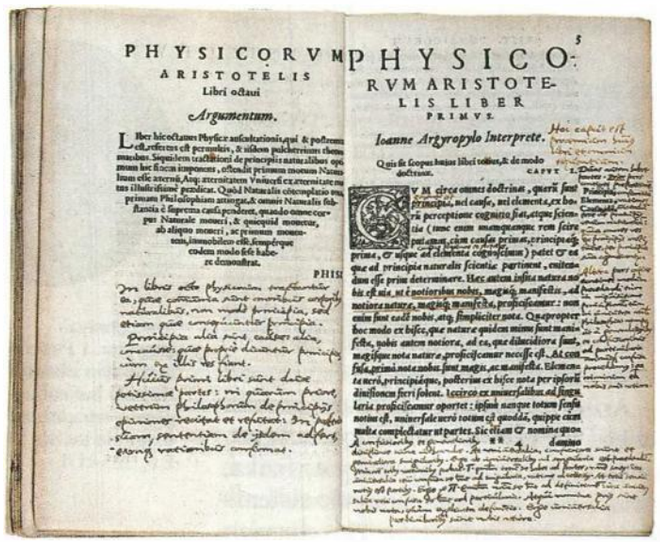


Makedoniyalı İskəndər. I Ptolemey tərəfindən İskəndəriyyədə buraxılmış gümüş tetradirhəm üzərində təsvir. E.ə. 305-ci il.

Antipatr – Makedoniyalı İskəndərin sərkərdəsidir.

Makedoniyalı İskəndər. Sikkə üzərində təsvir. Ellinizm dövrü.




PHYSICORVM ARISTOTELIS Libri octaui

Argumentum.

PHYSICO-RVM ARISTOTELIS LIBER PRIMVS.

Ioanne Argyropylo Interprete.

Aristotelin "Fizika haqqında" traktatı. Səhifələrin kənarında qədim yunan və latın dillərində əlyazma qeydlər vardır. Lion, Fransa, 1557-ci il.

Bir ildən sonra Halkiddə 62 yaşında, qohumlarının və çoxsaylı tələbələrinin əhatəsində Qədim dünyanın ən böyük alimlərindən biri, ömrü boyu onu incidən mədə yarasından vəfat etdi. Peripatetiklərin məktəbinə Aristotelin sevimli tələbəsi Teofrast başçılıq etdi.

Filosofun bizə çatan vəsiyyətindən görünür ki, o, qohumlarına və dostlarına çox mehriban münasibət göstərmişdir: Aristotel özünün böyük ailəsinin bütün üzvlərinin istisnasız olaraq qayğısına qalmışdır. Quldarlığın tərəfdarı olmaqla yanaşı, o, qullarla yumşaq rəftar etməyə çağırırdı. Filosof əmr etmişdi ki, ölümündən sonra özünün bəzi qulluqçularını və qullarını çoxluca mükafatlandırıb azad etsinlər.

ARİSTOTELİN ELMİ İRSİNİN TALEYİ

Diogen Laertskinin dediyinə görə, Aristotelin qələminə – stilosuna ("qədim yunanların mum sürtülmüş lövhədə yazmaq üçün işlətdikləri çubuqcuq") 350-yə yaxın əsər və Böyük İskəndərə, II Filippə, Antipatra, filosof Demokritə və b. yazılmış 14 kitabməktub məxsusdur. Aristotel əsərlərində təbiətşünaslığın və mədəniyyətin siyasətdən tibbə qədər, meteorologiyadan poeziyaya qədər ən müxtəlif məsələlərinə baxmışdır. Onların dörddə birinə qədəri bizə gəlib çatmışdır; Platon Akademiyasında yaratdığı ilk işlərindən tamamilə heç nə qalmamışdır.

Yaradıcılığı dünya elm və mədəniyyətinə bu cür təsir etmiş başqa bir alim tapmaq çətindir. Müxtəlif şərhçilər tərəfindən güclü təhrif edilmiş və əvvəlcə peripatetiklər, sonra isə Avropa ruhaniləri tərəfindən ölü doqmalara çevrilmiş Aristotel ideyaları Avropada və Ərəb dünyasında təbiətşünaslığın, demək olar ki, iki minillik inkişafını müəyyən etmişdir. Sonralar onun təlimi, ola bilsin ki, heç də həmişə əsaslandırılmadan kəskin tənqidə məruz qaldı. Məsələn, məşhur ingilis filosofu Frensis Bekon (1561-1626) demişdir: "Osmanlı sultanları öz qardaşlarını məhv etdikləri kimi, Aristotel fəlsəfəsi qalan fəlsəfələri polemik təkziblərlə məhv etdi". Həmçinin "Aristotel fizikasında dialektik sözlərin səslənməsindən başqa heç nə yoxdur". Hələ bunlar onun ünvanına deyilmiş heç də ən kobud sözlər deyil.

Burası da var ki, oxşar hadisə bu və ya digər dərəcədə, Nyuton və Eynşteyn də daxil olmaqla, praktik olaraq bütün böyük alimlərin başına gəlmişdir. Lakin yəqin ki, heç kəs böyük Stagirli qədər qızğın müdafiə olunmamış və həmçinin amansızcasına tənqidə məruz qalmamışdır. Sözsüz, bu, bütün dünya elmi təfəkküründə qədim yunan filosofunun çox böyük təsirinin parlaq sübutudur. Belə bir fakt şübhə altına alınmamalıdır ki, əgər Aristotel olmasaydı, ümumiyyətlə elm, o cümlədən fizika hazırda başqa cür olardı. Bu yaxşıdır, ya pis? Çox güman ki, bu sual həmişəlik açıq qalacaqdır.

DÜNYANIN İLK FİZİKİ MƏNZƏRƏSİ

Aristotelin dövrünə qədər mühüm dünyagörüşü problemlərinin mübahisə doğuran həllər çoxluğu toplanmışdı və dünyanın hamı tərəfindən qəbul edilmiş mənzərəsi yox idi. Levkipp və Demokrit təliminin tərəfdarları olan atomistlərin hökm etdikləri kimi, boşluq mövcuddurmu və Kainat sonsuzdurmu? Yerin hərəkətdə olduğunu hesab edən pifaqorçu Filolay haqlı idimi? Kosmos əbədi mövcud olmuşdur, yoxsa Falesin və Platonun fərz etdikləri kimi, nə vaxtsa yaranmışdır? Efesli Heraklitin dediyi kimi, təbiəti ziddiyyətlər əsasında izah etmək mümkündürmü? Pontiyli Heraklitin hökm etdiyi kimi, Yer öz oxu ətrafında fırlanırmı? Platonun öyrətdiyi kimi, hisslə qavranılan şeylər ideal mahiyyətlərin, yalnız kölgələri – ideyalarıdır (eydoslarıdır), yoxsa şeylərdən ayrı ideyalar aləmi yoxdur?

Bu və digər bir çox məsələlər qızğın müzakirə olunurdu, lakin uzunuzadı mübahisələr heç bir razılığa gətirib çıxarmırdı. Hər şeydən əvvəl onu aydınlaşdırmaq lazım idi ki, bilik, ümumiyyətlə, necə yaranır, elm nədir, onun vəzifələri hansılardır, şeylərin dəyişkənliyinin və dəyişməzliyinin səbəbləri nədən ibarətdir, idrakın məqsədləri hansılardır. Fəlsəfənin və elmin belə çox vacib problemlərinin kompleks və universal həlli tələb olunurdu. Dünya elm və mədəniyyət tarixinə ən universal bir mütəfəkkir kimi daxil olmuş Aristotel məhz bu problemlərin həllinə girişdi.



O, həmin dövrdə antik elmin ibarət olduğu bir-birinə zidd fikirlər xaosunu, külli miqdarda nizamsız ziddiyyətlər çoxluğunu araşdırmağı öz qarşısına məqsəd qoydu. Etiraf etmək lazımdır ki, Aristotelin dövründə elə bir fakt (dəniz qabarmalarından başqa) olmamışdır ki, o, həmin faktın elmi izahını verməmiş olsun. Lakin nə qədər paradoksal olsa da, demək olar ki, Aristotelin elə bir elmi fikri yoxdur ki, sonralar həmin fikir təkzib olunmasın, ya da şübhə doğurmasın.

ARİSTOTEL FİZİKASININ LEHİNƏ VƏ ƏLEYHİNƏ

Maarifçilik dövrünü hazırlayanlardan biri olmuş fransız yazıçısı və populyarlaşdırıcı alimi Bernar Le Bovye Fontenel 1686-cı ildə yazmışdır: "Qədim dövrə lüzumsuz pərəstiş etmək qədər heç nə tərəqqini ləngitmir, heç nə ağlı son dərəcə kütləşdirmir. Sonrakı nəsillər Aristotelə pərəstiş etdiklərindən və həqiqəti heç vəchlə təbiətin özündə yox, Aristotelin müəmmalı cızma-qaralarında axtardıqlarından fəlsəfə nəinki heç cür inkişaf etməmiş, üstəlik, mənasız sözlər və anlaşılmaz ideyalar bataqlığında batıb qalmışdı. Onun bu bataqlıqdan çıxarılması qlobal dünya səyi hesabına başa gəldi. Aristotel heç vaxt həqiqi filosof olmamışdır, lakin o, imkan verilərdisə, həqiqi filosof ola biləcək bir çox kəsləri

Sokrat səma hadisələrinin hər birinin Allah tərəfindən yarandığını iddia edərək, o hadisələrin öyrənilməsini məsləhət görmürdü. Sokrat düşünürdü ki, o hadisələri dərk etmək insana qismət ola bilməz. Kim ki bu işlərlə məşğul olur, o, ağlını itirməyə risk edir.

əzmişdir. Bəla bundadır ki, əgər bu növ fantaziyalar nə vaxtsa insanlar arasında yaşamaq hüququ qazanırsa, onda bu çox uzun müddət davam edir, insan şüurunun onlardan təmizlənməsi üçün, hətta onların gülünclüyü hamı tərəfindən etiraf edildikdən sonra belə, əsrlər keçir".

Maarifçilik dövründə Aristotelə və onun təbiət haqqındakı təliminə qarşı belə münasibət hamı tərəfindən qəbul edilmişdi. XIX-XX əsrlərdə fizika dərsliklərində, bir qayda olaraq, Aristotel ona görə xatırlanır ki, onun səhvləri üzərində Qaliley-Nyuton mexanikasının əsas prinsipləri tez öyrənilsin.

Qalileo Qaliley yazırdı: "Mən demirəm ki, Aristotelə qulaq asmaq lazım deyildir, əksinə, mən o kəsləri tərifləyirəm ki, ona diqqətlə nəzər salır və onu öyrənir. Mən ancaq Aristotelin təsiri altına düşərək, onu kor-koranə yamsılamaq meylini pisləyirəm".

Doğrudan da, müasir insan, məsələn, Aristotelin aşağıdakı hökmlərini necə anlaya bilər: hava üfüqə bucaq altında atılmış daşın hərəkətinə kömək edir; daha ağır cisimlər daha yüngül cisimlərdən həmişə tez düşür; cismə tətbiq olunmuş xarici qüvvə olmasa, cismin düzxətli bərabərsürətli hərəkəti mümkün deyildir; havanın yuxarı qatları sıxlaşa və bunun nəticəsində elə alışıb yana bilər ki, sanki, ulduzlar düşür... Ümumiyyətlə, Aristotel fizikasında heç olmasa bir dənə də olsa doğru fikir olmuşdurmu?

Təsadüfi deyil ki, bir çox müasir alimlər və tarixçilər Aristoteli fizikanın yalnız xaç atası hesab edirlər ("fizika" terminini məhz o daxil etmişdir), banisi isə yox. Mütəfəkkirin "Fizika", "Səma haqqında", "Yaranış və məhv olma haqqında", "Meteorologika" adlı əsərlərində bəzən elə cəsarətli ümumiləşmələr edilmişdir ki, onlar elmin, ümumiyyətlə, gücü xaricindədir, çünki onlar kifayət qədər təcrübi faktlara söykənmir. (Məsələn, Qaliley hesab edirdi ki, bəşər elmi heç vaxt Kainatın sonlu və ya sonsuz olduğunu müəyyən edə bilməyəcəkdir.) Bu ümumiləşmələr Aristotelə dünyanın bitmiş mənzərəsini yaratmaq üçün



lazım idi. Bu isə fizikanın yox, natural fəlsəfənin xarakterik cəhətidir.

Yeni dövr elminin həll etdiyi məsələlər baxımından Aristotel fizikası tamamilə köməksiz, əhəmiyyətsiz və sadəlövh görünür. Orada o qədər cəfəngiyat aşkar olunur ki, yüz illər boyu Aristotelin təbiət elmində nəhəng avtoritet sayılması anlaşılmaz görünə bilər. Lakin dəqiq müşahidə və ciddi mühakimələrdən doğan bir elm kimi fizikanın əsası məhz Aristotel tərəfindən qoyulmuşdur.

Müşahidə faktlarını və məntiqi nəzərdən atmamağı, onların harmonik birləşməsinə nail olmağı ilk dəfə qəti qərara alan Aristotel olmuşdur. Bu birləşmədə Kosmosun ilahi gözəlliyinin cizgiləri görünməlidir. 17 əsr keçdikdən sonra Nyuton da həmin mənbədən – dünyanın ilahi mahiyyətini anlamaq cəhdindən ilham almışdır. Aristotel qeyd edirdi: "Səma hadisələrinə dair yalnız kifayət sayda müşahidələr əldə etdikdən sonra səma cisimlərinə dair təlimdə sübutlar tapmaq olar. Hər bir digər sənətdə və elmdə də vəziyyət eynilədir". Aristotel çox vaxt opponentlərini, onların nəzəriyyəsinə sığışmayan faktları göstərməklə "vururdu": "Təbiət hadisələrini yaxşı bilənlər ilkin başlanğıclara dair bir çox şeyləri

ELMİN VƏZİFƏSİ NƏDƏN İBARƏTDİR?

Aristotel yazmışdır: "Heyrətlənmə insanları filosofluq etməyə vadar edir. Bütün insanlar təbiətən biliyə can atırlar, həm də "hər hansı fayda xatirinə yox, dərk etmək xatirinə biliyə can atmağa başladılar".

Ən ali bilik müdriklikdir. Ona ancaq Allah yiyələnə bilər, insana isə müdrikliyə yalnız can atmaq qalır və onun qisməti bundan ibarətdir, bununla insan heyvanlardan fərqlənir. İnsanın təbiəti elədir ki, o, həqiqi müdrik olmaqdan çox müdriklik sevən ola bilər, yəni filosof (*yun.* "fileo" – "sevirəm", "sofiya" – "müdriklik") ola bilər. Sokrat isə deyirdi: "Mən bilirəm ki, heç nə bilmirəm" və sonra davam edirdi: "Ancaq bilmək istəyirəm".

Aristotelə görə həqiqi müdriklik, öz-özlüyündə sərvətdir. Ona görə də o biliklər ki, məqsəd daşımır, ancaq qazanc götürməyə xidmət edir, onlar həqiqi müdriklik ola bilməz. Belə çıxır ki, qazanc peyda olan yerdə həqiqi elm qurtarır. Ali bilik və qazanc – "bir-birinə uyuşmayan iki şeydir".

Elmin həqiqətən, heyrətdən başlamasına baxmayaraq, onun məqsədi bilməməzlikdən və deməli, heyrətdən yaxa qurtarmaqdır. İdrak yoluna qədəm qoyan hər kəs addım-addım həqiqi dincliyə – dünya harmoniyasını sakit və dərindən dərk etməyə yaxınlaşır.

Yeni Avropa fəlsəfəsinin baniləri Frensis Bekon və Rene Dekart üçün də heyrət idrakın başlanğıcı olmuşdur. Lakin onlar elmin qarşısında tamamilə başqa məqsədlər qoydular. Bu məqsədlərdən başlıcası – təbiət üzərində hökmranlıq, təbiətin insana tabe edilməsi, təbiətdə olan nəhəng qüvvələri insanların tələbatlarını ödəmək üçün işləyən itaətkar xidmətçiyə çevirmək idi. Məhz praktiki fayda insana müyəssər olan həqiqətin meyarı oldu. Təbiət qiqant mexanizm kimi göz önündə dayandı. Onu idarə etməyi öyrənmək lazım idi. Alim dünyanın həqiqi quruluşunu bilməyə də bilər, onun üçün əsas odur ki, nəzəri model müşahidə məlumatları ilə üst-üstə düşsün; onda nəzəriyyə tətbiqi tədqiqatlarda əsas götürülə bilər. Məsələn, XVIII əsrin məşhur ensiklopedist filosofu Deni Didro yazmışdı: "Biz demək olar ki, heç nə bilmirik... hər şey faydalılığı ilə müəyyən olunur".



Əksinə, Aristotel elmi tədqiqatın vəzifəsini heç də tamamilə təbiət hadisələri haqqındakı biliklərdən texnikanın inkişafında istifadə edilməsində yox, dünya quruluşunun ilahi mükəmməlliyini seyr etməkdən zövq almaq imkanında görürdü. Məhz intellektin seyredici fəaliyyəti insana, onun ali qabiliyyəti kimi, allaha bənzəməyə imkan verir.

Bu səbəbdən Aristotel fizikasını, öz qarşısına qoymadığı məsələləri həll edə bilməmək qabiliyyətinə görə qınamaq tamamilə mənasızdır. Axı Yeni Avropa elminin nailiyyətləri də Aristotelə, onun ideyalarının Bekona və Dekarta qeyri-elmi göründüyü qədər az əhəmiyyətli və "qeyri-elmi" görünərdi.

Lakin Yeni dövrdə və sonralar da mexaniki elmi dünyagörüşü ilə şərik olmayan mütəfəkkirlər tapıldı. XIX əsrin məşhur şairi Fyodor İvanoviç Tyutsev həmişə dünyaya Aristotel baxışına yaxın baxışı müdafiə etmişdir:

Sizin güman etdiyiniz deyil, təbiət:
Deyil, cansız sima, deyil surət –
Onda qəlb var, sərbəstlik var,
Onda sevgi var, dil var...

Artıq XX əsrdə filosof Aleksey Fyodoroviç Losev yazırdı: "Nyuton mexanikası bircins və sonsuz fəza hipotezi üzərində qurulmuşdur. Dünyanın sərhədləri yoxdur, yəni forması yoxdur. Mənim üçün bu o deməkdir ki, o – formasızdır. Dünya mütləq bircins fəzadır. Mənim üçün bu o deməkdir ki, o – tam müstəvilidir, ifadəsizdir, relyefsizdir. Belə dünyadan hədsiz süstlük qoxusu gəlir. Planetlərarası fəzaların mütləq qaranlığını və qeyri-insani soyuqluğunu da bura əlavə edin... Astronomiya dərsliyini oxuyaraq, hiss edirəm ki, kimsə çubuqla məni öz evimdən qovur və hələ bir sifətimə tüpürməyə də hazırdır. Nəyə görə?"

Dəqiq desək, Losevin iddiaları Nyutona yox, onun ardıcıllarına ünvanlanmışdı. XIX əsrdə Nyuton mexanikası Kartezian (Dekartın latınlaşdırılmış familiyasının yazılışı – Kartezi) ruhuna yaxın ruhda şərh olunmuşdur. Bu cəhətdən fransız fiziki, astronomu və riyaziyyatçısı Pyer Simon Laplasın Napoleon Bonaparta dediyi sözlər xarakterikdir: "Dünya sistemini qurarkən mənim Allahın mövcudluğu haqqındakı hipotezə ehtiyacım olmadı". Halbuki Nyutonun özü təbiəti öyrənərkən, hər şeydən əvvəl ilahi qüvvəni dərk etməyi arzulayırdı. Təsadüfi deyil ki, o, öz elmini fizika yox, natural fəlsəfə adlandırmışdı. Aristotelin fizikası da sadəcə təbiət elmlərindən biri deyil, natural fəlsəfə və ya təbiətin fəlsəfəsidir.

əlaqələndirən fərziyyələr irəli sürə bilərlər. Əksinə, uzun-uzadı mühakimələrə uyanlar və şeylərə xas olanları müşahidə etməyənlər öz baxışlarının darlığını asanlıqla aşkar edirlər".

Məsələn, Aristotel Ay tutulmalarını tədqiq edərək, Yerin kürəşəkilli olması haqqındakı ideyanın mühüm təsdiqini əldə edir. Yerin Ay üzərinə düşən kölgəsi həmişə dairəvi kənara malik olur, axı yalnız kürə bütün vəziyyətlərində dairəvi kölgə salır. Aristotel yazırdı: "Ulduzların müşahidəsi aşkarcasına yalnız onu sübut etmir ki, Yer dairəvidir, həm də onu sübut edir ki, o, çox da böyük olmayan ölçülərə malikdir. Biz cənuba və ya şimala bir az yerimizi dəyişən kimi üfüq açıq-aşkar başqa olur: başımız üzərində ulduz göyünün mənzərəsi xeyli dəyişir və şimala və ya cənuba gedəndə eyni ulduzlar görünür. Beləliklə, buradan yalnız Yerin dairəvi formalı olması deyil, həm də çox da böyük olmayan kürə olduğu aydın olur: əks halda biz xeyli kiçik yerdəyişmə



nəticəsində göstərilən dəyişiklikləri bu qədər tez görə bilməzdik".

Fantaziya etmək yox, təcrübədə və məntiqdə hər şeyə tutarlı əsas axtarmağa çalışaraq, Aristotel bununla elə bir ənənənin təməlini qoydu ki, sonralar, "Hipotez uydurmuram" kəlamını özünə deviz seçmiş Nyuton da həmin ənənəyə əməl etdi. Lakin təcrübi məlumatların çatışmazlığı üzündən Aristotelin təxmini irəli sürdüyü bir çox fikirlər sonralar "qanuniləşdirildi" – böyük alimlərin davamçıları öz mühakimələrində çox zaman müəllimlərinə nəzərən daha qəti olurlar. Aristotelin özü isə yazırdı: "Əgər söhbət hissi qavranılmayan hadisələrdən gedirsə və biz onları mümkün səbəblərinə çatdırırıqsa, onda isbatı kifayət qədər əsaslandırılmış hesab etmək olar".

Nəhayət, Aristotel əsas elmi yaradıcılıq janrını – traktatı kəşf etdi. Ona qədər fəlsəfi əsərlərin ənənəvi formaları poema və dialoq idi. Hazırda belə elmi işlər öz quruluşuna görə Aristotelin əsərlərini xatırladır. Aristotel əvvəlcə haqqında danışmağa hazırlaşdığı problemi qoyur. Sonra onun müzakirəsinə keçərək, verilmiş mövzuya aid öz sələflərinin və müasirlərinin fikirlərini araşdırır, onların yaxşı cəhətlərini və nöqsanlarını (əsasən



nöqsanlarını, çünki keçmişin filosoflarının və öz müasirlərinin fikirlərində Aristotelə görə yaxşı cəhətlər azdır) ətraflı təhlil edir. Bugünkü dillə desək, məhz ədəbiyyat xülasəsini verdikdən sonra yalnız qarşıya qoyulan problem haqqında özünün fikirlərini şərh edir.

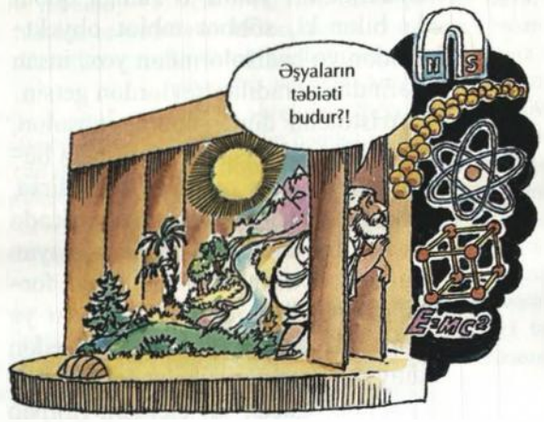
TƏBİƏT NƏDİR?

Aristotelə qədər bir çox filosoflar ənənəvi "Təbiət haqqında" adı altında mənzum və nəsr əsərləri yaratmışlar. Lakin dünyaya vahid baxış mövcud olmamışdı. Şeylərin həqiqi təbiətini müəyyən etmək üçün elə bir elmin yaradılması tələb olunurdu ki, bu elm birinci növbədə məntiqə və müşahidəyə əsaslanaraq, ümumiyyətlə, "təbiət nədir" sualının öyrənilməsilə məşğul olsun və buradan da onun xüsusi təzahürlərini izah etsin. Aristotel yeni, daha çox təkmilləşdirilmiş metod işləyib hazırlamağa girişdi; bu metod prinsipial məsələlərdə həmrəyliyə gəlməyə imkan verməli idi.

Təbiət haqqındakı elmi Aristotel fizika (*yun.* "fyuzis" – "təbiət") adlandırdı. Təbii ki, filosofun cavab tapmağa çalışdığı ilk sual bu idi: təbiət nədir? Əgər təbiəti bilmək baş verənlərin səbəblərini dərk etməkdirsə, deməli, "şeylərin təbiəti hər hansı hadisə nə üçün başqa cür yox, məhz bu cür cərəyan edir?" – sualına cavab verən mahiyyətdir. Şeyin təbiəti onun mahiyyətidir, yəni məlum şeyi məhz olduğu kimi üzə çıxaran xassədir. Başqa sözlə, şeyin mahiyyətini onun anlayışı, ideyası (qədim yunanlar "eydos", romalılar "forma" deyirdilər) adlandırmaq olar. Təbiət sadəcə o deyil ki, bizi əhatə edir, bizə hissi təcrübəmizlə verilir. O, hadisələrin səthində yerləşmir, o, şeylərin hissi məlumatlarında gizlənmişdir. Müşahidələrin və ciddi mühakimələrin köməyilə onu müəyyən etmək, öyrənmək məhz fizikanın vəzifəsidir.

Aristotelə görə, təbiəti dərk etmək əqli gözlə bütün hadisələrin baş verdiyi səhnə arxasına nüfuz etmək, müşahidə olunmayan, ağlasığan gizli mahiyyəti – səbəbi başa düşmək deməkdir.

Aristotel səbəblərin dörd növünü ayırırdı: maddi, formal, törədici (və ya hərəkətverici) və məqsədli (və ya son) səbəb. "Bir mənada səbəb şeyin tərkibinə daxil olan, şeyi əmələ gətirən materiala işarə edir; məsələn, heykəl üçün mis, kasa üçün gümüş... bu cürdür. Başqa mənada forma və nümunə, özgə cür desək, varlığın mahiyyəti anlayışı və bu anlayışın daha ümumi növləri... belə adlanır. Daha sonra, səbəb o mənbədir ki, dəyişiklik və ya sakitlik öz ilkin başlanğıcını bu mənbədən götürür, məsələn, məsləhət vermiş adam səbəbdir, ata da uşağın səbəbidir və ümumiyyətlə, edən edilənin səbəbidir, dəyişdirən dəyişilənin səbəbidir. Bundan başqa, səbəb haqqında məqsəd mənasında danışılır; məqsəd isə nəyinsə xatirinə olandır – məsələn, gəzməyin məqsədi sağlamlıqdır. Həqiqətən də, biz deyirik, insan niyə gəzir. Sağlam olmaq üçün. Belə deməklə, biz hesab edirik ki, səbəbi göstərmiş oluruq".





İlk iki səbəb şeyin əsasən dəyişməyən halını, digər iki səbəb isə – şeyin yaranması prosesini xarakterizə edir. Yeni Avropa fizikası üçün hadisələrin məqsədli (son) səbəblər vasitəsilə izahı yolverilməzdir ki, onun Aristotel fizikasından mühüm fərqlərindən biri bundan ibarətdir. Məgər evin meydana gəlməsi üçün onun tikilmə məqsədi vacib deyilmi? "Dünya nə üçün başqa cür yox, belə qurulub?" – sualı bizi tez və ya gec "Dünya hansı məqsədlə məhz belə yaradılıb?" – sualına gətirib çıxarmayacaqdırmı? Əsasında dünyanın heliosentrik sistemi dayanan Yeni dövr fizikası buna oxşar mühakimələri yalnız o zaman qəbul edə bilər ki, söhbət təbiət obyektlərindən və hadisələrindən yox, insan tərəfindən yaradılan şeylərdən getsin.

Aristotelin dörd səbəbi, məsələn, daşın düşməsi misalında bax belə büruzə verir. Daş nədən ibarətdirsə, o, daşın maddi səbəbidir. Son nəticədə daş heç bir xassələrə malik olmayan ilkin materiyadan ibarətdir. Daşın formal səbəbi, onu ağac parçası və ya dəmir parçası yox, məhz daş edən müəyyən xarakteristikalar toplusudur. Məsələn, ağacda iki element (torpaq və od) bir-birinə qarışıb və yanarkən, Aristotelin fikrincə, ağac onlara parçalanır. Daşda isə yalnız torpaq elementi var; torpaq elementinə isə Kainatda mərkəzi mövqe tutmağa canatma xassəsi məxsusdur. Bax buna görədir ki, özü üçün qeyri-təbii yerdə, məsələn, havada olduqda, daş məxsusi formasının bütün tamlığını qaytarmağa çalışacaqdır, yəni özünün təbiətdə qərarlaşmış yerinə qayıdacaqdır. Daşın düşməsinin məqsədli səbəbi bundan ibarətdir. Tamamlanmış formanı almaq üçünsə ona bütün Kainat kömək edir; məhz Kainat şeylərin təbii düzülüşünün pozulması haqqında daşa məlumat verir və onun aradan qaldırılmasına yardım göstərir. Törədici səbəb bundan ibarətdir.

Madam ki, daşın düşməsi gözə görünməyən xarici köməyin nəticəsində baş verir, onda bu düşmənin mənbəyi Dünya quruluşunun öz təbiətindədir. Deməli, daşın düşməsi təbiətinə görə və ya təbii olaraq baş verir.

Daşın aşağıya doğru hərəkəti təbiidir, nəticəsi yalnız müşahidələrdən çıxmır. Hərəkətin və onun təbiətinin nəzəri təhlili tələb olunur. Fizikanın məsələsi məhz bundan ibarətdir: müşahidələrdən çıxış edərək, nəyin təbiəti üzrə, nəyin isə təbiətinin əksinə baş verdiyinə dair biliyə gəlib çıxmaq və hər şeyin ağlabatan əsasını tapmaq lazımdır. Təbiəti üzrə və ya təbii olaraq o cisimlər hərəkət edir ki, hərəkətin mənbəyi onların özündədir, onları itələmirlər, digər əşyalar isə dartmırlar. Təbii hərəkət özlüyündə müəyyən məqsədə yönəlmişdir və son səbəbə tabedir. Əgər cismin hərəkətinin mənbəyi kənarda yerləşirsə, onda belə hərəkət məcburi olacaqdır. Məcburi hərəkətə gətirilən istənilən cisim mütləq öz təbii hərəkətinə doğru cəhd edəcəkdir, çünki baxılan halda onun təbii hərəkəti pozulmuşdur.

Fizikanın məsələsi – yalnız təbii hərəkətləri öyrənməkdir. Məcburi hərəkətlərin nəhəng çoxluğu Aristotel fizikasının tədqiqat predmeti deyil. Birincisi ona görə ki, fizika şeylərin məhz təbiəti haqqındakı elmdir. İkincisi, ona görə ki, istənilən məcburi hərəkətin səbəbi həmişə son nəticədə, hər hansı bir təbii hərəkətdir, başqa cür ola bilməz. Aristotelizm labirintindən çıxmaq üçün məcburi hərəkətləri fizikanın tədqiqat predmeti etmək lazım idi. Bunu XVI-XVII əsrlərdə Qaliley həyata keçirməyə başladı, Nyuton isə tamamladı. Lakin Eynşteyn ümumi nisbilik nəzəriyyəsində müəyyən mənada Aristotel pozisiyasına qayıdır. Nisbilik nəzəriyyəsinə uyğun olaraq, daşın düşməsi, Nyutonda olduğu kimi, xarici cazibə qüvvəsinin təsiri altında baş vermir, Yerin əydiyi fəza-zaman quruluşu nəticəsində təbii olaraq baş verir. Eynşteyn bütün fizikanı yenidən elə



Aristotelin "Meteorologika" əsəri. Mətn yunan və latın dillərindədir. 1585-ci il.

qurmaq istəyirdi ki, onda yalnız təbii hərəkətlər qalsın, lakin bu arzusunu yerinə yetirmək ona müyəssər olmadı.

BOŞLUQ MÖVCUD DEYİL

Təbii hərəkətlərin ilkinliyi ideyasından boşluğun mövcud ola bilməməsi fikri alınır. Demokritə etiraz edərək, Aristotel deyirdi ki, "ya heç bir cisim

ARİSTOTEL ƏTALƏT PRİNSİPİNİ BİLİRDİMİ?

Boş fəzada başlanğıcda sükunətdə olan cisim hərəkətə gələ bilməz kimi mücərrəd faktdan o çıxmır ki, cisim boşluqda, ümumiyyətlə (əgər onu, məsələn, itələsək), hərəkət etməyəcək. Əgər boşluq mövcud olardısa, Aristotel fikrən cismin bu boşluqdakı hərəkətinə baxaraq yazır: "Heç kəs deyə bilməz ki, hərəkətə gətirilmiş cisim haradasa dayanacaq, çünki nəyə görə o, başqa yerdə yox, məhz burada dayanacaq? Deməli, əgər daha güclü bir şey ona mane olmursa, onda o, ya sükunətdə olmalıdır, ya da əbədi hərəkət etməlidir". Başqa sözlə, sonsuz boş fəzada cisim düzxətli və bərabərsürətli hərəkət edərdi.

Lakin hökm etmək doğru deyil ki, artıq o vaxt, e.ə. IV əsrdə ətalət prinsipi (mexanikanın birinci qanunu kimi məlum olan və 1687-ci ildə Nyuton tərəfindən çap edilən) irəli sürülmüşdü. Bu prinsip mexaniki dünyagörüşünün məhsuludur. Mexaniki dünyagörüşü şeylərdən onların öz sükunət (və ya hərəkət) halının dəyişmə səbəbini "kənarlaşdırır", şeyləri müstəqil hərəkətə başlamaq qabiliyyətindən məhrum edir, onları ətalətli edir. Aristotelin söylədiyini sadəcə olaraq kafi səbəb prinsipinin verilmiş şəraitə tətbiq edilməsi kimi başa düşmək lazımdır: yalnız o şey baş verə bilər ki, o, bütün qalan variantlardan nə ilə seçilir və bərabərdəyərli alternativə malik deyil. Əgər hərəkət zamanı cisim özbaşına qalırsa, yəni təkan anında ona hərəkət zamanı miqdarı azalacaq cismani heç nə əlavə edilmirsə, onda belə fərz etməyə heç bir əsas yoxdur ki, boş fəzada cismin trayektoriyasının, cismin dayana biləcəyi bir nöqtəsi digərindən üstündür. Ona görə də boşluqda hərəkətə gətirilmiş cisim heç zaman dayanmaz.

Lakin bu hələ ətalət prinsipi deyil. Doğrudan da, Nyutonun birinci qanununun başlıca məzmunu ondan ibarətdir ki, cismin təcilinin yeganə səbəbi ona tətbiq olunmuş xarici qüvvədir. Buradan Aristotelin də razılaşa biləcəyi nəticə çıxır ki, boşluqda (heç bir xarici qüvvənin ola bilmədiyi yerdə) cisim həmişə təcilsiz hərəkət edərdi. Lakin Aristotelə görə boşluq qeyri-mümkündür, real qeyri-bircins doldurulmuş fəzada isə cisim xarici qüvvə olmadan da təcilli hərəkətə başlaya bilər, çünki təcilin səbəbi (qismən də olsa) cismin özündədir. Nyutona görə, əksinə, belə hərəkət ola bilməz, çünki materiya öz mahiyyətinə görə ətalətlidir, ölgündür. Aristotel geosentrizm çərçivəsində qalaraq, cisimlərin təcilinin səbəbini yalnız xarici təsir kimi başa düşə bilməmişdir. Ona görə onun fizikasında prinsip etibarilə ətalət qanunu ola bilməzdi.



təbiəti üzrə heç hara yerini dəyişmir, ya da əgər bu baş verirsə, onda boşluq yoxdur". Təbii hərəkətlər boşluqda baş verə bilməz.

Boş fəzada cisimlər, ümumiyyətlə, yerindən tərpənə bilməz. Doğrudan da, cismi əhatə edən boşluqda nə yuxarı, nə aşağı var, orada bütün istiqamətlər bərabərhüquqludur və onlardan birinə üstünlük vermək üçün heç bir əsas yoxdur. Yerin hansı tərəfdə olması barədə heç bir informasiya boşluqdan sızıb keçə bilməz, onda bəs cisim necə düşməyə başlaya bilər?

Müasir baxımdan cisim ona görə düşür ki, cismə Yerin qravitasiya sahəsi təsir edir. Lakin bu, o demək deyilmi ki, Yerlə cisim arasında tam boş (hər cür materiyasız fəza) olmayan fəza yerləşir? Alimlər deyirlər ki, bütün dünya fəzasını doldurmuş qravitasiya sahəsi materiyanın maddə olmayan ayrıca bir növüdür. Belə çıxır ki, mütləq boşluq yoxdur dedikdə Aristotel haqlıdır?

Əlbəttə, Aristoteldə heç bir fiziki sahələr haqqında söhbət belə ola bilməzdi. Onun fikrincə, bütün Kainat fəzası bu və ya digər maddə növü ilə (əsasən efirlə) doludur. Ancaq necə olur olsun, boşluğun mümkünsüzlüyü haqqındakı hökm, bir tərəfdən, Aristotel dövründə mümkün olan təcrübəyə (birincisi, ağır cisimlər hava və ya su mühitində düşür, ikincisi, qeyri-bərabər düşür), digər tərəfdən isə məntiqə (boşluqda hərəkət başlaya bilməz) tam uyğundur.

ELEMENTLƏRİN ÇEVRİLMƏSİ

Aristotel hesab edirdi ki, ən etibarlı hiss, bizi digərlərindən daha az yanıldan, aldadan hiss toxunma hissidir (lamisədir). Hətta görmə hissi də əşyalara toxunmaqdan yaranan hissə nisbətən daha tez-tez optik aldanmaya gətirir. Ona görə də məhz toxunma hissilə bağlı olan keyfiyyətlərin daha fundamental olduğunu hesab etmək olar. Təcrübə göstərir ki, Yerdəki bütün əşyalar toxunma hissinə nəzərən isti və ya soyuq, rütubətli və ya quru, yumşaq və ya bərk, kələ-kötür və ya hamar və s. kimi əşyalara bölünür. Lakin yalnız istilik və rütubətlik cisimlərin halını radikal dəyişə bilər. Rütubətli (quru) və isti (soyuq) – bunlar bir növ tamamilə fəaliyyətsiz materiyanı elementlərə çevirən hərəkətverici qüvvələrdir. Öz növbəsində bu elementlərdən hisslərimizlə qavradığımız cisimlər əmələ gəlir. Yer üzünün dörd elementindən hər biri (torpaq, su, hava, od) bu dörd keyfiyyətdən ikisi ilə birləşmiş materiyadır: torpaq – materiyanın quru və soyuqla, su – rütubət və soyuqla, hava – rütubət və istiliklə, od – quru və istiliklə birləşməsidir.

Elementlər bir-birinə çevrilə bilər. Şeylərdəki keyfiyyət dəyişiklikləri bununla izah olunur. Bir keyfiyyətlə fərqlənən elementlər bir-birinə daha asanlıqla, iki keyfiyyətlə fərqlənənlər isə daha çətinliklə keçir. Məsələn, torpaq havaya nisbətən suya daha asanlıqla çevrilir (əgər rütubət sudakı quruluğu aradan qaldırarsa), çünki havaya çevrilərkən həm quruluğu, həm də soyuğu aradan qaldırmaq lazım gəlir.

Göydə isə heç bir dəyişiklik baş vermir, o, öz qanunları əsasında əbədi fırlanır. Göy cisimləri xüsusi, beşinci elementdən əmələ gəlmişdir. Aristotel onu, Empedoklun (e.ə. V əsrdə) ardınca efir adlandırır. Sonralar latın mətnlərində o, "kvintessensiya" adını alır ki, bu da "beşinci mahiyyət" deməkdir. (Doğrudur, Aristotel onu birinci hesab edirdi, çünki o ilahidir.) Efir digər elementlərə, sonuncular da efirə çevrilmir. Ona görə də Göy və Yer aləmləri bir-birindən prinsipial fərqlənir.

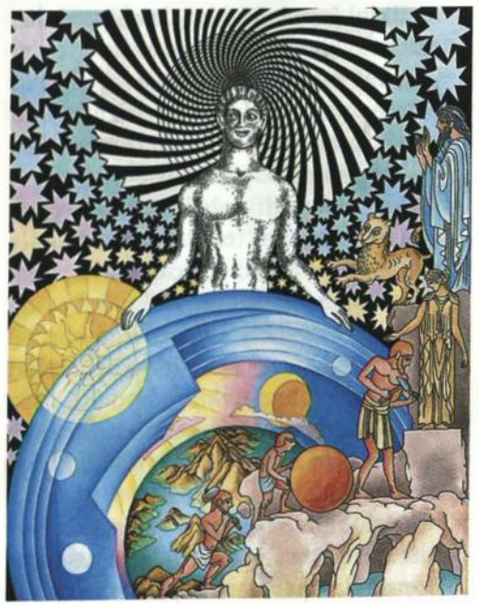
ALLAH BİRİNCİ HƏRƏKƏTVERİCİDİR

Rus filosofu Aleksey Fyodoroviç Losev (1893–1988) qeyd edirdi: "Aristotel təlimində həm fəza, həm də zaman həmişə özünün simasına malikdir, həmişə yaşamaq cəhdlərilə qaynayır və həmişə qiymətli xarakterə malik bu və ya digər suallara cavab verir". Aristotel Kosmosu canlı incəsənət əsəri kimi qəbul edirdi, fizikanın məsələsini isə canlı Kainat gözəlliyinin ağılla müşahidəsinə nail olmaqda və ondan həzz almaqda görürdü. Hərəkətsiz ilahi ilkin hərəkətverici haqqında təlim bununla bağlıdır, bu təlimi haqlı olaraq Aristotel fizikasının zirvəsi hesab edirlər.

Ayrılıqda mövcud olan şey materiya və formanın vəhdətindən ibarətdir. Məsələn, mis kürə – kürə formasının mis materiyasındakı təcəssümüdür. Mis özlüyündə mis kürənin mövcudluğunu özündə saxlayır və ya, başqa sözlə, mis – bu mis kürənin mümkünlüyüdür. Lakin küreni əmələ gətirən mis də məlum xarakteristikalar çoxluğuna malik olan reallıqdır. Həmin xarakteristikalar baxılan reallığın (misin) formasını təşkil edir. Deməli, şey kimi (forma və həcmi bizi artıq maraqlandırmayan mis parçası kimi) başa düşülən misin də öz materiyası olmalıdır. Aristotel antik dövr üçün ənənəvi olan elementləri: torpağı, suyu, hava və odu bu cür materiya hesab edirdi. Müxtəlif formaları təcəssüm etdirmək üçün onlarda misə nisbətən daha çox imkan var.

Hər bir ayrıca element (məsələn, torpaq) də onu qalan elementlərdən fərqləndirən bir sıra xarakteristikalara malikdir, yəni onun öz forması var. Bu formadan təcrid olunaraq, biz artıq heç bir xarakteristikaya malik olmayan ilkin materiyanı alarıq. Formadan məhrum olan belə materiyanı təsəvvür etmək olmaz. O, bütün şeylərin xalis imkanıdır, onu yalnız düşünmək olar.

Əgər indi mövcud şeylərin səviyyələrinin pillələri üzrə enməyib qalxsaq, biz ilkin materiyaya yox, xalis formaya gəlib çıxarıq. O daha xalis imkandan deyil, xalis həqiqətdən ibarətdir – bu bütün formaların formasıdır, mütləq mükəmməldir. Tunc kürə formasız tunc parçasından mükəmməldir, Afroditanın tunc heykəli isə tunc kürədən mükəmməldir. Lakin Afroditanın heykəli cansızdır və onun özü hərəkət



edə bilməz, halbuki, canlı məxluqun hərəkət mənbəyi onun özündədir və ona görə də canlı məxluq, cansız əşyadan daha mükəmməldir. Eyni zamanda heyvanda hərəkət edəni – gövdəni və hərəkət etdireni – cismani arzuların mərkəzi kimi ruhu ayırmaq olar. Deməli, ruh heyvanın hərəkət mənbəyi kimi, onun gövdəsindən mükəmməldir.

İnsan heyvani ruhdan başqa ağıla (və ya ağıllı cana) da malikdir. Ağıl ağlabatan məqsədlərə əsaslanaraq, ruhun hərisliklərinin qarşısını ala bilər. Deməli, ağıl ehtirasların, hərisliklərin hakimi kimi heyvani ruhdan daha mükəmməldir; bu, mütləq mükəmməlliyə doğru daha bir addımdır.

Lakin insan Kosmosun yalnız bir hissəsidir. Hissə tamdan asılıdır, insanın həyatı da Kosmosdan asılıdır. Tam isə öz hissəsindən mükəmməldir. Kosmos mütləq tam olduğu üçün o ali mükəmməlliyə malikdir və deməli, onun hərəkət mənbəyi onun özündədir. Həm də bu mənbə bütün qalanları hərəkətə gətirməlidir, yəni ilkin hərəkətverici olmalıdır ki, onun da arxasında artıq heç nə dura bilməz.

İlkin hərəkətverici hərəkətsizdir, əks halda belə sual yaranardı ki, onun hərəkət mənbəyi nədir və əgər belə bir şey tapılsaydı, onda bizim ilkin hərəkətvericimiz ilkin ola bilməzdi.

Tərpənməz ilkin hərəkətverici yalnız məqsədli səbəb rolunda çıxış etməklə hərəkət mənbəyi ola bilər – o, həmin şeydir ki, ona can atırlar, yəni son məqsəddir, bütün varlıq üçün son xoşbəxtlikdir. Bu isə o deməkdir ki, ilkin hərəkətverici mütləq xoşbəxtlik, həqiqi mükəmməllikdir. Deməli, ilkin hərəkətverici Allahın bütün xarakteristikalarına cavab verir. Deməli, o, məhz Allahdır ki, var.

Beləliklə, Aristotel fizikası öz vəzifəsini yerinə yetirir: o, ağıl və zəka sayəsində ali İlahi mahiyyətin təmasına nail olur. Aristotel və onun davamçıla insan varlığının antik idealına – filoso fun seyrçi, tamaşaçı həyatına yaxınla şaraq, ruhun uca və sakit halına çat mışlar.

GEOSENTRİZM: İDRAKIN SƏHVİDİR, YOXSA İNKİŞAF PİLLƏSİ?

Aristotel Yerin, Mərkəzi Od ətrafında fırlanmasına dair Filolayın ideyasını və Yerin öz oxu ətrafında fırlanmasına dair Platonun ideyasını rədd etdi. Sonralar Platonun bu ideyasını onun tələbəsi Pontiyli Heraklit inkişaf etdirmişdi. Aristotel bu ideyalardan çıxan nəticələrin faktlara zidd olduğunu zənn edirdi. Aristotel belə mühakimə edirdi ki, əgər həqiqətən Yer təbiət üzrə fəzada vahid bir tam kimi əbədi hərəkət edirsə, onda onun hər bir hissəsi eyni cür hərəkət etməlidir. Lakin daşlar Yerə düşür, müəyyən hündürlükdə asılı qalaraq ona paralel yerini dəyişmir. Bundan başqa, əgər Yer öz oxu ətrafında əbədi fırlanırsa, onda fırlanma hərəkəti onun bütün hissələri üçün, mərkəzi nöqtə istisna olmaqla, təbii olacaqdır. Deməli, müəyyən hündürlükdən buraxılmış daş Yerin mərkəzinə doğru yox, onun ətrafında çevrə üzrə hərəkət etməlidir, lakin, təcrübənin göstərdiyi kimi, bu belə deyil.

Aristotel fərz edirdi ki, əgər yunanlara məlum olan bütün faktları sadə və təbii izah etmək mümkündürsə, onda Yerin hərəkəti haqqında qeyri-adi hipotezlər uydurmağa ehtiyac yoxdur. "Bunu riyaziyyatçıların astronomik nəzəriyyələri də təsdiqləyir: müşahidə olunan hadisələr... Yer mərkəzdə yerləşir kimi ilkin şərtlərə uyğun baş verir".

Müasir alimlər də həmin prinsipi rəhbər tuturlar: sadə hipotezlə keçinmək mümkündürsə, mürəkkəbini irəli sürməyə ehtiyac yoxdur. Ona görə belə sual yaranır: Aristotel haqsızmı idi? Əsil alim üçün həqiqət elmi metodun köməyilə əldə edilirsə, o, Aristotelin yerində olsaydı, necə hərəkət etməliydi?

Təbiət haqqındakı elmdə həqiqət – bu, əbədi dəyişməz şəkildə mövcud olan, donmuş, insanlar tərəfindən tədricən kəşf olunan və toplanan, sonra, məsələn, riyaziyyatda baş verdiyi kimi, prinsipial dəyişikliklərə məruz qalmayan ideyalar toplusu olmaqdan daha çox prosesdir, yoldur. "Geosentrik dünyagörüşü idrakın səhvidirmi, yoxsa onun zəruri, mühüm inkişaf mərhələsimi olmuşdur?" – sualı çox da sadə deyil.

Həm nəzəriyyədə, həm də praktikada geosentrizmin iflası idrakın yeni səviyyəyə keçidi üçün zəruri bir mərhələ olmuşdur. Lakin bu iflas bir çox müşahidələrlə yaxşı uzlaşan köhnə təsəvvürləri qoruyub saxlamaq cəhdlərinin tükənməsindən əvvəl baş verə bilməzdi. Aristotel zəmanəsində geosentrizmin imkanları hələ heç də tükənməmişdi. Həmin dövrdə məhz geosentrizm və uyğun olaraq Aristotel fizikası o mənada doğru olmuşdur ki, onlar yunanların başa düşdüyü kimi elmi metoda riayət etmişlər. Aristoteldən altı əsr sonra Yerin hərəkətsizliyi təliminə iskəndəriyyəli alim Klavdi Ptolemey istinad etmiş və yunan astronomiyasının şah əsəri olan "Almagest"i yaratmışdır. Bu əsər Kopernikə və Qalileyə qədər ən mükəmməl əsər olmuşdur.

Müasir Amerika tarixçisi və elmi fəlsəfəçisi Paul Feyerabənd yazmışdır: "Astronomiya, fizika, psixologiya, epistemologiya (idrak nəzəriyyəsi) – bütün bu fənlər Aristotel fəlsəfəsində birləşir və müşahidə nəticələri ilə uzlaşan ardıcıl, rasional sistem əmələ gətirir... Təhlil Aristotel sisteminin daxili gücünü göstərir... Tamamilə inanılmazdır ki, Yerin hərəkəti ideyası dərhal, yarandığı andan istifadə olunmuşdur".



Aristotelin "Məntiq haqqında" traktatı. Yunan əlyazması. XVII əsr.

ARİSTOTELİN İRSİ

Aristotelin universalizmi, onun dünyanın mükəmməl, hər şeyi əhatə edən elmi mənzərəsini qurmaq niyyəti ikibaşlı oyun oldu. Bir tərəfdən, Aristotel fizikadan tutmuş fəlsəfəyə qədər bir çox elmlərin başlanğıcını qoydu, elmi metodun özünün təşəkkül tapması üçün mühüm addım atdı. Digər tərəfdən, hər şeyi izah etməklə, onun təlimi uzun müddət canlı fikrin inkişafına buxov oldu. Aristotel ucsuz-bucaqsız aləmi dərk etməyə can ataraq, çox vaxt, e.ə. IV əsrdə dəqiq həlli böyük problemlər yaradan məsələlərdən yapışırdı. Onun özü çox ehtiyatlı idi, çox vaxt yalnız "mümkün səbəblərdən" danışırdı, "ola bilsin ki", "təxminən", "indi bizə məlum olana əsaslanaraq" və s. kimi ifadələr işlədirdi. Bu, məhz elmi yanaşma idi, yəni etibarlı müəyyən olunmuş fakta əsaslanaraq izah etmək idi. Yox, əgər sübut, dəlil kifayət deyilsə, onda izaha hipotez kimi baxılırdı. Aristotelin bir çox mühakimələri onun anlamında məhz hipotezlər idi, ancaq sonralar onlar doqmaya çevrilirdilər. Doqma ilə mü-



barizə aparmaq isə çox çətindir, çünki bu, artıq elm yox, ideologiyadır.

Ola bilsin ki, gələcək nəsillər bizim Kainat haqqındakı bir çox təsəvvürlərimizi, bu gün biz Aristotel fizikasını qarşıladığımız kimi, təbəssümlə qarşılayacaqlar.

Bununla yanaşı, əlimizdə elə bir zəmanət yoxdur ki, gələcəyin elmi yeni səviyyədə Aristotel fizikasının bəzi müddəalarına qayıtmasın, axı XX əsrdə oxşar cəhdlər olmuşdu. Kvant mexanikasının banilərindən biri olan alman fiziki Verner Heyzenberq (1901-1976) yazırdı: "Aristotel fəlsəfəsində çox əhəmiyyətli rol oynamış imkan anlayışı müasir fizikada yenidən mərkəzi mövqe tutmuşdur. Kvant nəzəriyyəsinin riyazi qanunlarını Aristotelin "dyunamis" və ya "potensiya" kimi anlayışının ifadəsi hesab etmək olar! Aristotel fizikası ilə tanış olmaqla biz yalnız tarixi bilik dairəmizi genişləndirmirik. Böyük insanın canlı fikirlərilə ünsiyyətdə olmaq – elmi təfəkkürün, ümumiyyətlə, elmin nə olduğunu, onun nəyə qadir, nəyə qadir olmadığını başa düşməyin ən yaxşı üsuludur. Nə biləsən, bəlkə də, XXI əsrdə hansısa bir universitetdə yenə "Aristotel fizikasının aktual problemləri" adlı mühazirələr kursu oxunacaqdır. Ancaq geosentrizmə biz daha qayıtmayacağıq.



Aristotel fizikası vahid dünyagörüşün üzvi bir hissəsi idi. Bu dünyagörüşü Makedoniyalı İskəndərin arzuladığı yeni dünya idarə üsulunun ideoloji əsası olmalı idi. Ona görə də Aristotel hakimiyyət tərəfindən güclü dəstək aldı. Onun Likeyi (məktəbi) keçmişin – polis (şəhər-dövlətlərdən ibarət) Yunanıstanın simvolu kimi Platon Akademiyasına qarşı durdu. Yunan mədəniyyətinin bütün oykumendə yayılması ilə müşayiət olunan Ellinizm dövrü başlandı. Platonizm özünün konservativ ideyaları ilə birlikdə bunun üçün daha yaramırdı və təsadüfi deyildi ki, o sonralar getdikcə daha çox elmdən uzaqlaşaraq din tərəfə yuvarlandı. Sonuncu görkəmli ideoloqu Platon olan polis Yunanıstanı dərin böhran keçirirdi və bu böhran bütün yunan mədəniyyətini məhv etmək təhlükəsi doğurmuşdu. Beləliklə, üzünü sülhə tərəf tutmaq lazım idi, problemlərilə birlikdə polisə (şəhər dövlətə) qapanmaq lazım deyildi. O dövr fəlsəfəsi yalnız yunanların yox, bütün bəşəriyyətin problemlərini əhatə etməli idi.

Aristotel Platonun ayrı-ayrı müddəalarından, kərpiclərdən bina tikilən kimi, tamamilə yeni bina inşa etdi. Bu bina onun müəllimi olan Platonun heç ağlına da gəlməzdi.

İstedadlı tələbə Aristotel çoxlu yeniliklər gətirdi və Platonun bir çox tezislərinə yenidən baxdı. Nəticədə onların təlimləri, demək olar ki, bir-birinə zidd oldu. Lakin buna baxmayaraq, Platonsuz Aristotel ola bilməzdi. XVI-XVII əsrlərdə isə, geosentrizmlə vidalaşmaq dövrü gəlib çatdığı bir zamanda, məlum oldu ki, həm Kopernik üçün, həm də Qaliley üçün Platonun təlimi Aristotelin təliminə nisbətən daha yaxındır.

ANTİK DÖVRLƏ İNTİBAH DÖVRÜ ARASINDA

ELMLƏRİN AYRILMASI

Makedoniyalı İskəndərin (e.ə. 356-323) imperiyası dağıldıqdan sonra yaranmış kiçik dövlətlər arasında, bəlkə də, ən çox Misirin bəxti gətirmişdir. Hakimiyyət başına gələn Ptolemeylər sülaləsi sülh və əmin-amanlıq şəraitində nə az-nə çox, düz üç əsr (e.ə. 305-30-cu illər) dövləti idarə etdi. Misirin, əsası hələ e.ə. 332-331-ci illərdə İskəndərin dövründə qoyulmuş və onun şərəfinə İskəndəriyyə adlandırılmış yeni paytaxtı Aralıq dənizi mədəniyyətinin nəhəng mərkəzinə çevrildi. Dağılmış imperiyanın ən ucqar yerlərindən bura ən ağıllı insanlar axışıb gəlirdilər. Məhz burada üç mədəniyyətin – qədim Misir, qədim yunan və qədim yəhudi mədəniyyətlərinin nümayəndələri bir-birinin təbiət haqqındakı təsəvvürlərini tənqidi qiymətləndirməli oldular. Ortaq nüfuz sahibləri olmadığından, onların bir-birilə razılığa gəlməsinin yeganə üsulu məntiqi isbatlar üsulu oldu. Bu üsul isbatlara əsaslanan elmin inkişaf başlanğıcını qoydu.

İskəndəriyyəli alim Evklid parlaq surətdə göstərdi ki, ədədlərə və həndəsi fiqurlara aid pərakəndə müddəaları vahid bir sistemə necə salmaq olar, elə bir sistemə ki, burada bu müddəalardan hər biri az sayda aşkar aksiomlardan nəticə kimi alınır. Riyaziyyat isbatlara əsaslanan elmin etalonuna çevrildi.

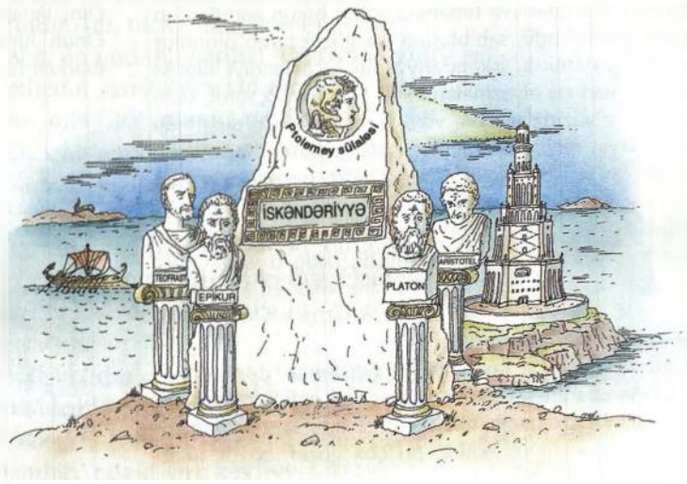
Riyaziyyatda Evklid metodu o qədər uğur qazanmışdı ki, digər qrup müddəaları da bir-birilə əlaqələndirərək, öz-özlüyündə aydın olan ilkin fərziyyələrə gətirməklə Evklid metodu ilə isbat etmək meylləri yarandı. Hər belə bir qrupu ayrıca elm hesab etmək təbii idi; fəlsəfənin, hələ Aristotel tərəfindən başlanmış olan fənlərə ayrılması prosesi yeni istiqamət aldı. Necə deyərlər, elmlərin *diferensasiyası* (*lat.* differentia – "fərqli", "fərq") başlandı.

O ki qaldı təbiətşünaslığın özünə, burada Makedoniyalı İskəndərin ölümündən və imperiyanın dağılmasından bilavasitə sonrakı dövr bəzi tənəzzül və durğunluq əlamətləri ilə xarakterik olmuşdur. Yeni fəlsəfi ideyalar yox idi, toplanmışların artıq yalnız təsnifatı aparılırdı. Bununla belə, həmin dövrdə Teofrast, Straton və Epikur kimi üç məşhur sima meydana çıxdı. Onlar İskəndəriyyənin gələcək çiçəklənməsini qabaqladılar.

Teofrast (e.ə. 372-287) Aristotelin davamçılarının – *peripatetiklərin* (*yun.* "peripatetikos" – "gəzib-dolaşan") Afina məktəbinə, bu məktəbin banisinin ölümündən sonra başçılıq etdi. O, öz müəlliminin natural fəlsəfəsini müxtəlif fənlərə böldü və onların hər birinə xüsusi əsər həsr etdi: "Bitkilərin tarixi", "Bitkilərin səbəbləri haqqında", "Daşlar haqqında", "Küləklər haqqında", "Fiziklərin fikirləri" və s.



İskəndəriyyə mayakı. Roma imperatoru Antonin Piyə (86-161) məxsus sikkə üzərində təsvir.



Lampsaklı Straton (e.ə. 340-270) Teofrastın ölümündən sonra peripatetiklər məktəbinin başçısı oldu. Straton bir çox cəhətdən Aristotel fizikasının müddəalarından uzaqlaşdı, bununla da İntibah dövründə və XVII əsrdə Aristotel fizikasının tənqidini qabaqlamış oldu. O, məktəb daxilində, onun əsasları ilə əlaqəni üzmədən tənqidi ənənənin başlanğıcını qoydu. Məsələn, Straton Aristotel fizikasının belə bir müddəasından imtina etdi ki, ağır cisimlərin Yerin mərkəzinə doğru, yüngül cisimlərin isə səmaya doğru hərəkətinin səbəbi bu cisimlərin təbii yerlərinin orada olmasındadır. O belə hesab edirdi ki, Kainatdakı bütün cisimlər aşağıya, Yerin mərkəzinə doğru hərəkət etməyə can atır, lakin daha ağır cisimlər daha yüngül cisimləri sıxışdırır və bunun nəticəsində bizə elə gəlir ki, sonuncular yuxarıya doğru can atır. Sonralar bu nöqteyi-nəzəri cisimlərin məşhur üzmə qanununu formulə etmiş Arximed inkişaf etdirmişdir. Straton Epikurun hətta atomistik baxışlarını götürmüşdü: o belə təsəvvür edirdi ki, materiya aralarında müəyyən məsafələr olan ayrı-ayrı zərrəciklərdən təşkil olunmuşdur. Cisimlərin sıxılma qabiliyyətinin səbəbi zərrəciklər arasında məsafələrin olmasıdır.

Qədim yunan filosofu Epikur (e.ə. 341-270) antik dövr atomizminə bizə tanış olan formanı vermişdir. Öz sələfləri olan Levkippin və Demokritin baxışlarından fərqli olaraq, Epikur hesab edirdi ki, dünya boşluqdan və arasıkəsilmədən hərəkət edən çox kiçik materiya zərrəciklərindən – atomlardan ibarətdir. Demokrit isə hesab edirdi ki, atomlar istənilən ölçüdə, o cümlədən Kosmosun ölçüləri tərtibində ola bilər.

EVKLİD VƏ ARXİMED. HƏNDƏSƏNİN MEXANİKA İLƏ İTTİFAQI

Fizikanın müasir şəkil alması üçün və bu gün fiziki məsələlər kimi təyin olunan məsələləri həll edə bilməsi üçün o, riyaziyyatla birləşməli idi, daha doğrusu, riyaziyyatın metodlarına yiyələnməli, riyazi elm olmalı idi. Bundan ötrü əvvəlcə riyaziyyatın özü müəyyən nəzəri səviyyəyə çatmalı idi. Tarixi olaraq iş elə gətirmişdi ki, həndəsə bu səviyyəyə riyaziyyatın digər bölmələrindən daha əvvəl çatmış və təbiəti etibarı ilə hər şeydən öncə mexanika və optika məsələlərinə tətbiq oluna bilmişdir.

Nəzəri həndəsənin yaradılması Evklidin (e.ə. III əsr) adı ilə bağlıdır. Onun həyatı haqqında, demək olar ki, heç nə məlum deyil; bircə bu məlumdur ki, o, İskəndəriyyədə məktəb təsis etmiş və orada Ptolemey I Soter dövründə dərs demişdir. Onun 15 kitabdan ibarət "Başlanğıclar" əsərində o dövrdə həndəsəyə aid bəlli bütün məlumatlar sistematik şərh edilmişdir. Bu əsər iki min il ərzində yalnız riyaziyyat üçün yox, həm də istənilən dəqiq elm üçün ciddilik və məntiqlik nümunəsi hesab olunmuşdur.

Ciddi riyazi mühakimələri abstrakt, reallıqda mövcud olmayan predmetlərdən (həndəsi cisim və fiqurlardan) təbiət hadisələrinə – mexaniki və optik hadisələrə köçürmək, onlara aid etmək üçün edilmiş ilk təşəbbüs də Evklidə məxsusdur (və ya hər halda ona aid edilir). Evklidin mexanikaya aid əlyazmalarından bizim dövrə qədər cəmi üç parça, həm də təhrif olunmuş şəkildə gəlib çatmışdır. Çox güman ki, onlar eyni bir əsərə daxil olmuşdur.

Bu parçalar e.ə. III əsrin əvvəllərinə aid olan və "Mexanikanın problemləri" adlanan yunan traktatında şərh olunmuş ideyaların inkişafından ibarətdir (bu, mexanika üzrə bizə məlum olan ən qədim əsərdir). Bu əsəri uzun müddət Aristotelə aid etmişlər. Əsərin müəllifi məlum deyil. Ola bilsin ki, onun müəllifi Lampsaklı Straton olmuşdur. "Mexanikanın problemləri" əsəri çoxsaylı antik və orta əsr şərhlərinin yazılmasına səbəb olmuşdur. Həmin şərhlər bu elmin düz Qalileyə qədər nəzəri konturlarını müəyyən etmişdir.

Evklidin traktatı "Mexanikanın problemləri"ndən əsasən onunla fərqlənir ki, Evklid "Mexanikanın problemləri"ndəki sırf keyfiyyət xarakterli



Misir çarı Ptolemey I Soter. Sikkə üzərində təsvir.



Evklid. Qravüra. XVIII əsr.

ELMİ İNSTİTUTLARIN İLK NÜMUNƏLƏRİ: KİTABXANA VƏ MUSEYON

İskəndəriyyə şəhəri özünün bir çox görməli yerlərilə şöhrət tapmışdı. Onlardan biri Faros adasında yerləşən və dünyanın yeddi möcüzəsindən biri olan mayakdır (e.ə. təxminən 280-ci il). Lakin İskəndəriyyə museyonu və onun nəzdində təsis edilmiş kitabxana (e.ə. III əsrin əvvəli) bundan az heyranlıq doğurmurdu. Hər iki müəssisə çar xəzinəsi hesabına saxlanırdı və Misirin ilk yunan çarı Ptolemey I Soterin (e.ə. 305-283-cü illər) təşəbbüsü ilə tikilmişdi.

Aydındır ki, kitabxana yaratmaq ideyası Afina filosofu – peripatetik və natiq Demetri Falerskiyə (e.ə. təxminən 360 – təxminən 280) məxsus olmuşdur. Onu Makedoniyalı İskəndərin vərəsələrindən biri olan Kassandr e.ə. 317-ci ildə şəhər hakimi təyin etmişdi. E.ə. 307-ci ildə Afinada demokratiya bərpa edildikdən sonra, Demetri Misirə qaçdı. Ptolemeyin sarayında ona elmdəki və incəsənətdəki müxtəlif biliklərinə görə hörmət edirdilər.

İskəndəriyyə kitabxanasının, o dövrün mövcud olan bütün həm elmi, həm də bədii yunan ədəbiyyatını toplamaq niyyətinə görə tayı-bərabəri yox idi. Əlbəttə, əlyazmaları əvvəllər də toplamışdılar, məsələn, dramaturq Evripidin və Aristotelin böyük kolleksiyaları olmuşdur. Lakin onlar öz kolleksiyalarını şəxsi zövqlərini rəhbər tutaraq və çox da böyük olmayan vəsaitə malik olaraq yığmışdılar. İndi kitabxananın zənginləşdirilməsini dövlət öz nəzarətinə götürmüşdü. İskəndəriyyə limanına gələn bütün gəmilərdən kitablar götürülürdü, sahiblərinə isə gözəl tərtib olunmuş surətləri qaytarılırdı. İskəndəriyyənin çiçəkləndiyi illərdə burada toplanmış əlyazmaların sayı 500 minə çatırdı, həm də əksər əlyazmalara bir yox, bir neçə əsər daxil idi. Kitabxanaya, bir qayda olaraq, çar uşaqlarının tərbiyəsilə məşğul olan məşhur İskəndəriyyə alimləri başçılıq edirdilər.

Bir neçə yanğın nəticəsində kitabxana məhv oldu. İlk yanğın e.ə. 47-ci ildə Yuli Sezarın qoşunları tərəfindən şəhərin istilası zamanı baş vermişdi, lakin o vaxt çarıça Kleopatra əlyazmaların bir hissəsini xilas edə bilmişdi. Dəymiş zərəri Sezarın özü kitabxanaya çoxsaylı əlyazma hədiyyə etməklə ödəmişdi.

İkinci yanğın b.e. təxminən 272-ci ilində, Roma imperatoru Avrelianın şəhəri tutmağa cəhd etdiyi zaman baş vermişdi. Kitabxananın filialı 391-ci ildə xristian fanatikləri tərəfindən məhv edildi. Bu çox gözəl, böyük kitabxananın qalıqlarını 642-ci ildə xəlifə I Ömərin qoşunları yandırdı. Rəvayətdə deyilir ki, Ömər aşağıdakı sözlərlə əlyazmaları yandırmağı əmr etmişdi: "Əgər elmlər Qurandakı yazılanı öyrədirsə, onda onlar lüzumsuzdur; əgər başqa şeyi öyrədirsə, onda onlar allahsızdır və cinayət xarakterli daşıyır".

Kitabxananın əsas hissəsi İskəndəriyyə museyonunda (*yun.* "muz məbədi") saxlanırdı. E.ə. 24-20-ci illərdə Misirdə olmuş qədim yunan coğrafiyaşünası və tarixçisi Strabonun yazdığına görə, Museyonda "gəzinti üçün yer, eksedr (oturacaqları olan üstüörtülü qalereya) və böyük bir ev var". Bu evdə Museyonun öhdəsində olan alimlər üçün ümumi yeməkxana yerləşirdi. Elm xadimləri fəlsəfənin problemlərini həll etmək, gənclərə öyüd-nəsihət vermək, kitabxanadan götürülmüş əlyazmaları öyrənmək üçün bura yığışırdılar – bütün bunlar bir yerdə "muza xidmət" hesab olunurdu.

O dövrdə İskəndəriyyədə işləyən bütün böyük alimlər, hər necə olursa olsun, Museyonla bağlı idilər. Alimlərin arasında qadınlar da var idi. Əksəriyyəti tarixlə, fəlsəfə və ya coğrafiya ilə məşğul olurdu. Onlardan biri olan Hipatiya (370-415) görkəmli riyaziyyatçı və astronom idi və yeni platonçuların İskəndəriyyə məktəbinə başçılıq edirdi. Xristian rahibləri onu bütpərəstlərin başçısı elan etdilər. Dini fanatiklərin izdihamı Hipatiyanı tikə-tikə parçaladı. Onun həlakından sonra İskəndəriyyənin intellektual və mədəni tənəzzülü başladı.





Arximed. Qravüra.

hökmlərə əsərində tərifl ərin, aksiomların və teoremlərin sistemləşdirilmiş riyazi formasını verməyə çalışmışdır. Evklid əvvəlcə qüvvəni, çəkini və cismin verilmiş mühitdə getdiyi məsafəni bir-birilə əlaqələndirən münasibəti çıxarmış, sonra isə ondan ling qanununu çıxarmağa cəhd etmişdir.

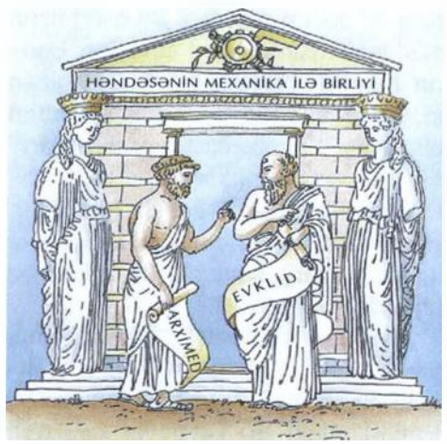
Evklid eyni şərhetmə tərzini "Optika" əsərində də saxlamışdır. Bu əsər Platonun görmə nəzəriyyəsinə əsaslanırdı. Həmin nəzəriyyəyə görə görmə hissi gözün buraxdığı "görmə şüalarının" obyektin buraxdığı şüalarla toxunmasından yaranır. Evklid "görmə şüalarının" düz xətt boyunca yayıldığını və əşya müstəvi güzgünün səthində duran halda əşya ilə onun xəyalının ölçülərinin eyni olduğunu postulat kimi qəbul etmişdir. Buradan o, aşağıdakı teoremi çıxarmışdır: şüanın gözdən güzgüyə qədər keçdiyi məsafənin şüanın güzgüdən əşyaya qədər keçdiyi məsafəyə nisbəti, əşyanın hündürlüyünün gözün güzgü üzərindəki hündürlüyünə nisbətilə eynidir. Bu teoremin nəticələrindən biri, yunanlara Evkliddən çox-çox əvvəl məlum olan, düşmə və qayıtma bucaqlarının bərabərliyi qanunu olmuşdur.

Həndəsi qurmaların mexanika məsələlərinə tətbiqlərində daha böyük nailiyyətlərə Arximed (e.ə. təxminən 287-212) nail olmuşdur. Alim həyatının əsas hissəsini Siciliyanın şəhəri olan Sirakuzda keçirmişdir; o, həmçinin İskəndəriyyədə də uzun müddət yaşamış və ehtimal ki, Evklid İskəndəriyyədə dərs deyən vaxtlarda, təhsilini də burada almışdır. Yəqin ki, bu da onun həm maraqlarını, həm tədqiqat metodlarını, həm də nəticələrin şərh edilməsi formasını müəyyənləşdirmişdir. Evklid kimi, Arximed də riyaziyyatla çox məşğul olmuşdur, bundan başqa o, həm də görkəmli ixtiraçı və mühəndis idi.

Arximed öz mexanikasının əsaslarını ən tam şəkildə "Ağırlıq mərkəzi haqqında", "Tərəzilər və ya linglər" adlanan əsərlərində şərh etmişdir, lakin bu əsərlər bizə gəlib çatmamışdır. Onun "Müstəvi cisimlərin tarazlığına dair", "Parabolanın kvadraturasına dair", "Üzən cisimlər haqqında" əsərləri, həmçinin Eratosfen Kirenskiyə yazdığı məktub Arximedin baxışları haqqında kifayət qədər tam təsəvvür verir. Bu əsərlər bizə ya bütünlüklə, ya da parçalarla gəlib çatmışdır.

Arximedin mexanikaya aid əsərlərində statikanın nəzəri əsaslarının təməli qoyulmuşdur: onlarda ilk dəfə ağırlıq mərkəzi anlayışı ifadə olunmuş və ling qanununun, Evklidin isbatından daha ümumi və riyazi olaraq daha ciddi isbatı verilmişdir. Arximedin elmin texniki tətbiqlərinə olan marağına və nadir ixtiraçılıq qabiliyyətinə baxmayaraq, onun əsərlərinin nəzəri və riyazi xarakteri diqqəti cəlb edir. Əsas anlayışlar tərifl ər şəklində ifadə olunmuş və aksiomlar vasitəsilə əlaqələndirilmişdir. Sonra onlara dair təkliflər və teoremlər formasında aşkar olmayan hökmlər çıxarılır.

"Üzən cisimlər haqqında" əsərində onun mühakimə üsulu mexanikaya aid əsərlərindəkinə nisbətən daha çox



Əgər Platona görə, "görmə şüaları" gözdən çıxırsa, onda belə sual ortaya çıxır ki, bəs insanlar qaranlıqda niyə görmürlər. Filosof bunu onunla izah etmişdir ki, görmə yalnız iki sel birləşən vaxt yaranır: "Daxildən çıxan od xarici işıq seli ilə toqquşur... Daxili və xarici odlar ünsiyyətə girir və bir yerdə birləşir".

SAMOSLU ARİSTARX

Qədim Yunanıstanın böyük alimlərindən biri, Kainatın heliosentrik sistemini təklif etmiş ilk astronom Samoslu Aristarx (e.ə. IV əsrin sonu – III əsrin birinci yarısı) Samos adasında doğulmuşdur. 125-ci Olimpiada dövründə (e.ə. 280-277-ci illər) o, İskəndəriyyədə Günəş tutulmasını müşahidə etmişdir. Qədim Yunanıstanın böyük riyaziyyatçısı Arximed "Qum dənəcikləri hesabı" ("Psammit") əsərində Aristarxın bizə gəlib çatmamış "Təkliflər" adlı işinə istinad edir. Bu istinadlardan belə çıxır: qədim yunan astronomu fərz edirmiş ki, ulduzlar tərpənməz sfera əmələ gətirir; bu sferanın mərkəzində də tərpənməz Günəş yerləşir. Onun ətrafında Yer və digər planetlər (Aydan başqa) çevrə üzrə hərəkət edir. Aristarx həmçinin fərz etmişdir ki, Günəşdən Yerə qədər olan məsafə Günəşdən tərpənməz ulduzlar sferasına qədər olan məsafədən ölçüyəgəlməz dərəcədə kiçikdir.

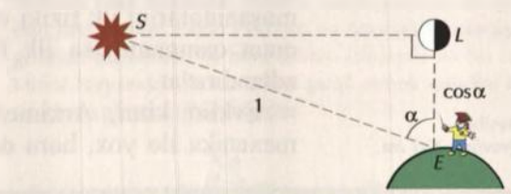
Aristarxın öz nöqteyi-nəzərinin isbatını verdiyi əsərləri itmişdir. Lakin onun kiçik, ancaq çox qiymətli olan "Günəşin və Ayın ölçüləri və onlara qədər olan məsafələr haqqında" adlı əsəri bütöv halda bizə gəlib çatmışdır. Bu əsər ilk dəfə 1418-ci ildə Venesiyada çap olunmuşdur. Orada Aristarx Günəşdən Yerə qədər olan məsafənin Günəşdən Aya qədər olan məsafəyə nisbətini hesablamaq üçün ağıllı bir üsul təklif edir. Yalnız birinci və axırıncı rüb anlarında, yəni Yerdən Ay diskinin yarısı göründüyü vaxt Günəşlə Ay arasındakı bucağı ölçmək tələb olunurdu. Aristarx bu bucağı 87° qəbul etmiş və tapmışdır ki, Yerdən Günəşə qədər məsafə Yerdən Aya qədər məsafədən təxminən 19 dəfə böyükdür. Həqiqətdə axtarılan bucaq 89°51′-yə, məsafələrin nisbəti isə 1/390-a bərabərdir. Alimin ixtiyarında olan cihazlar axtarılan bucağın qiymətini dəqiq ölçməyə imkan verməmişdi, ancaq Aristarxın mühakimələrinin həndəsi əsası şübhəsiz doğrudur. Aristarx Günəşin və Ayın görünən diametrlərini bərabər götürmüşdür, çünki Günəş tutulmaları zamanı Ay yalnız qısa müddət ərzində Günəş diskini örtməyə qadirdir. Buradan çıxırdı ki, Günəşin diametri Ayın diametrindən 19 dəfə böyükdür. Aristarx bilirdi ki, Ay tutulmaları zamanı Yerin kölgəsi Aydan təxminən iki dəfə böyük olur. Sadə həndəsi mühakimələr vasitəsilə Aristarx göstərmişdir ki, Yerin kölgəsi Aya qədər məsafədən 3 dəfə böyük olan məsafədə bir nöqtəyə yığılır. Buradan alınırdı ki, Yerin diametri Ayın diametrindən 3 dəfə böyükdür. Onda belə çıxırdı ki, Günəş Yerdən, hər halda, 19/3 ≈ 6,3 dəfə, onun həcmi isə 250 dəfə böyükdür.

Bəlkə də, Günəşin Yerdən xeyli böyük olması Aristarxı vadar etmişdir ki, Günəşi dünyanın mərkəzində yerləşdirsin. Plutarxın söylədiyinə görə stoik (stoisizm fəlsəfəsi tərəfdarı) Kleanf alimi allahsızlıqda günahlandırırdı ki, o, "dünyanın mərkəzi olan" müqəddəs Yerə – Gestiyə (qədim yunanlar Yeri belə adlandırırdılar) əlavə olaraq hərəkət verməyə cəsarət etmişdir. Aristarxı o dövrdə Aralıq dənizi hövzəsinin böyük elm və mədəniyyət mərkəzi olan İskəndəriyyəyə sürgün etdilər. Burada da o, ömrünün sonuna qədər yaşadı.

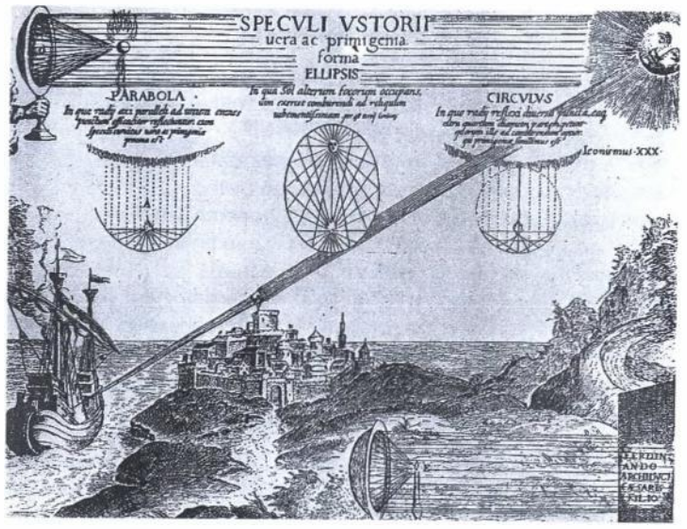
Günəşə və Aya qədər məsafələrin nisbətini təyin etmək üçün Aristarxın təklif etdiyi metod Kosmosun miqyaslarını qiymətləndirməyin və astronomiyanı faktiki olaraq Göy haqqında təlimdən Kainat haqqında elmə çevirməyin ilk və uğurlu cəhdi idi.

Aristarx başa düşürdü ki, Yerdən Ay diskinin tən yarısı görünən zaman Ayın və Yerin mərkəzlərini birləşdirən *LE* parçası Ayın və Günəşin mərkəzləri arasındakı *LS* parçasına perpendikulyardır. Yerlə Günəşi və həmçinin Yerlə Ayı birləşdirən *ES* və *EL* parçaları arasındakı bacaq 87°-yə bərabərdir. Deməli, təpələri Günəşin, Yerin və Ayın mərkəzlərində yerləşən *LSE* üçbucağında bütün bucaqlar məlumdur və çətinlik çəkmədən onun hipotenuzunun katetinə nisbətini və ya Günəşdən və Aydan Yerə qədər olan məsafələrin nisbətini təyin etmək olar, çünki $LE = SE \cdot \cos\alpha$, $\frac{SE}{LE} = \frac{1}{\cos\alpha}$-dır. $\alpha = 87°$ üçün Günəş Aydan 19 dəfə uzaqda olur ($\alpha = 89°51'$ üçün isə 390 dəfə).

Aristarx müasir şəkildə triqonometriya ilə tanış deyildi, lakin o, mürəkkəb həndəsi qurmalar vasitəsilə isbat etdi ki, *SE/LE* 18-dən böyük, 20-dən isə kiçikdir. Əgər triqonometriyaya və həndəsi isbat etmək bacarığına sahib olmadıqda, sadəcə bucaqları 87° və 3° olan düzbucaqlı üçbucaq qurmaq və hipotenuzun kiçik katetdən 19 dəfə böyük olduğuna inanmaq olar.







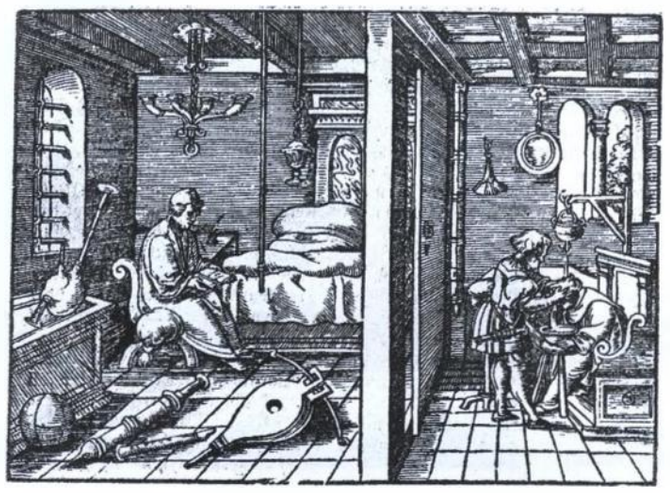
Roma donanmasının yandırılması. Qravüra. XVII əsr.

fiziki xarakter daşıyır. Arximedin məşhur qanunu isə fizikaya xeyli yaxındır, nəinki, nəzərə çarpan həndəsi xarakterli ling qanunu. Arximed qanununun əsasında təcrübi fakt (suya batırılmış cisim yüngülləşir) dururdu. Sonra bu qanun nəzəri mühakimələrlə və hesablamalarla da təsdiqləndi. Ona görə də bəzən Arximedin vannadakı müşahidələrini ilk fiziki eksperiment, onun qanununu isə ilk fiziki qanun adlandırırlar.

Evklid kimi, Arximed də təkcə mexanika ilə yox, həm də optika ilə maraqlanmışdı. Lakin onun optikaya aid əsəri qalmamışdır; bizim günlərə qədər yalnız Roma donanması tərəfindən Sirakuzun mühasirəsi haqqındakı məşhur rəvayət gəlib çatmışdır. Bu rəvayətə görə donanma külli miqdarda güzgülərin köməyilə məhv edilmişdir.

Məhz Arximed əsərlərində Psevdo-Aristotelin "Mexanikanın problemləri"ndə olan tarazlıq və hərəkətlər haqqındakı keyfiyyət mühakimələrindən fiziki mahiyyəti ciddi qanunla birləşdirən riyazi elmə inqilabi keçid etmişdir. Arximedin əsərləri Orta əsrlər ərzində və ilkin İntibah dövründə praktik olaraq naməlum qalmışdır. Yalnız XVI əsrdə onun əsərlərinə maraq yaranmışdır. Həmin vaxtda mexanikaya daxil edilmiş "Arximed ənənələri" Yeni dövrün mexanika elminin qurulmasının elementlərindən biri olmuşdur.

Ktesibi. Qravüra. XVI əsr.



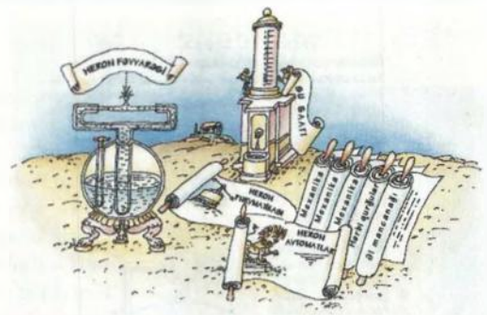
İSKƏNDƏRİYYƏLİ MEXANİKLƏR

Beləliklə, bizə gəlib çatmış ilk fizika qanunları İskəndəriyyədə formulə edilmiş, sonralar fizikanın bir hissəsi (qolu) olmuş ilk elmi fənn – mexanika yaranmışdır. Doğrudur, o, müasir mexanikaya tamamilə bənzəmirdi. Daha doğrusu, o, statikanın ulu babası idi və ən sadə maşınların – lingin və maili müstəvinin nəzəri təhlili ilə məşğul olurdu. Lakin bu cür mexanika hərəkət haqqında Aristotelin işləyib hazırladığı fəlsəfi təlimdən xeyli fərqlənirdi, çünki burada miqdari metodlar tətbiq olunurdu.

Mexanikanın nailiyyətləri elmləri "saf" və "qarışıq" elmlərə ayıran Aristotelin bölgüsünü dəyişdirdi. Evklidin və Arximedin sayəsində qarışıq riyazi elmlərə, astronomiya və musiqidən başqa, mexanikanı və optikanı da aid etdilər.

Qədim yunan fiziki və mühəndisi İskəndəriyyəli Ktesibi (e.ə. təxminən II-I əsrlər) özünü mexanikaya həsr etmiş alimlərdən birincisi idi. Baxmayaraq ki, onun həyatı haqqında heç bir məlumat yoxdur və əsərləri isə bizim günlərə gəlib çatmayıb, onun adı tarixdə qalmışdır.

E.ə. I əsrin ikinci yarısında yaşamış Qədim Roma arxitektoru və mühəndisi Vitruvi nəql edir ki, Ktesibi dəllək oğlu idi və riyazi təhsilə malik deyildi. Lakin onda ixtiraçılığa qarşı



böyük həvəs var idi. Məsələn, o, atasının dəlləkxanasında güzgünü elə yerləşdirmək istəyirdi ki, gizli ipdən

MEXANİKANIN SÜQUTU

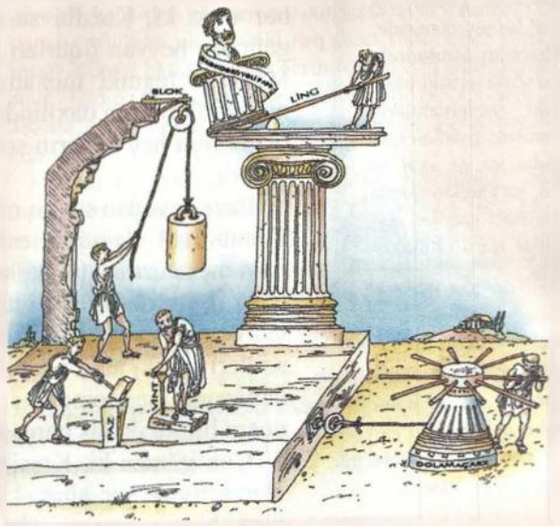
Ellinist dövrünün axırıncı görkəmli mexaniki və ixtiraçısı İskəndəriyyəli Papp (III ə. ikinci yarısı) olmuşdur. O, beş sadə mexanizmin işini nəzəri baxımdan təhlil etmiş və öz baxışlarını "Riyazi toplu" əsərində şərh etmişdir. Görünür, antik dövrün süqut edəcəyini hiss edən Papp öz əsərində o dövrə aid qiymətli nə varsa, hamısını birləşdirməyə çalışmışdır. Onun əsəri özünün son dərəcə müxtəlifliyilə fərqlənir: köhnə nəzəriyyələr orada yeni texniki praktika ilə qarışdırılmış, materiyanın quruluşuna və onun başlanğıclarına dair təbiət haqqındakı antik elm ruhunda verilmiş izahatlar ənənəvi (Evklidin və Arximedin dövründən başlayan) mexaniki tekstə bənd edilmişdi. Üstəlik, Papp "materiyaya dair və dünya elementlərinin təbiətinə dair təlimi" mexanikanın birinci və ən mühüm məsələsi elan etdi. Pappa görə, cisimlərin vəziyyətinin və ağırlığının, habelə onların fəzada hərəkətlərinin öyrənilməsi mexanika üçün ikinci dərəcəli əhəmiyyət kəsb edir.

Papp mexanikanı nəzəri mexanikaya və "əl işi" mexanikasına bölmüş və hər ikisini geniş mənada başa düşmüşdür. O, nəzəri mexanikaya "həndəsəni, hesabı, astronomiyanı və fizikanı", "əl işi" mexanikasına isə "mis emalını, dəmir emalını, ağac emalını, tikinti işini, rəssamlığı, qaldırıcı mexanizmlərin hazırlanması işini" və bir çox digərlərini aid etmişdir.

Həm nəzəri, həm də praktiki hissədə Papp, Heron kimi, öz mühakimələrinin dəqiq isbatlarını verməmiş, onları yalnız formulə etməklə və Arximedə istinad etməklə kifayətlənmişdir. Maili müstəviyə gəldikdə isə, Papp Herondan qəribə bir fərq aşkar etdi. Sələfi kimi, o da mail müstəvinin düsturunu çıxarmaqda – baxılan halda müəyyən çəkiyə malik cismi bu müstəvi üzrə sürüşdürmək üçün lazım olan qüvvəni tapmaqda uğursuzluğa düçar oldu.

Lakin Papp Heronun etmədiyi səhvi buraxdı: ağırlıq qüvvəsini sürtünmə qüvvəsindən fərqləndirməyi bacarmayan Papp fərz etdi ki, üfüqi müstəvi üzrə hərəkət üçün cismin çəkisilə təyin olunan konkret sonlu bir qüvvə lazımdır. Heron isə birbaşa yazmışdı ki, cismi üfüqi səth üzrə hərəkət etdirmək üçün tələb olunan qüvvə yalnız səthlə cisim arasındakı ilişmə dərəcəsindən asılıdır və ona görə də səth kifayət qədər hamardırsa, istənilən qədər kiçik ola bilər.

Bütövlükdə Pappın kitabında şərh xaotikliyi ilə seçilir. O, toplanmış küllü miqdarda materialı sistemləşdirə bilmədi və hər hansı bir rəhbər ideyanı seçə bilmədi. Onun əsəri riyazi ciddilikdən, Evklidin və Arximedin əsərlərində əldə olunmuş riyazi ciddiliyi uzaqdan-uzağa da olsa xatırladan riyazi ciddilikdən məhrumdur. Eyni zamanda Herona məxsus olan texnikanı duyma qabiliyyətinin də çatışmadığı hiss olunur. Lakin Evklidin və Arximedin işlərində rast gəlinən mexanika ilə həndəsənin ittifaqını və bu ittifaqın təbiət haqqındakı bütün elmə şamil etmək cəhdini Pappın əsərində görmək mümkündür.




SPIRITAL LIBER. 107

fusionem obturetur spiritus: quod. Quando igitur in cadona tubæ inflabimus, qui ex nobis egreditur aer, aquam, quæ est in hemisphærio per foramina expellet, quæ accedet in balneum furfum elata. & cum ab inflatione cessamerimus, rursus in hemisphærium ingredietur, expelletque aerem; hic autem per lingulam procedens tubæ sonum perficiet.

L.

Lebetis succenso sphæralam ad cnodacem movere.

Sit lebes succensus, qui aquam habeat AB; obturatúrque orificium cooperculo CD: & vna cū eo fimul perforent tubus inflexus EFG, cuius extremitas G ad concauā sphæralam HK aptetur. ex transmissi autem ex diametro opponatur cnodax LM. cooperculo CD nexus & sphæra duos tubulos inflexos habeat secundum diametri simul cū

O ij


42 HERONIS

bus OP intromittatur in tubos GHKL FM NX simul perforatos cum iis, quæ sunt in GHKL FMNX foraminibus & habens tubulum rectum appositum RS, simul cū ipso perforatum: & in parvum orificium definēs, quod sit 6. si igitur apprehēderes tubulum RS inuertamus ipsum PO tubi, occludentur sibi ipsis respondentia foramina, ita vt humidum, quod exprimi debet, egressum non habeat. demittatur etiā alius tubus in sphæra TYV per aliquod foramen habens inferius orificium V obstructū: à latere vero foramen rotundum Q iuxta fundum, cui clausicula apponatur à Romanis asfarium appellata, cuius constructionem deinceps exponemus. alius autem tubus ZQ demittatur aptatus in tubum TYV. Si igitur euellentes tubum ZQ, in ipsum TYV humidum infundamus, ingredietur illud in sphæræ alueum per foramen Q, aperta clausicu-

▶
Eolipil. Heronun "Pnevmatika" kitabından təsvir və yazı.

▶▶
Filonun termoskopu. Şəkil və təsvir Heronun latıncaya tərcümə edilmiş və XVI əsrdə nəşr olunmuş "Pnevmatika" kitabındandır.

asılmış yük güzgünü tarazlaşdırmış olsun. Onda müştərilər çətinlik çəkmədən onu özlərinə yaxınlaşdıra, sonra isə yenidən qaldıra bilərdilər. Hava "cisimdir" və deməli, onu faydalı iş görməyə vadar etmək olar ideyası, görünür, məhz Ktesibiyə məxsusdur. Havanın faydalı xassələrini öyrənən yeni mexanika bölməsi – pnevmatika bu cür yarandı. Məsələn, hidravlik nasosun sıxdığı hava orqanı səslənməyə məcbur edirdi. Vitruvi həmçinin xəbər verir ki, Ktesibi su ilə hərəkətə gətirilən heyvan fiqurları hazırlamışdı. Müxtəlif texniki mexanizmlərin köməyilə fiqurların daxilində suyun şırıltısı həmin heyvanların səslərini xatırladırdı.

Rezervuardan suyun müntəzəm axmasına nail olaraq, Ktesibi su saatlarının mexanizmini təkmilləşdirdi, bunun üçün o, ilk dəfə dişli ötürmədən istifadə etdi. Belə saatlar yalnız tam sayda saatları qeydə ala bilirdi: hər bir saatdan sonra içərisində su olan rezervuara bir kiçik daş parçası düşürdü.

Çox güman ki, Ktesibinin tələbəsi olmuş başqa bir alim – Filon Vizantiyski bizə yalnız qismən gəlib çatmış "Mexaniki sintaksis" əsərinin müəllifi olmuşdur. Filonun xidməti onun texniki terminologiyanı və texniki estetikanın əsaslarını yaratmaqdan ibarət olmuşdur.

Müxtəlif hərbi qurğuların müfəssəl təsviri ilə yanaşı, Filon *termoskopla* (*yun.* "terme" – "istilik" və "skopeo" – "baxıram") aparılan təcrübələr haqqında da danışır. Bunlar həmin növ ilk təcrübələr idi ki, onlar haqqında məlumatlar bizim dövrə qədər gəlib çatmışdır. Onun termoskopu şüşə boru ilə birləşdirilmiş iki şüşə kürədən ibarət idi. Kürələrdən biri su ilə, digəri isə hava ilə doldurulur. Hava doldurulmuş küreni qızdıranda suda qabarcıqlar qalxır ki, bu da havanın genişləndiyini göstərir; su ilə doldurulmuş küreni qızdıranda, boruda su qalxır və hava olan kürəyə tökülür. Beləliklə, Filon müəyyən etdi ki, həm su, həm də hava qızdırıldıqda genişlənmə qabiliyyətinə malikdir.

İskəndəriyyəli mexaniklər bu təcrübənin nəticələrindən sonrakı ixtiralarında istifadə etdilər. Onların arasında ən məşhuru İskəndəriyyəli Heron (e. I əsrinə yaxın) olmuşdur. Riyazi-

Heronun avtomatları müasir avtomatlara qətiyyən bənzəmir. Yunan sözü olan "aytomatos" "öz-özünü hərəkətə gətirən nə isə" bir şey deməkdir. Heronun əsərlərində bu sözlə əsasən müxtəlif mexanizmlərlə hərəkətə gətirilən qurğular və ya axar su ilə, ya tökülən qumla hərəkətə gətirilən qurğular işarə olunmuşdur.

SON ANTİK DÖVRÜN OPTİKASI

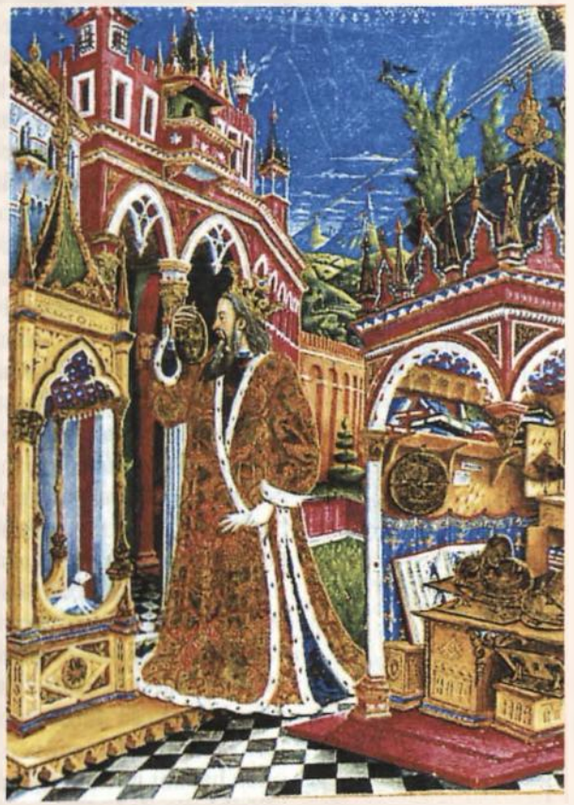
Evklid tərəfindən əsası qoyulmuş ənənəni İskəndəriyyədə yaşamış qədim yunan alimi Klavdi Ptolemey (təxminən 90 – təxminən 160) davam etdirmişdir. O ən çox astronomiyaya aid olan "Almagest" əsərilə məşhurdur. Onun optika və katoptrikaya həsr olunmuş elmi əsəri bir çox əsrlər boyu optik hadisələrə aid ən mötəbər tədqiqatlar hesab olunmuşdur. Optik hadisələrin həndəsi cəhətlərilə kifayətlənmiş Evkliddən fərqli olaraq, o, *binokulyar* görmənin (*lat.* bini – cüt, iki və oculus – göz) fiziki mexanizmini açmağa və rəngin təbiətini izah etməyə cəhd etmişdir.

Ptolemeyin əsərində sınma qanununun, səhv olsa da, bizim günlərə qədər gəlib çatmış ilk ifadəsi verilmişdir. Daha dəqiq desək, bu ifadə yalnız kiçik bucaqlar üçün doğrudur: alim hökm edirdi ki, sınma bucağının düşmə bucağına nisbəti mühitlərin verilmiş sərhədi üçün sabitdir (və nisbi sındırma əmsalına bərabərdir). Yalnız XVII əsrdə doğru sınma qanunu kəşf olundu. Bu qanun Ptolemey qanunundan onunla fərqlənir ki, burada bucaqların nisbəti əvəzinə onların sinusları nisbəti iştirak edir.

Bu qanunu tapmaq üçün Ptolemey ilk eksperimental qurğulardan birini tətbiq etmişdir. O, bu qanunu sırf eksperimental yolla çıxarmışdır, çünki onun əlində heç bir nəzəri ilkin şərtlər ola bilməzdi. Lakin düşən və sınan şüaların bucaqlarını əlaqələndirən qaydanı aşkar edərək, Ptolemey öz ölçmələrinin (yeri gəlmişkən, heyrətamiz dəqiqliklə aparılmış) nəticələrini qanunun səhv ifadəsinə uyğunlaşdırmaq üçün qəsdən müəyyən təhrifə yol vermişdir. Deməli, hər şeydən əlavə, o, həm də dünyada ilk elmi səhlənkarlığa yol vermişdir.

Ptolemeyin daha bir mühüm kəşfi optika ilə astronomiyanın sərhədində yerləşir. Göy cisimləri üfüqə yaxınlaşanda, onların hərəkət sürətinin azalması faktını o izah edə bilmişdi. Alim başa düşmüşdü ki, baxılan halda kasadakı daş parçası ilə aparılan klassik təcrübədə olan hadisə baş verir. Daş parçası boş kasanın dibində yerləşir və ona




Klavdi Ptolemey. XV əsr əlyazmasından miniatür.

görə də kənardan görünmür, lakin kasaya su tökdükdə daş parçası görünən olur, çünki işıq şüası suda sınır. Yerdəki insan üfüqdə batan ulduzu görür, çünki işıq şüası havada sınır. Ulduz üfüqə yaxınlaşdıqca sınma bucağı artır və adama elə gəlir ki, ulduz göy sferasında yavaş hərəkət edir.

Herona məxsus olan kiçik həcmli "Katoptrika" əsəri (optikanın işığın güzgülərdən əks olunmasına həsr olunmuş bölməsi belə adlanırdı), müəllifin zövqünə uyğun olaraq, müxtəlif optik fokuslara və möcüzələrə həsr olunmuşdur. Lakin əsərdə ilk dəfə olaraq XVIII-XIX əsrlərdə mexanikada və optikada çox böyük rol oynamış variasiya prinsiplərinə bənzəyən bir variasiya prinsipi də verilmişdir. Heron aşkar etmişdi ki, işıq güzgü səthindən qayıdarkən minimal uzunluqlu xətlər boyunca yayılır, həmçinin "verilmiş nöqtədən düşən və verilmiş nöqtəyə qayıdan bütün şüalardan elələri minimal olur ki, onlar müstəvi və sferik güzgülərdən bərabər bucaqlar altında əks olunsun".

yata dair əsərləri ilə yanaşı o, özündən sonra mexanikaya aid də çoxsaylı əsərlər qoymuşdur. Onların əksər hissəsi bizim dövrə qədər qalmışdır; bunlar "Pnevmatika" (iki kitabdan ibarətdir), "Avtomatlar", "Hərbi qurğular" və "Əl mancağı" əsərləridir. Bundan əlavə, onun üç "Mexanika" kitabının ərəbcəyə tərcüməsi, həm də çox təhrif olunmuş şəkildə bizə gəlib çatmışdır.

"Hərbi qurğular" əsərinə yazdığı ön sözdə Heron özünü Ktesibinin tələbəsi adlandırmışdır. Öz müəllimi kimi, o da mühəndis qurğularını və mexaniki oyuncaqları müfəssəl təsvir etmişdir. Onlardan ən məşhuru kilsə qapıları olmuşdur; qurbangahı və *eolipili* və ya Heron təkərini yandıranda bu qapılar açılırdı. Heron təkəri müasir reaktiv turbinlərin qədim əcdadı olmuş ilk işləyən buxar maşınıdır. Alim bəzən nəzəri məsələləri də müzakirə etmişdir. Məsələn, "Pnevmatika"ya aid birinci kitabında izah edirdi ki, əgər o dövrdə, bir çox filosofların düşündükləri kimi, boşluq mövcud olmasaydı, onda havanı sıxmaq mümkün olmazdı. "Fiziklərin dediklərinə görə hava çox



xırda, kiçik, gözə görünməyən molekullardan ibarətdir", onlar arasında boşluq olduğuna görə havanı sıxmaq və iş görməyə məcbur etmək olar.

"Mexanika"ya aid ikinci kitabında beş ən sadə mexanizmə – dolamaçarxa, lingə, bloka, paza (mail müstəviyə) və vintə həsr olunmuş nəzəri bölmə vardır. Həmin vaxtdan Qalileyin işlərinə qədər mexanikaya aid istənilən nəzəri əsərlər üçün bu beş mexanizmin nəzəriyyəsinin şərhi məcburi idi.

Heronun "Mexanika" kitabında ilk dəfə olaraq cisimlərin mail müstəvi üzərində tarazlıq şərti ifadə olunmuşdur. Lakin alim düzgün düstur çıxara bilməmişdir. Düstur yalnız Orta əsrlərdə meydana çıxmışdır.

QƏDİM ROMADA TƏBİƏT HAQQINDA ELM

Roma imperiyası elmin inkişafı üçün yaxşı yer deyildi. Məlum oldu ki, özünün şairləri, dramaturqları, arxitektorları, natiqləri və hüquqşünasları ilə şöhrət tapmış Roma mədəniyyəti nə heç bir yeni teoremi isbat etməyə, nə də yeni bir qanun kəşf etməyə qadir idi. Onun sərhədlərinin genişləndirilməsinin özü belə çox vaxt elə hadisələrə gətirib çıxarmışdır ki, onlar bəşəriyyətin bütün sonrakı tarixində böyük təəssüf doğuracaq dərəcədə öz əksini tapmışdır (məsələn, Sirakuzun ələ keçirilməsi zamanı Arximedin öldürülməsi və ya e.ə. 47-ci ildə İskəndəriyyə kitabxanasındakı yanğın). Məhz Qədim Romada təbiət elmlərinin inkişafında fasilə başlandı və bu fasilə Avropada, demək olar ki, b.e. I minilliyi ərzində davam etdi.

Roma elminin bu kədərli fonunda şair Tit Lukretsi Kar (e.ə. I əsr) seçilir. O, orijinal nəticələrə nail olmasa da, sələflərinin baxışlarını stilistik dəqiq şərh etməklə mühüm rol oynamışdır.

Lukretsi Kar haqqında praktik olaraq heç bir bioqrafik məlumat qalmamışdır. Xristian yazıçısı və ilahiyyatçısı müqəddəs İeronim Evsevi (təxminən 342–420) Lukretsi haqqında nəql etmişdir ki, o, e.ə. 94-cü ildə doğulmuş, yetkinlik yaşında məhəbbət içkisindən zəhərlənib ağlını itirmiş, qısa sürən ayıq vaxtlarında bir neçə kitab yazmış və 44 yaşında intihar etmişdir.

Lukretsi "Şeylərin təbiəti haqqında" poemasında Epikur fəlsəfəsinin əsaslarını şərh etmişdir. Təbiət haqqında elm baxımından poemanın iki ideyası mühümdür: atomizm, yəni materiyanın boşluqdan və arasıkəsilmədən hərəkətdə olan atomlardan ibarət olması haqqında təlim, bir də *aqnostisizm* (*yun.* "aqnostos" – "dərkedilməz"), yəni Kainatın prinsipial olaraq dərk olunmazlığı və həqiqətə çatmağın mümkünsüzlüyü müddəası. Məsələn, Ayın müşahidə olunan dəyişikliklərinin üç izahı ola bilər: Ay öz işığı hesabına yox, əks etdirdiyi Günəş işığı hesabına işıq saçır; Ay öz işığı hesabına işıq saçır, lakin onun ətrafında Ayın qabağını periodik olaraq ya tam, ya da qismən kəsən başqa bir görünməz cisim fırlanır; Ay hər gün başqa-başqa formalarda yenidən doğulur.



Lukretsiyə görə göstərilən hər üç izahat həqiqət olmaq hüququna malikdir və onlardan hansının doğru olduğunu isə bilmək qeyri-mümkündür. Ona görə də sakitləşmək və öz biliksizliyimizi vergi kimi qəbul etmək lazımdır.

Əgər Ayın görünən diski həqiqətən hər hansı başqa bir səma cismi tərəfindən örtülsə, onda diskin işıqlanan hissəsini məhdudlandıran xətt öz formasını saxlayardı. Əslində isə kölgə həmişə görünən diskin diametral əks nöqtələrindən keçir və ona görə də kölgənin kənarının əyriliyi daim dəyişir.

ORTA ƏSR ŞƏRQİNDƏ FİZİKA

Bir vaxtlar Makedoniyalı İskəndərin imperiyasının baş şəhəri kimi nəzərdə tutulmuş İskəndəriyyə tədricən Romanın, sonra Vizantiyanın əyalətinə çevrildi və nəhayət, 642-ci ildə yeni sahiblərin əlinə keçdi. Ərəbistan yarımadasının yeni mübariz dini doktrina ilə – islamla qızışdırılmış sakinləri qərbə doğru hərəkət etməyə və şimal qonşuları olan barbarlar tərəfindən ağır məğlubiyyətlərə düçar olmuş və gücdən salınmış romalıları buradan sıxışdırıb çıxarmağa başladılar. Yunan əlyazmalarını ələ keçirən ərəb alimləri romalılara nisbətən onlara daha çox maraq göstərirdilər. Antik dövr alimlərinin bir çox əsərləri yalnız çoxsaylı ərəb tərcümələri və şərhləri

Rəvayətə görə Allahdan vəhy almış Məhəmməd peyğəmbər (təqribən 570-632) islamı təbliğ etmək üçün təxminən 609-cu ildə Ərəbistan şəhəri Məkkəyə daxil olmuşdur. 630-631-ci illərdə müsəlmanlar başda peyğəmbər olmaqla yeni dövlət qurdular. VIII əsrin ortaları – IX əsrin əvvəlləri bir sıra Yaxın və Orta Şərq, Şimali Afrika və Cənubi Avropa ölkələri istila edildi və yeni qüdrətli bir dövlət – xilafət yaradıldı.

ALLAHLAR VƏ TERMİNLƏR

"Şeylərin təbiətinə dair" poemasında Lukresi hökm edirdi ki, istənilən hadisənin səbəbi təbiət qanunlarındadır. Allahların qəzəbindən qorxmayan ağıl onları tamamilə dərk edə bilər:

Qəlbdən bu qorxunu qovan və zülməti yaran
Günəş şüaları yox, gündüz şəfəqi yox,
Öz görünüşü, öz daxili quruluşu ilə təbiətdir.
Burada biz belə müddəanı rəhbər tuturuq:
İlahinin iradəsiylə heçdən heç nə yaranmır.

Bütün mövcudiyyət materiya və onun xassələri vasitəsilə doğur: "...hər şey materiyadan törəyir və onunla nəfəs alır".

Lukresinin poemasının məxsusi əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, poemada elmi latın terminologiyası işlənib hazırlanmışdır. Onun özü daim sözlərin çatışmazlığından şikayətlənirdi:

Şübhəm yox ki, yunanların anlaşılmaz təlimini
Latın şeirlərində şərh etmək xeyli çətin olacaq:
Başlıcası, tez-tez yeni sözlərə müraciət etməli oluram
Dilin yoxsulluğu və yeni anlayışların olduğu bir zamanda.



Əbu Əli İbn Sina. Qədim qravüra.

sayəsində qorunub saxlanılmış və sonralar Avropa mədəniyyətinin tərkib hissəsinə çevrilmişdir. Qədim müdriklərin fikirləri ərəbləri mümkün praktik tətbiqlərindən daha çox gözəlliyi və dəqiqliyi cəlb etmişdir.

Ərəb mütəfəkkirləri üçün yunan fəlsəfi mətnləri öz canlı və əsil xarakterini itirərək, bir növ müqəddəs kitablara çevrildilər (buna oxşar bir şey sonralar Avropada da baş vermişdir). Onların məzmunu sanki dondu və tükənməz sxolastik fəaliyyətin mənbəyinə çevrildi. Qədim yunanların məişətindən götürülmüş hətta sadə əşyalar da, məsələn, tərəzi və ya ling müqəddəs mahiyyət kəsb etdi. Bu barədə, məsələn, ərəb riyaziyyatçısı Sabit ibn Kurranın (836-901) "Roma tərəziləri haqqında traktat" əsərinə görə belə fikir söyləmək olar.

Suriyada doğulmuş Sabit ibn Kurra başqa dini düşüncələrinə görə oradan qaçmağa məcbur olmuşdur. O, ömrünün son illərini ərəb paytaxtı olan Bağdadda saray astronomu vəzifəsində keçirmiş boş vaxtlarını astronomiyaya, riyaziyyata və mexanikaya aid əsərlər yazmağa həsr etmişdir. Bağdad xeyli dərəcədə yunan İskəndəriyyəsinin ənənələrini əxz etmişdi.

Quruluşuna görə "Roma tərəziləri haqqında traktat" Evklidin və Arximedin analoji əsərlərini xatırladır, ancaq riyazi aparatda həndəsi qurmaları cəbri mühakimə üsulları əvəz etmişdir. Əvvəlcə ling qaydası, Evkliddə və Arximeddə verildiyi kimi isbat olunur, sonra isbat edilir ki, bu qayda yüklərin asıldığı asqının uzunluğundan asılı deyil. Sabit ibn Kurra eyni zamanda isbat edir ki, əgər asqılar lingə perpendikulyar deyilsə, onda qüvvələrin qolları olaraq tərpənməz nöqtədən, yüklərdən lingin xəttinə endirilmiş perpendikulyarların oturacaqlarına qədər məsafələr götürülməlidir. Daha sonra bu teorem bir neçə yük olan hal üçün ümumiləşdirilir və s.

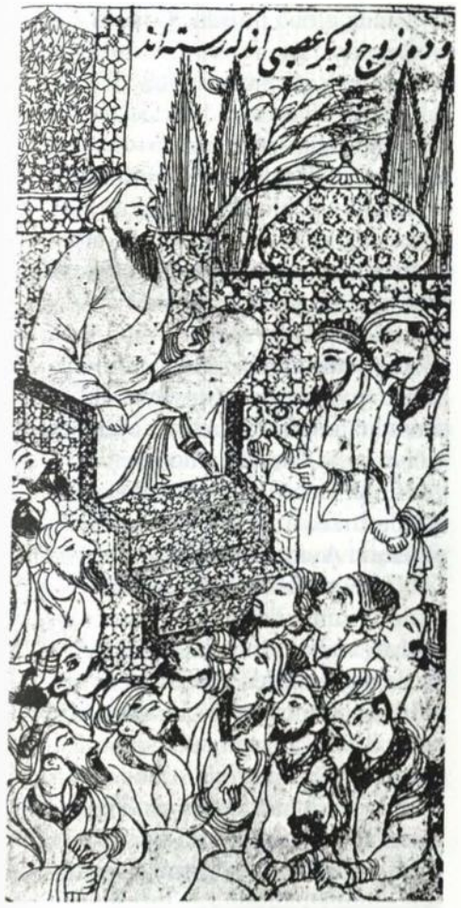
Bütövlükdə şərh mürəkkəb və incə bir oyunu xatırladır. Bu oyunun estetikliyi əsərin adında öz əksini tapmışdır. Belə ki, söhbət ümumiyyətlə tərəzi haqqında deyil, bir vaxtlar, demək olar, min il əvvəl haqqında böyük Evklidin Bağdad sarayından belə uzaq olan, çoxdan antik çarlığın gözəl paytaxtından Misirin düşkün bir kəndinə çevrilmiş İskəndəriyyədə yazdığı "Roma tərəzilərindən" gedir.

Aristotel fizikasının müxtəlif bölmələri, o cümlədən hərəkət nəzəriyyəsinə həsr olunmuş bölməsi, ərəb filosofları: Fərabinin, İbn Sinanın, İbn Rüşdün (latınlaşdırılmış adı – Averroes) və Biruninin çoxsaylı şərhlərində araşdırılmışdır.

Orta Asiyada, sonra həm də Avropada Əbu Əli İbn Sinanın (təxminən 980-1037) əsərləri xüsusilə şöhrət tapmışdı. O, Qərbdə latınlaşdırılmış Avisenna adı ilə məşhurdur. O ən böyük şöhrəti tibbi əsərləri sayəsində qazanmışdır. Lakin İbn Sina həmçinin fizikaya, musiqiyə, riyaziyyata, əlkimyaya, fəlsəfəyə dair də əsərlər yazmışdır. Onun məşhur "Şəfa kitabı"nda fizikaya həsr olunmuş bölmə var, burada hərəkət, fəza, qüvvə məsələlərinin fəlsəfi tərəfləri, habelə optika məsələləri tədqiq olunur.

Bu bölmədə İbn Sina hərəkət haqqında Aristotel təliminin iskəndəriyyəli alim İohann Filoponun (VI əsr) başladığı tənqidi inkişaf etdirir. Filopona görə cismə sürət verən anda, bu cismə hər hansı bir hərəkətetdirici qabiliyyət (kinetik kömək) daxil olur. Bu qabiliyyət hərəkətverici qüvvə (deyək ki, cismi itələyən əl) cismi tərk edəndən sonra cismin hərəkət etməsinə kömək edir. İbn Sina "cəhd" anlayışı daxil etmişdir; sonralar bu anlayışını latıncaya "impetus" kimi tərcümə

Qüvvənin qolu – verilmiş nöqtədən (mərkəzdən) qüvvənin təsir xəttinə qədər olan ən kiçik məsafədir, yəni mərkəzdən həmin xəttə endirilmiş perpendikulyarın uzunluğudur.



İbn Sina şagirdləri ilə.

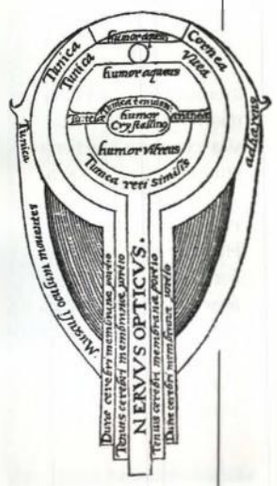
olundu. Bu "cəhd" atılmış cismə mühitin (məsələn, havanın) müqavimətini dəf etməkdə kömək edərək, onun hərəkətini davam etdirir. Atılma anında cismə daxil edilmiş "cəhd" sərf olunub qurtarmayanadək cisim məcburi hərəkət edir və yalnız bundan sonra o, təbii – aşağı Yerin mərkəzinə doğru hərəkət edir. İbn Sinanın impetus haqqındakı təlimi XII əsrdə Paris universitetində məlum oldu. Böyük Albert birbaşa İbn Sinaya istinad etdi, sonralar bu təlimi Jan Buridan sistematik inkişaf etdirdi.

Əbu Reyhan Məhəmməd ibn Əhməd əl-Biruninin (973 – təxminən 1050) ölümündən bir az əvvəl mineralogiyaya aid yazdığı əsər elm tarixi üçün böyük maraq kəsb edir. Bu əsərdə o, Allaha inamdan asılı olmayan təbiət qanunlarının dəyişməzliyini və dərk olunanlığını sübut etmişdir. Biruni hesab edirdi ki, insanlar "təbiət qanunlarına dair bilmədiklərini İlahi hikmətə" aid etməyə meyillidirlər. Yalnız bu qanunları dərk etməklə başa düşmək olar ki, fontanlarda su nə üçün yuxarı qalxır, yağış və ildırım nədən baş verir. İldırımdan və ya yağışdan duanın və ya cadunun köməyilə xilas olmaq istəyən adam, duanın köməyilə fontandakı suyu qaldırmağa ümid edən adam kimi gülüncdür. Həm o, həm bu "hadisələrin həqiqi səbəblərini" bilmir.

Müxtəlif mineralların xüsusi çəkisinin təyinini Biruni xüsusilə vacib məsələ sayırdı ki, bu da alimi statikanın bəzi nəzəri məsələlərinin həllinə gətirib çıxardı. Lakin burada onun davamçısı əl-Həzini daha çox nailiyyətlər qazanmışdır. O, 1121-1122-ci illərdə Xarəzmdə "Hikmət tərəzisi haqqında kitab" əsərini yazmışdır. Kitabda təsvir olunmuş tərəzi saf metalı saxta metaldan fərqləndirməyə, metal xəlitələrini müəyyən etməyə, müxtəlif sikkələrin həqiqi dəyərini təyin etməyə imkan verir. Bu alətin iş prinsipinə dair söhbət mexanikanın ağırlıq mərkəzlərinin təyini, suda cismin çəkisinin itməsi, üzən cisimlərin tarazlığı və s. kimi ümumi məsələlərin şərhi ilə müşayiət olunur.

Optika sahəsindəki ən parlaq nailiyyətlər İbn əl-Heysəmin (965-1039) adı ilə bağlıdır; onu Avropada Alhazen adlandırmışlar. Ptolemeyin optikasına mühüm əlavələr etməyə məhz o nail olmuşdur və onun tərəfindən bu elmin qanunlarının "Optikanın xəzinəsi" əsərində (yeddi kitabdır və latıncaya XII əsrdə tərcümə olunmuşdur) verilmiş mənası İohann Keplerin əsərlərinə qədər dəyişməz qalmışdır. Hər şeydən əvvəl, İbn əl-Heysəm Plato-

Gözün quruluşu. Şəkil İbn əl-Heysəmin "Optikanın xəzinəsi" əsərinin XVI əsrdə nəşr olunmuş latınca tərcüməsindən götürülmüşdür.





E.Şevinyar.
II Papa Silvestr (Oriyaklı Herbert). Ağac üzərində qravüra.

nun "göz işığı" nəzəriyyəsindən birdəfəlik imtina etdi. Platon nəzəriyyəsinə görə görmə mexanizmində başlıca rol gözün buraxdığı şüalara məxsusdur. Əl-Heysəmin söylədiyi fikir isə belədir: "Təbii işıq və rəngli şüalar gözə təsir edir".

Daha sonra İbn əl-Heysəm belə bir qayda müəyyən etmişdi: baxdığımız cisimdən çıxan şüalar gözün qavrayıcı üzvünə təsir edir; onun təsəvvürlərinə görə bu büllurun ön səthidir (bu cür yanılma Keplerin kəşflərinə qədər davam etmişdir). Onda obyektin və xəyalın nöqtələri arasında aşağıdakı qayda üzrə uyğunluq yaranır: hər iki nöqtə gözün həndəsi mərkəzindən keçən bir düz xətt üzərində yerləşməlidir.

"Optikanın xəzinəsi" əsərinin xeyli hissəsi möcüzələrə, illüziyalara və hallüsinasiyalara (qarabasmalara) həsr olunmuşdur; əsərə çoxsaylı maraqlı müşahidələr daxildir. Optikanın bu istiqaməti İntibah dövründə xüsusilə populyar olmuşdur.

İLK AVROPA İNTİBAHI. TƏRCÜMƏÇİLƏR VƏ ŞƏRHÇİLƏR

Təbiət qanunlarının öyrənilməsində yaranmış və Avropa üzərindən asılmış çoxəsrlik pauzaya yalnız X əsrdə, yenidən şəhərlər yaranmağa başlayanda və yeni texnoloji dalğanın ilkin şərtləri meydana çıxanda son qoyuldu. İslahatların mənbəyi yalnız elmi bilik ola bilərdi, lakin avropalılar bunu çox yavaş-yavaş anladılar. Qədim əlyazmalarda və ərəb kitablarında qorunub saxlanmış antik müdrikliyin Avropaya qayıtmağa başlamasına səbəb olan ilk təkan, tarixə həmçinin Roma papası II Silvestr (999-1003-cü illər) adı ilə də düşmüş Oriyaklı Herbert (təqribən 940-1003) tərəfindən verilmişdir. Özünün nadir biliyini Herbert ərəb İspaniyasında əldə etmişdir. O, üç il gözəl kitabxanası ilə məşhur olan Santa-Mariya de Ripa monastırında olmuşdur. Bəzi bioqraflar onun Hindistana səyahəti haqqında da danışırlar. Beləliklə, Herbert o dövrün ən təhsilli (elmli) milləti ilə – hindlilərlə və ərəblərlə təmasda olmuş, hər şeyilə maraqlanan qeyri-adi bir insan kimi onlardan kitablara böyük maraq göstərməyi öyrənmişdir. Ömrünün sonuna yaxın Herbert riyaziyyata, metafizikaya, əlkimyaya, astrologiyaya və magiyaya aid dörd sandıqdan çox əlyazma toplamışdır. Yöndəmsiz, hesab əməllərini yerinə yetirmək üçün yaramayan Roma rəqəmlərini əvəz etmiş hind-ərəb hesab sistemini Avropaya məhz o gətirmişdir.

Herbert ərəb və qədim yunan mətnlərinin latıncaya tərcüməsinə başladı və bu iş onun ölümündən sonra da davam etdirildi. Tərcüməçilər dövrü adlanan həmin dövrdə bir neçə alimlər nəsli öz həyatlarını antik müəlliflərin və ərəb müəlliflərinin əsas əsərlərinin tərcüməsinə həsr etmişlər. Əlyazmalar Avropaya Vizantiya və İslam ölkələri (hər şeydən əvvəl ərəb İspaniyası), həmçinin Hindistan vasitəsi ilə çatdırılırdı. XI əsrin ortalarından XIII əsrin ortalarına qədər keçən iki əsr ərzində bizə gəlib çatmış qədim yunan və ərəb alim və yazıçılarının əsərlərinin əksəriyyəti latıncaya tərcümə olunmuşdur.

Eyni zamanda təhsil də inkişaf etməyə başladı. Qədim Avropa universitetləri XI əsrin sonunda Boloniyada, XII əsrdə Oksfordda, daha biri (Sorbonna universiteti) 1215-ci ildə Parisdə açıldı. Universitetlər üçün baza, bir qayda olaraq, ümumtəhsil məktəbləri (*lat.* studia generalia) və ya tibb kolleclər idi. Ümumtəhsil məktəblərində məntiq, ritorika və qrammatika öyrədilirdi.

Sonrakı bir neçə əsrdə alimlər başlıca olaraq yenidən kəşf etdikləri antik

Kremonlu Herard (təqribən 1114-1187) xüsusilə çox əsər tərcümə etmişdir. Onun sayəsində Avropa Evklidin, Ptolemeyin, Arximedin, Hippokratın, Halenin, Fərabinin, İbn Sinanın əsərlərilə tanış olmuşdur. Herard ərəb dilini ispan şəhəri Toledoda öyrənmişdir (orada da vəfat etmişdir).

ədəbiyyatın mənasını açmağa və şərhinə cəhd etdilər. Tərcüməçilər dövrünü şərhçilər dövrü əvəz etdi.

İlk və ən məhsuldar şərhçilərdən biri Oksford universitetindən olan ingilis filosofu və təbiətşünası Robert Qrossetest (təqribən 1175-1253) olmuşdur. Mahiyyət etibarı ilə onun Aristotelin "İkinci analitik" və "Fizika" əsərlərinə verdiyi şərhlər təbiətin tədqiqində elmi metod və eksperimentin rolu haqqında bütün son Orta əsr üçün xarakterik təsəvvürləri ifadə etmişdir. Məhz həmin təsəvvürlərlə mübarizədə İntibah dövrünün sonunda yeni baxışlar yaradıldı.

Qrossetestdə optika özü də ərəb alimlərinin əsərlərilə müqayisədə bir qədər qeyri-adi kontekstdə xüsusi maraq doğurmuşdu. Bibliyanın "Varlıq kitabı"na görə Allah ilk dəfə işığı yaratmışdır və ona görə də Qrossetest hökm edirdi ki, deməli, işıq yaradıcı impulsu Allahdan dünyaya ötürən aralıq vasitəçidir. Dünyaya yayılaraq, işıq fəzanı və materiyanı yaratdı; işıq Kosmosun xarici sferasından əks olunaraq bərkidi və digər göy sferalarını əmələ gətirdi. Beləliklə, işığın yayılma qanunlarını başa düşmək dünyanın Allah tərəfindən yaradılması sirlərini anlamağa yaxınlaşmaq deməkdir. Optikanın bu cür qavranılmasını Qrossetestin şagirdi ingilis filosofu və təbiətşünası fransiskan rahibi Rocer Bekon xeyli dərəcədə əxz etdi.

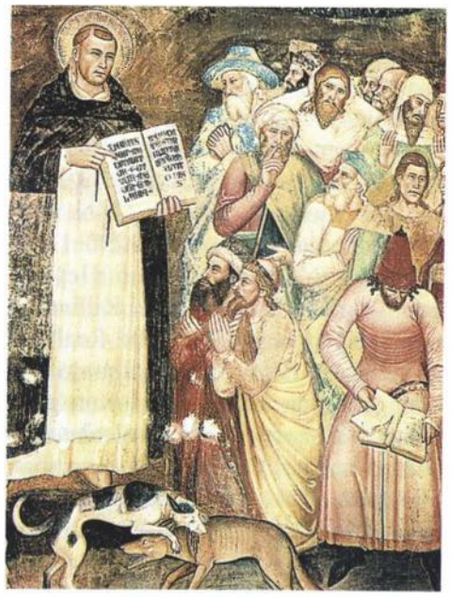
XIV əsrdə Avropa sakinlərinin payına o dövrə qədər eşidilməmiş bir fəlakət düşdü. Yüzillik müharibə (1337-1453), dəhşətli aclıq, 1348-1350-ci illərdə Avropada tüğyan etmiş "qara ölüm" pandemiyası – taun onun əhalisini iki dəfədən də çox azaltdı. Əlbəttə ki, bütün bunların hamısı intellektual tərəqqini ləngitdi. Lakin məhz həmin dövrdə riyaziyyata və onun, biliyin müxtəlif sahələrində, məsələn, hərəkət nəzəriyyəsində və mexanikada, yəni sadə mexanizmlər nəzəriyyəsində (statikada) tətbiqlərinə dair ən əhəmiyyətli əsərlər yazılmışdır. Oksford universitetinin Merton kollecində merton məktəbi adını almış riyaziyyatçılar məktəbi yarandı. Məktəbin üzvləri Tomas Bardvardin (1290-1349) və onun tələbələri Uilyam Heytesberi, Con Dambiton, Riçard Killinqton və Riçard Suynshed olmuşlar. Reallığın təsvirinə o dövr üçün özünəməxsus olan yanaşma tətbiq etdiklərinə görə onları *kalkulyatorlar* (*lat.* calculatores) adlandırırdılar. Onlar hərəkətin səbəbilə onun effekti arasında, başqa sözlə, qüvvə ilə sürət arasında miqdarı əlaqəni tapmağa çalışmışlar. Məsələnin mürəkkəbliyi onda idi ki, nə sürəti, nə qüvvəni ölçmək metodları, nə də bu kəmiyyətləri nəzəri təyin etmək üsulları yox idi. Bunlara baxmayaraq, kalkulyatorlar bərabərtəcilli hərəkət anlayışına gəlib çıxmağa və belə orta sürətli hərəkətin bərabərsürətli hərəkətə "ekvivalent" olduğunu (gedilən yolların bərabərliyi mənasında) göstərən qaydanı ifadə etməyə müvəffəq olmuşdular.



Platon. XIII əsr əlyazmasından miniatür.

Oxşar qaydanı Paris universitetinin alimləri Jan Buridan (təqribən 1300 –





Müqəddəs Foma kafirləri utandırır. Freskadan bir detal.

təqribən 1358) və Nikola Orem (təqribən 1323–1382) də tapmışdılar. Buridan atılmış cismin (məsələn, daşın), bu cismə heç bir qüvvə təsir etmədiyi haldakı hərəkətinin Aristotel fizikası baxımından izahedilməzliyinə diqqət yetirdi. Alim fərz etdi ki, hərəkətin səbəbi təkcə yalnız xarici qüvvə yox, həm də cismin özündə toplanmış hərəkət miqdarı da ola bilər. Beləliklə, Buridan aşağıdakı nəticəyə lap yaxınlaşmış oldu: sabit qüvvə təsir edən cisim, Aristotelin dediyi kimi, sabit sürətlə yox, sabit təcillə hərəkət etməlidir. Belə nəticəni o çıxara bilmədisə də, bərabərtəcilli hərəkət anlayışının vacibliyi onun tələbəsi Oremə aydın oldu. Orem belə hərəkəti qrafik təsvir etmək üçün xüsusi texnika işləyib hazırlaya bilmişdi. Orem deyirdi: Hər bir keyfiyyət, o cümlədən sürət düz xətt parçası şəklində təsvir oluna bilər, bu parçanın uzunluğu keyfiyyətin intensivliyi adlanır. Deməli, müxtəlif keyfiyyətlər, o cümlədən sürətlər arasında, parçalar arasındakı münasibətlər kimi münasibətlər qurmaq mümkündür.

Sxolastlar – Orta əsrlər dövründə hakim dini fəlsəfi cərəyanın nümayəndələridir. Onlar antik fəlsəfəni və elmini xristianlığın ehkamları ilə barışdırmağa çalışmışlar.

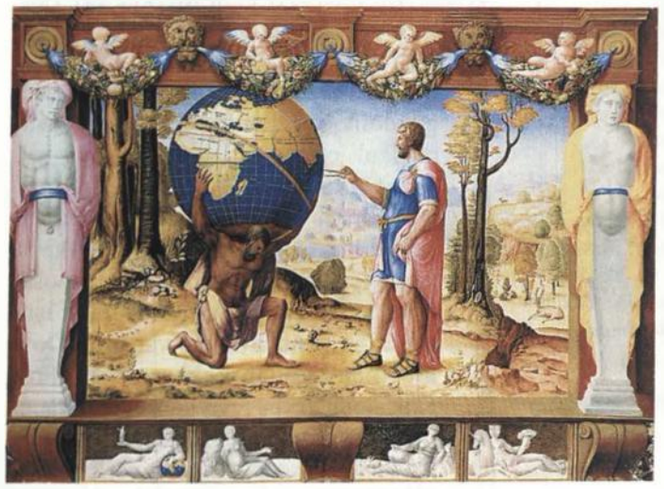
Aristotelə şərhlər şəklində sadə mexanizmlər haqqındakı təlim də dirçəldildi. Hələ XII əsrdə beş sadə mexanizm haqqında bir neçə əsər yazılmışdı. Bu əsərlərdə müəllif – İordan Nemorari (XI və XIII əsrlər arasında) hər şeydən əlavə, cisimlərin mail müstəvi üzərində tarazlığı haqqındakı məsələnin, iskəndəriyyəli mexaniklər Heron və Pappın öhdəsindən gələ bilmədikləri bir məsələnin, ilk düzgün həllərindən birini vermişdir. Nemorarinin əsərini Rocer Bekon da yüksək qiymətləndirmişdi. Bekon qeyd etmişdi ki, ağırlıqlar haqqındakı elm "gözəldir, yüngül və ağır cisimlərin hərəkətinə aid səbəbləri təcrübədə dərk etmək səriştəsi olmayan insanlar üçün çox çətindir".

Qərbi Avropa sxolastik fikri, bir tərəfdən, antik mətnlərə və antik müdrikliyə pərəstiş edirdi, digər tərəfdən isə, bu müdrikliyi xristian dini kontekstinə daxil etməyə çalışırdı. Şübhəsiz, buna həmişə nail olmaq mümkün olmurdu. Məsələn, Paris universitetində XIII əsr ərzində bir neçə dəfə Aristotelin natural fəlsəfəsinin tədrisi qadağan olunmuşdur. Lakin artıq XIV əsrdə xeyli dərəcədə Foma Akvinskinin (1225 və ya 1226–1274) işləri sayəsində sxolastlar Aristotel natural fəlsəfəsilə xristian ehkamları arasındakı ziddiyyəti aradan qaldıra və onları birbirilə sıx əlaqələndirə bildilər. Əmələ gəlmiş təlim "tomizm" adını almış (onun yaradıcısının latınca adı – Thomas), XVI əsrdə isə Trident kilsəsində katolisizmin (katolik dininin) rəsmi fəlsəfi doktrinası statusunu qazandı. Təmiz şəkildə Aristotel təliminin yox, məhz tomizmin, yəni Aristotel təlimilə xristianlığın sintezindən yaranan məhsulun təmsilçiləri yavaş-yavaş formalaşan və sonralar "elmi metod" adını alan təbiətə yeni baxışın başlıca opponentləri kimi çıxış edirdilər.

SİRAKUZLU ARXİMED

Qədim dövrün ən görkəmli mexaniki və həndəsəçisi Arximed (e.ə. təxminən 287–212-ci illər) Siciliya adasının Sirakuz şəhərində riyaziyyatçı və astronom Fidinin ailəsində anadan olmuşdur. Çox güman ki, ona riyaziyyat və astronomiyadan ilk dərsləri elə atası vermişdir. Hələ gənc yaşlarında ikən Arximed, Evklidin "Başlanğıc" əsərilə tanış olmuşdur. Sonralar özünün elmi işlərində o dəfələrlə bu məşhur əsərə istinad etmişdir.

Fidi varlı adam deyildi, lakin İtaliyaya yürüş (e.ə. 280-ci il) zamanı Pirrin qoşununda vuruşmuş Gieron adlı birisi ilə qohum idi. Həmin müharibədə Gieron özünü elə göstərə bilmişdi ki, Pirr Yunanıstana qayıtdıqdan sonra o, Sirakuzda çar olmuşdu. Görünür, bu, onun doğmalarının maddi vəziyyətini yaxşılaşdırmış və Fidiyə oğlunu İskəndəriyyəyə oxumağa göndərməyə imkan vermişdir.



Yer kürəsini çiynində saxlayan Atlant və onu pərgar ilə ölçən Arximed. XVI əsr. Kitab miniatürü.

O dövrlərdə İskəndəriyyə və Afina Aralıq dənizi hövzəsində tanınmış elmi mərkəzlər sayılırdı. Ədəbiyyat və fəlsəfə sahəsində üstünlük Afina tərəfində olsa da, ən yaxşı astronomlar, riyaziyyatçılar və təbiblər, şübhəsiz, Ptolemeyin paytaxtında cəmləşmişdilər.

GƏLƏCƏKDƏN XƏBƏR VERƏN

"Qum dənəcikləri hesabı" ("Psammit") əsərində Arximed o dövrün ən məşhur astronomu olan Samoslu Aristarxa istinad edirdi. Aristarx ulduzlu səmanın ilk tədqiqatçılarından biri olmuşdur. O güman edirdi ki, Günəş Yerin ətrafında yox, Yer Günəşin ətrafında fırlanır. Buna görə cürətli astronomu Afinadan qovmuşlar. Çox güman ki, Arximed dünyanın heliosentrik sistemini qəbul etmişdi, yoxsa Arximed o dövrdə yunan elmində gözdən düşmüş Aristarxın işlərinə hörmətlə yanaşmazdı.

Arximedin Eratosferə yazdığı məktubunun mətninin aşkarlanması hadisəsinin tarixi də çox maraqlıdır. Bu, Peterburq universitetinin privat-dosenti Papadopulo-Keramevs tərəfindən 1906-cı ildə Qüds monastırlarının birinin kitabxanasında baş vermişdi. Dini elmi əsərin sətirləri altında çoxdan yazılmış başqa bir mətnin pis silinmiş hərfləri aşkar olunmuşdur. O dövrlərdə bu cür əlyazmalara tez-tez rast gəlinirdi. Orta əsrlərdə perqament baha idi və kitabın üzünü köçürən şəxs, qədim kitabların səhifələrindəki mətnləri silər və perqamentdən yenidən istifadə edərdi. Papadopulo-Keramevs başa düşür ki, əvvəlcə yazılmış mətn riyaziyyata aiddir. Əsərdən götürülmüş parçaya əsasən danimarkalı riyaziyyat tarixçisi Heyberq mətnin Arximedə məxsus olduğunu müəyyən etdi.

Heyberqin aşkar etdiyi işlər arasından Eratosfenə müraciətnamə də var idi. Bu məktubda sirakuzlu riyaziyyatçı yazırdı ki, konusun və piramidanın həcmləri haqqında teoremləri ilk dəfə Demokrit versə də, lakin onların isbatını göstərməmişdir. Arximed həmçinin yazırdı ki, onun və ilk atomist olan Demokritin bu cür məsələlərin həllində istifadə etdikləri metodlarda oxşar cəhətlər çoxdur. O, konusu və küräni çox nazik dairələrə (silindrlərə) bölür və ona lazım olan fərziyyəni ayrıca götürülmüş bir dairə üçün isbat etməklə, bu isbatı qalan hissələrə də şamil edirdi. Sonra o, belə bir nəticə çıxarırdı: "Əgər cisim bu hissələrdən təşkil olunubsa, onda isbatı bütöv cismə də aid etmək olar". Bu mühakimədə atomistlərin ideyalarının təsiri özünü aşkar şəkildə göstərir. Arximed tərəfindən işlənmiş bu metod, sonralar Nyuton və Leybnis tərəfindən təkmilləşdirilmişdi. Bu metodu riyazi analizin başlanğıcı hesab etmək olar.

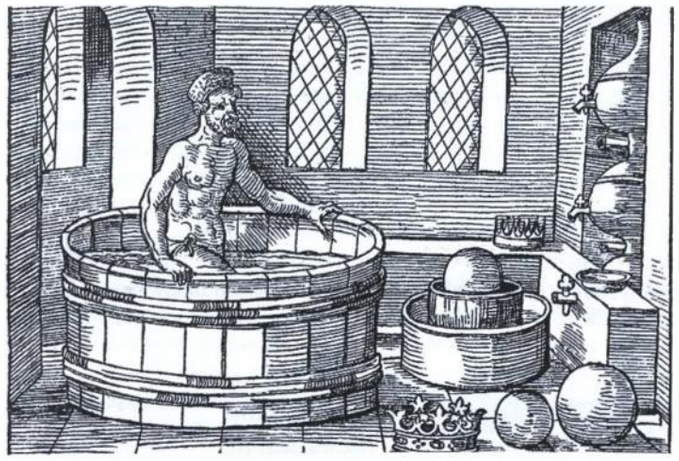
Kirenli Erastosfen (e.ə. 276-194) qədim yunan alimi, riyaziyyata (ədədlər nəzəriyyəsi), astronomiyaya, filologiyaya, fəlsəfəyə, musiqiyə dair əsərlərin müəllifi. O, riyazi coğrafiyanın əsasını qoymuş və ilk dəfə Yer çevrəsinin ölçülərini hesablamışdır.

Arximed də bura yollanır. Alimlər İskəndəriyyə muzeyonunda yaşayırdılar.

Bu əfsanəvi elmi mərkəz çar Ptolemey I Soter tərəfindən yaradılmışdı. O, İskəndəriyyəyə bütün məşhur alimləri cəlb etmək istəyirdi və onları gündəlik qayğılardan azad edib, elmlə məşğul olmaq üçün onlara hər cür şərait yaratmışdır. Alimlər çarın muza məbədində onun vəsaiti hesabına yaşayırdılar; böyük zalda süfrə açılır və yemək əsnasında müxtəlif elmi məsələlər müzakirə olunurdu. Burada iştirak edən gənclərə dərs verilirdi. Dövlət xəzinəsindən çoxlu pul ayrılırdı. Məsələn, Yerin çevrəsinin uzunluğunu ölçməyi qərara alan Eratosfen üçün Radosda, İskəndəriyyədə və Siyenada müşahidələr aparmağa imkan yaradılmışdı. O dövr üçün çoxlu vəsait tələb edən bu cür ekspedisiyalar çar tərəfindən tam maliyyələşdirilirdi. Nəticədə Yer çevrəsinin uzunluğu çox böyük dəqiqliklə ölçülmüş oldu – ölçmənin xətası 300 km təşkil edirdi.

Aydındır ki, Arximedə öz dühasını inkişaf etdirmək üçün bundan yaxşı imkan ola bilməzdi. Burada o, görkəmli riyaziyyatçı və coğrafiyaçı Eratosfenlə və astronom Kononla tanış oldu. Onlarla, həmçinin Kononun şagirdi Dosifeylə, Arximed İskəndəriyyədən qayıtdıqdan sonra da əlaqə saxlayırdı. Arximed onlara məktubla bərabər elmi işlərini göndərirdi. Arximedin əksər əsərləri formasına görə dostlara göndəriş təsirini bağışlayırdı. Museyonda olan zaman, Arximed əkin sahələrini suvarmaq üçün nəzərdə tutulan, çox güman ki, özünün ilk maşını olan məşhur "iblis"ini yaratdı. Maşının konstruksiyasının əsasını maili borunun içində yerləşmiş və "Arximed vinti" adlanan vintvari səthə malik val təşkil edirdi. Vintin spiralı fırlanaraq, suyu 4 m yüksəkliyə qaldıra bilirdi.

"Evrika". "Memarlığa dair on kitab" traktatından illüstrasiya. Vitruviya. Bazel. 1575-ci il nəşri.



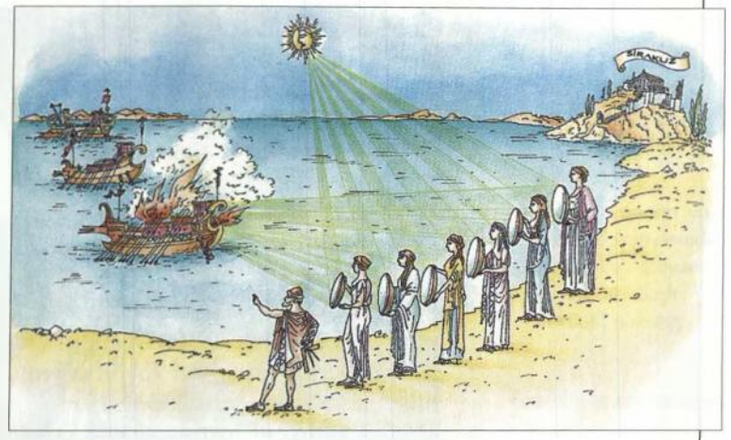
Arximed İskəndəriyyədən doğma Sirakuza qayıdır. Burada alim Gieronun himayəsi altında, tam təmin olunmuş halda, özünü sevdiyi həndəsəyə həsr edir. Çoxlarının fikrincə, Arximed ehtirasa qapanmış və bütün vaxtını elmi işə sərf edən nadir insan tipinə aid idi. Arximed üçün belə ehtiras həndəsə idi. Plutarx Arximed haqqında yazırdı: "Deyilənlərə inansaq, guya Arximed sirenaya (qədim yunan əsatirində dəniz pərisi) məftun olmuşdur, ona görə də yemək və şəxsi gigiyenası haqqında düşünmürdü. Onu güclə çimməyə və bədəninə ətirli yağ sürtməyə məcbur edirdilər. Hamamda belə o, muzalardan ilham alaraq ocağın külündə, hətta yağ çəkilmiş öz bədənində əli ilə həndəsi fiqurlar və xətlər çəkərdi".

Şübhəsiz, mexanik və riyaziyyatçı kimi, Arximed öz dövrünü bir neçə yüz il qabaqlayırdı. Onun praktik mexanika sahəsində 40-a yaxın kəşfi olmuşdur. Bu kəşflərin əksəriyyəti bu günə qədər gəlib çıxmamışdır. Sirakuzlu alimi inteqral və diferensial hesabının yaradıcıları olan Nyuton və Leybnisin sələfi adlandırmaq olar. Sonralar "Arximed spiralı" adlandırılacaq həndəsi fiquru tədqiq edərkən, o, həmin spirala toxunanın qurulmasını vermiş, beləliklə də o, törəmə

anlayışına yaxın olmuşdur. O həmçinin sonsuz azalan həndəsi silsilənin cəmini tapmış, bu isə riyaziyyat tarixində sonsuz sıraya ilk misal olmuşdur. Alimin özü həndəsə sahəsindəki kəşflərini daha çox qiymətləndirirdi. O, müxtəlif həndəsi fiqurların və həcmi cisimlərin səthlərinin sahələrini hesablamağa imkan verən düstur vermiş, ellipsin, parabolik seqmentin, konus və kürə səthlərinin sahələrini hesablamışdır. O, çevrənin uzunluğunun onun diametrinə nisbətini ölçərək, bu nisbətin "pi"-yə bərabər olduğunu göstərmiş və kifayət qədər dəqiqliklə π ədədinin 22/7 ilə 223/71 ədədi arasında olduğunu müəyyən etmişdir.

Arximed haqqında ən məşhur rəvayətə görə, bir dəfə Gieron ona bağışlanmış tacdakı qızılın miqdarını təyin etmək məsələsinin həllini tapmağı ona həvalə edir. Çar şübhələnir ki, tacı düzəldən zərgər qızılın bir hissəsini daha ucuz metalla, bürünclə əvəz etmişdir. Arximedin qarşısında kifayət qədər çətin məsələ – mürəkkəb formaya malik olan tacın həcmini tapmaq məsələsi dururdu.

Bu məsələ haqqında daim fikirləşən Arximed çimmək üçün su ilə dolu olan vannaya girərkən müşahidə edir ki, vannadakı suyun bir hissəsi hamamın döşəməsinə tökülmüşdür və o, suda olan zaman onun çəkisi azalmışdır. Qəflətən onun ağlına bu məsələni necə həll etməyə imkan verən fikir gəlir. Arximed vannadan çıxaraq, geyinməyi belə unudaraq, Sirakuzun küçələrində "Evrika!" (Tapdım!) deyərək çılpaq qaçmışdır. Beləliklə, hidrostatikanın birinci qanunu kəşf edilmişdir. Arximed bu qanunu aşağıdakı kimi ifadə etmişdir: "Mayeyə batırılmış hər bir cisim, onun sıxışdırıb çıxartdığı mayenin çəkisinə bərabər öz çəkisini itirir". Bu qanun onu kəşf edənin şərəfinə Arximed qanunu adlanır.



Roma qoşunlarının hücumlarının qarşısını alan hərbi maşınların modelləri olan mexaniki qurğular Arximedi bir o qədər də maraqlandırmamışdır. O dövrdə elmlə təmənnasız məşğul olurdular. Həndəsənin tədrisini daha əyani etmək məqsədilə mexaniki qurğular düzəltmiş ilk həndəsə alimləri olan Evdoks və Arxit, Platon tərəfindən kəskin tənqidə məruz qalmışdılar. Platonun fəlsəfə məktəbi o dövrdə Attikada qabaqcıl məktəblərdən sayılırdı. Platon onları həndəsənin şərəfini alçatmaqda təqsirləndirərək, qeyd edirdi ki, "həndəsə, qeyri-cismani və dərk edilən predmetdən cisimlərlə bağlı predmetə çevrilir". Bunun nəticəsində mexanika ənənəvi həndəsədən ayrılırdı və təmiz hərbi elm kimi sayılırdı.

Buna baxmayaraq, öz diqqətsizliyilə dillərdə dastan olmuş Arximed həm müasirlərinin, həm də sonrakı nəsil alimlərinin heyranlığına səbəb olan maşınlar yaratmağa nail oldu. O dövrün ən güclü ordusunu təlaşa gətirən və analoqu olmayan bu dağıdıcı mexaniki nəhəng qurğuların sayəsində dahi riyaziyyatçının adı Plutarx, Polibi, Tit Livi kimi məşhur tarixçilərin əsərlərinə düşmüşdür.

Hər şey Arximedin çar Gierona yazdığı məktubdan sonra başlandı. Arximed bu məktubda təsdiq edirdi ki, az



qüvvə tətbiq etməklə ağır yüklərin yerini dəyişmək olar. Arximed deyirdi: "Mənə dayaq nöqtəsi verin, mən Yeri tərpədim". Gieron bu fikrin sübutunu tələb edirdi. Alimin tələbi ilə üçdorlu yük gəmisi sahilə çıxarılır və gəmi yüklə doldurulur. Sonra gəmiyə böyük komanda qalxır. Arximed gəmidən bir qədər uzaqda durmaqla, çox da böyük olmayan güc tətbiq etməklə blokdan aşırılmış kanatı (polispast) çəkir. O, gəmini özünə doğru elə yavaş və bərabər sürətlə hərəkətə gətirir ki, guya gəmi suda üzür. Çar heyrətə gəlir. Mexanizmlərin gücünü anlayan çar Arximedə bir neçə hərbi maşın düzəltməyi tapşırır. Gieronun özü bu maşınların tətbiqini görə bilmir: çarın ölümündən bir neçə il sonra bu maşınlar Sirakuz əhalisini xilas edir.

Talant (*yun.* "talanton" – çəki, tərəzi) – Qədim Yunanıstan, Misir və Kiçik Asiyanın bəzi vilayətlərində ən böyük çəki və pul-hesab vahidi.

Romanın Karfagenlə müharibəsində uzun müddət neytral mövqe tutan sirakuzlular, ən sonda, karfagenlilərin tərəfinə keçirlər. E.ə. 214-cü ildə romalı sərkərdə Marsel Sirakuzu mühasirəyə alır. Onun qoşunu Sirakuzun şəhər divarlarının yanında mövqe tutur, 60 gəmidən ibarət dəniz donanması dənizdən şəhərə yaxınlaşır. Marselin döyüşçüləri bir-birilə bağlı səkkiz gəmidə, romalıların "sambuka" (eyniadlı musiqi alətinə oxşar olduğu üçün) adlandırdıqları mühasirə maşınını quraşdırırlar.

Plutarx baş verənləri belə təsvir edirdi: "Romalılar həm qurudan, həm də dənizdən hücuma keçirlər. Sirakuzlular qorxudan özlərini itirmişdilər. Bu zaman Arximed öz maşınlarını işə salır". Düşmənin üzərinə, qarşısında nə varsa, hər şeyi məhv edən müxtəlif ölçülü oxlar və iri daş parçaları uçurdu. Qala divarlarına bərkidilmiş tirləri düşmən gəmilərinə sallayıb onları batırırdılar. İri dəmir əllərlə və durna dimdiyinə bənzər qurğular vasitəsilə Sirakuzun müdafiəçiləri Marselin gəmilərindən yapışıb, onları sudan çıxarır və sonra onları ya suda batırır, ya da daşlara çırpırdılar. İri katapultdan (qədimdə ox və ya daşatan alət) atılmış hər biri 10 talantın ağırlığında olan üç iri daş parçası ilə Sabukanı dağıdırlar. Bəzi rəvayətlərə görə, Arximed ağlagəlməz üsullarla düşmənin çoxlu gəmilərini məhv etmişdir. Sahildə yığılmış sirakuzlu qadınlar bürünc güzgülərin köməyilə günəş şüalarını romalıların gəmilərinə yönəldir və onları yandırırdılar.

Roma ordusu geri çəkilməyə məcbur olur. Arximedin maşınlarından qorunmaq məqsədi ilə şəhərə gecə xəlvəti hücum etmək qərara alınır. Lakin Arximed bunu da nəzərə almışdı: qala divarlarında açılmış deşiklərdən Marselin döyüşçülərinin üzərinə oxlar seli yağırdı. Divarlardan romalıların başına daşlar tökülürdü. Marsel Arximedi "həndəsənin Briare"si adlandırmışdır: "O, gəmilərimizi dənizdən götürüb nifrətlə sahilə çırpırdı. Bizə çoxlu mərmi atmaqla o, yüzəlli nəhəngi geridə qoyurdu". Qala divarlarında kəndir və ya taxta parçası görərkən, bunun Arximedin hər hansı bir dağıdıcı mexanizmi olduğunu zənn edən romalı döyüşçülərin qorxduğunu və təşvişə düşdüyünü görən Marsel şəhəri birbaşa hücumla almaq cəhdindən əl çəkir və uzunmüddətli mühasirəyə keçməyə məcbur olur.

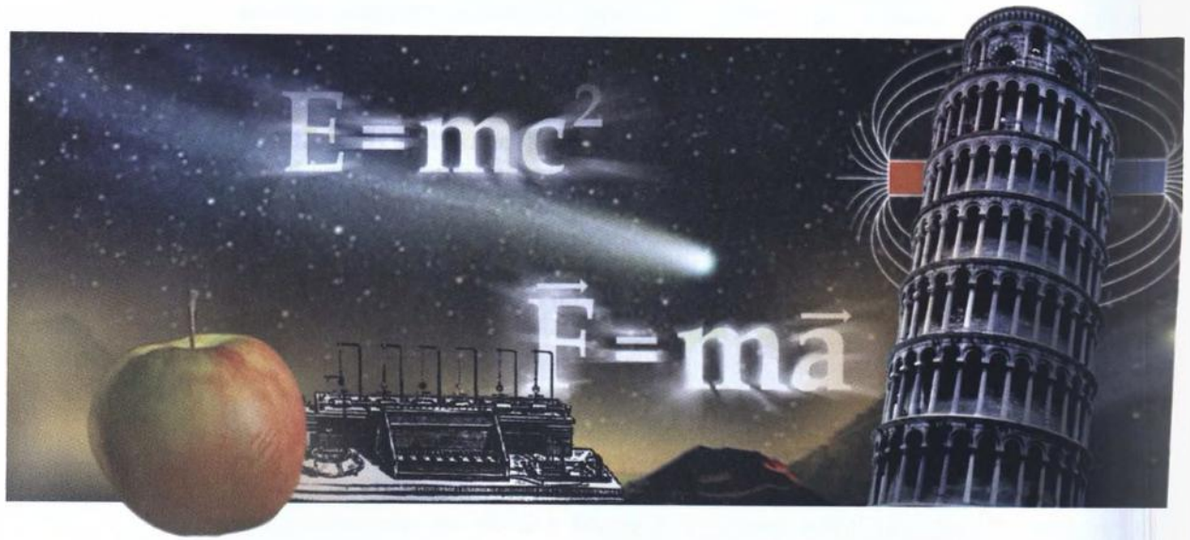
Briare – qədim yunan mifologiyasında Uran və Geyanın oğlu, 50 başlı və 100 əlli nəhəng.

Arximedin icad etdiyi hərbi maşınlar və alimin layihəsi ilə qurulmuş Sirakuzun su ilə təminatının yeraltı sistemi hesabına, şəhərin əhalisi iki il Marselin həmlələrinə davam gətirdilər. Lakin e.ə. 212-ci ildə su ilə təminat sistemini aşkar edib onu dağıdan, həmçinin şəhər əhalisinin Arximedi Allahın şərəfinə təşkil edilmiş mərasimdə keflənməsindən və sayıqlığı itirməsindən istifadə edən romalılar şəhərə daxil olur.

Rəvayətə görə romalı döyüşçülərdən biri şəhərdə baş verənlərə əhəmiyyət vermədən Arximedi bağçada hər hansı bir həndəsi məsələni həll edərkən tutur. Əsgər ona güc tətbiq etdikdə o, "Mənim çertyojlarıma toxunma!" sözləri ilə müraciət edir. Legioner (romalı döyüşçü) qəzəblənərək, onu qılıncı ilə doğrayır. Plutarxın yazdığına görə, Arximedin ölümü ən çox Marseli təəssüfləndirir. O, Arximedin istedadından Romanın naminə istifadə etmək istəyirdi. O, Arximedi öldürən döyüşçünü ordudan qovur, riyaziyyatçını isə böyük hörmətlə dəfn etdirir.

Arximed öz vəsiyyətinə tam uyğun olaraq torpağa tapşırılır: onun başdaşında silindr daxilinə çəkilmiş kürə həkk olunmuşdur. Bu iki həndəsi fiqurun həcmlərinin nisbətinin təyinini – Arximed özünün ən yaxşı elmi kəşfi hesab edirdi və başdaşında bu fiqurların çəkilməsini vəsiyyət etmişdir.

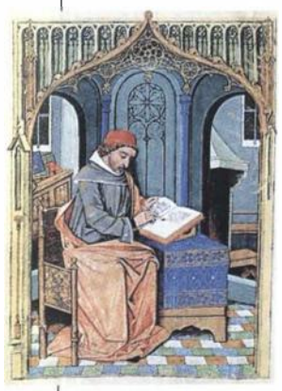




ELMLƏRİN ŞAHI

FİZİKANIN ELM KİMİ TƏŞƏKKÜLÜ

XV əsrdə Qərbi Avropa (İtaliya XVI əsrdən başlayaraq) yeni dövrə – İntibah (Renessans) dövrünə qədəm qoydu. Nəinki rahiblər, hətta kübar dairələrə mənsub olan insanlar belə öz sələfləri hesab etdikləri qədim romalıların və yunanların əlyazmalarını oxumağa başladılar. Orta əsrlərin sərt asketizmini həyata məhəbbət əvəz etdi. Antik biliklərlə yanaşı, antik dəyərlər də: gözəllik, harmoniya və şəxsiyyət azadlığı qiymətləndirilməyə başlandı. XVII əsrdə artıq elm uzun illər boyu yeganə sığınacaq yeri olan kilsə və universitet divarları ilə məhdudlaşmırdı. Avropalı rahiblər riyazi isbatlarla, həmçinin insanın həyatına təsir etməyən göy cisimlərinin hərəkəti ilə maraqlanmağa başlayırlar. Əvvəllər Roma sərkərdəsi Qay Marinin – "Mənim onu [yunan dilini] öyrənməyə həvəsim yoxdur, belə ki, bu dil onu bilənlərin cəsurluğunu qətiyyən artırmayıb" – sözlərinə şərik olan zadəganlar da ilk dəfə olaraq elmlə maraqlanmağa başlayırlar.



Hücrədə oturmuş alim rahib. Orta əsr kitab miniatürü.

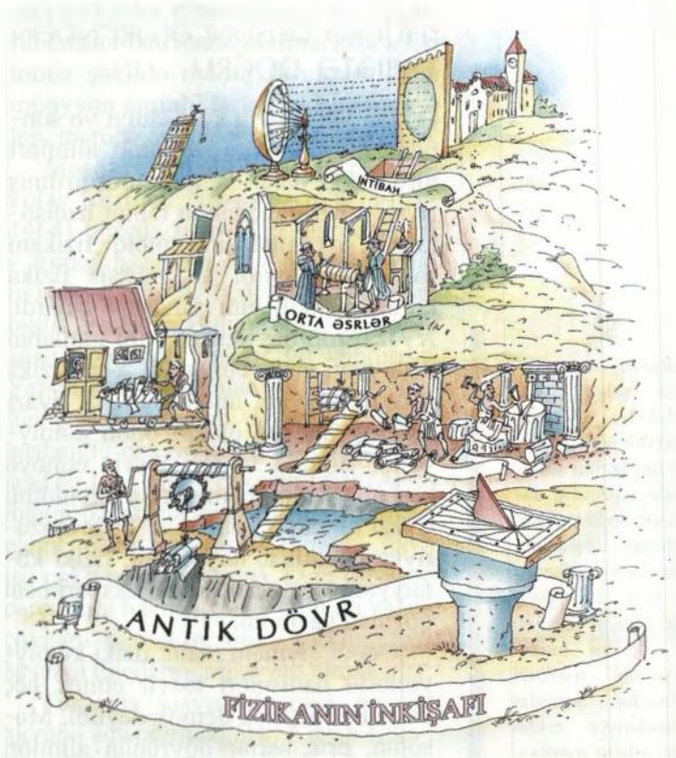


Xristian fanatizmi görünməmiş azadfikirliliklə əvəz olundu: xristianlığın tarixində bu dövrdəki qədər kafir və hətta allahsızlığı təbliğ edən əsərlər yazılmamışdır. Bəzən antik allahlara, qəhrəmanlara və filosoflara, məsələn, Aristotelə müqəddəslər kimi itaət edirdilər. Yupiteri isə İisus Xristosla bərabər tuturdular.

XVI əsrdə başlanan İslahatlar (Reformasiya) (*lat.* reformatio – "dəyişiklik") nəticəsində Xristian kilsəsi öz vahidliyini itirdi, Qərbi Avropada katolisizmlə yanaşı, protestantlığın müxtəlif cərəyanları yarandı. Vaxtilə yeganə katolik məzhəbinin hökm sürdüyü bütün ölkələrdə dini zəmində qanlı və amansız müharibələr baş verdi.

Orta əsr dünyagörüşünün böhranı, elmə olan baxışlarda radikal dəyişikliklərə səbəb oldu. Elmin ilahiyyata tabe olduğunu və onun məqsədlərinə xidmət etdiyini əks etdirən standart sxolastik fikirlər zaman keçdikcə elmin müstəqilliyi, hətta dindən asılı olmaması kimi yeni ideyalarla əvəz olundu.

İntibah dövrünün mütəfəkkirlərinin dünyagörüşündə dini dəyərlər bəşəri dəyərlə əvəz olunmağa başladı, təbiət onları öz müxtəlifliyi və gözəlliyi ilə heyrətləndirir və məftun edirdi. O dövrün mütəfəkkirləri təbiəti açıq kitab kimi öyrənməyə başladılar. Bu kitabın verdiyi biliklər Müqəddəs Kitablarda əks olunmasa da, insanı Allaha yaxınlaşdırırdı. Doğrudur, İntibah dövründə fizika hələ fəlsəfədən ayrılmasa da, bu parçalanmaya zəmin yaranırdı. Təbiətə maraq hələ konkret praktik məsələlərin həlli ilə bağlı deyildir və təbiəti dərk etmək alimdən çox, rəssamın işi idi.



Yeni yaranmaqda olan elmə böyük ümidlər bəslənilirdi. Yeni nəslin ingilis filosofu Frensis Bekon demişdir: "Güc elmdədir". O, ümid edirdi ki, İslahatlar nəticəsində parçalanmış Avropa xristianlarını elm birləşdirəcəkdir. Elmin birləşdirici gücü onun idrakla bağlı olmasındadır: nədəsə şübhəsi olan hər bir şəxs mövhumata qapılmadan istənilən fikri yoxlaya bilər.

Lakin Frensis Bekon yanılırdı. Qanlı otuzillik müharibə (1618–1648) göstərdi ki, riyazi qanunlar və göy cisimlərinin hərəkəti haqqında biliklər də, xristian itaətkarlığı kimi, düşmənçiliyə və kütləvi qətllərə son qoymadı. Yeni biliklərin əsil gücü özünü bir qədər gec, XVIII əsrdə, sənaye inqilabının inkişaf etdiyi dövrlərdə göstərdi.

"HÜCRƏ DÜŞÜNCƏLƏRİ"NDƏN TƏBİƏTƏ DOĞRU

Qədim yunanların kəşf etdiyi və sonralar İskəndəriyyə və ərəb alimləri tərəfindən daha da təkmilləşdirilmiş riyazi isbat metodunun təbiət hadisələrinin öyrənilməsinə tətbiqi fizikanı fəlsəfədən ayırdı və müasir fizika kimi müstəqil elm sahəsinə çevirdi. XVII əsrdə baş vermiş elmi inqilabın mahiyyəti məhz bunda idi. Yeni fizika dəqiq kəmiyyət anlayışları ilə riyazi mənası olan və ölçülə bilən kəmiyyətlər dilində təbiəti təsvir etməyə başladı. Fiziki kəmiyyətin qiymətini riyazi olaraq hesablamaq üçün nəzəriyyəyə ehtiyac duyulurdu, fiziki kəmiyyəti ölçmək üçün isə eksperiment qoymaq vacib idi.

Ədədi qiymətə malik fiziki kəmiyyətlərlə hadisələri təsvir etmək heç də onları ölçmək demək deyildi. Məsələn, orta əsrlər dövrünün alimləri hərəkətin "intensivliyini", yəni sürətini kəmiyyətcə təsvir etmək üçün "sürətin dərəcəsi" terminindən istifadə edirdilər. Amma bu dərəcəni ölçmək üsulunun olmaması onları düşündürmürdü. Orta əsrlər dövrünün təlimi təbiətdə baş verən real hərəkətləri təsvir etməyi elmin məqsədi saymırdı.



Burada mühakimənin gözəlliyinə və məntiqi əsaslandırmaya üstünlük verilirdi. Buna baxmayaraq, bu cür nəzəriyyələrsiz elmi inqilab mümkün olmazdı.

İtalyan şairi Dante Aligyerinin təbirincə desək, İntibah dövrünün mütəfəkkirləri orta əsrlər dövrünün alimlərinə xas olan tərkidünyalıqdan və abstrakt mühakimədən azad olmaqla, hücrə düşüncələrindən xilas olmağa çalışırdılar.

İngilis filosofu və təbiətşünası Rocer Bekonu bəzən eksperimental metodun banisi sayırlar. O, öz əsərlərini o dövr üçün səciyyəvi olan şəkildə adlandırmışdır: "Böyük əsər", "Kiçik əsər", "Üçüncü əsər". Bu əsərlərdə onun söylədiyi fikirlər gələcək üçün daha xarakterik idi. Məsələn, "Təcrübi elm mücərrəd elmlərin şahıdır və daha böyük üstünlüyə malikdir. O, öz qüdrəti ilə təbiətin sirlərini tədqiq edir". "Təcrübəsiz heç nə kifayət qədər öyrənilə bilməz".

Amma "təcrübə" sözünü Rocer Bekon bizim bildiyimiz mənada işlətmirdi. Bunu onun aşağıdakı fikrindən də görmək olar: "Təcrübə iki cür ola bilər: biri xarici hisslər vasitəsilə... bu təcrübə insan üçün kifayət etmir, çünki o, cismani şeylər haqqında çox az məlumat verir, ruhu olana isə heç toxunmur. Ona görə də insan idrakı ikinci növ təcrübədən də istifadə etməlidir". Bekona görə, bu təcrübə Müqəddəs Ataların təcrübəsidir. Onlar bu təcrübəni yalnız xarici hisslərindən yox, İlahinin nurundan da götürüblər.

"Böyük əsər"də Bekon riyaziyyatın rolunu yüksək qiymətləndirərək yazırdı: "Riyaziyyat elmə həm qapı və həm də açardır". O bəzi fəsilləri aşağıdakı kimi adlandırmışdır: "Bütün aləmdə, elmlərdə və hadisələrdə riyaziyyatın gücünü göstərən fəsil", "Mühakimə yolu ilə bütün elmlərin

İskəndəriyyə – Misirdə şəhər, e.ə. 332-331-ci illərdə Makedoniyalı İskəndər tərəfindən salınmışdır və Aralıq dənizi sahilində yerləşir. Ptolemey sülaləsinin hökmranlığı dövründə (e.ə. 305-30-cu illər) Misirin paytaxtı və ellinizm mədəniyyətinin mərkəzi olmuşdur. Sonralar İskəndəriyyə erkən xristianlığın mərkəzlərindən biri idi. İskəndəriyyə orta əsrlərdə də Şərqdə elmi və mədəni mərkəz kimi əhəmiyyətini itirməmişdir.



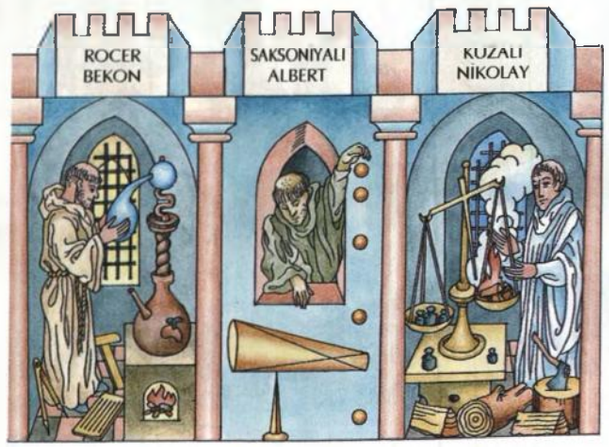
riyaziyyata ehtiyacı olduğunu sübut edən fəsil".

Maddi aləmin dərk edilməsində riyazi və eksperimental metodların tətbiqinə Orta əsrlər dövrünün alimi Saksoniyalı Albert (1316-1390) əsərlərində də rast gəlinir. Onun iki müşahidəsi elmin sonrakı inkişafında mühüm rol oynamışdır. Birincisi, o müəyyən etmişdir ki, cismin ağırlıq mərkəzi həndəsi mərkəzi ilə üst-üstə düşməyə bilər. İkincisi, Saksoniyalı Albert göstərmişdir ki, sərbəstdüşmə bərabərsürətli hərəkət deyil (Aristotelin fizikasına zidd olaraq), başqa sözlə, düşən cismin sürəti sabit qalmır. Onun fikrincə, sürət ya gedilən yolla, ya da sərf olunan zamanla mütənasib olmalıdır.

İntibah dövrünün alimləri təcrübənin nə olduğu anlayışına tədricən yaxınlaşdırdılar. Adi müşahidədən fərqli olaraq, təcrübə ayrı-ayrı sınaqlara əsaslanır. Hər bir sınaq zamanı eksperimentatorlar tədqiq etdikləri hadisələri kənar amillərdən izolyasiya etməklə təbiətlə də sıx təmasda olurlar. Əgər passiv müşahidə təbiətin monoloqudursa, təcrübə dialoqa uyğun olur: alim sual verir, təbiət isə onu cavablandırır. Bu zaman hər bir sual təcrübədən əvvəl və ondan asılı olmayaraq əldə edilmiş biliyə – *aprioriya* (*lat.* a priori – "təcrübədən əvvəlki") əsaslanır. Təbiətdə bir-birindən izolə və qarışmayan hadisələr olmadığına görə eksperimentator onu maraqlandıran hadisələri təmiz şəkildə müşahidə etmək üçün müəyyən çətinliklərlə üzləşir (məsələn, təcrübə qurğusunun düzəldilməsi).

Məsələn, filosof-alim Kuzalı Nikolay (əsil adı Nikolay Krebs; 1401-1464) ağacda olan ilkin elementlərin – torpağın, suyun, havanın miqdarını müəyyən etmək üçün belə bir üsul təklif etmişdir. Bunun üçün bir parça ağac götürülür, çəkilir və yandırılır. Yandıqdan sonra qalan kül çəkilir. Külün çəkisi torpağın çəkisidir, ağacın başlanğıc çəkisiylə külün çəkisi arasındakı fərq suyun çəkisini verir (Aristotelin fizikasına görə kül yalnız torpaq elementlərindən təşkil olunub, hava isə çəkiyə malik deyil). Eyni bir ağac parçasının havada, suda, həm də yağda çəkisini bilməklə, onun tərkibindəki havanın miqdarını müəyyən etmək olar.

Yuxarıda təsvir olunmuş prosesi təcrübə adlandırmaq olar. Kuzalı Nikolay şübhəsiz güman edirdi ki, cismi təşkil edən bütün komponentlərin kütlələrinin cəmi cisimdə gedən proseslərdən (dəyişmələrdən) asılı olmayaraq sabit qalmalıdır. XVIII əsrdəki bu prinsip təbiətşünaslığın əsası kimi qəbul edilmiş və *materiyanın saxlanılması prinsipi* adlandırılmışdır.



Saksoniya – Şərqi Almaniyada orta əsr knyazlığı.



Rembrandt. Faust. Qravüra. Təxminən 1652-ci il.

Frensis Bekonun fəlsəfi baxışlarında yaranan təcrübi metod Qalileo Qalileyin elmi əsərlərində qəti olaraq öz təşəkkülünü tapdı. Qalileyin əsərlərində eksperimentlərin mərhələləri ardıcıl təsvir olunurdu. Həmçinin göstərilirdi ki, bir çox hallarda eksperimentə ehtiyac qalmır: aydın cavab almaq üçün təbiətə ünvanlanmış suali dəqiq tərtib etmək lazımdır.

SİRLİ BİLİK AXTARIŞINDA

XV əsrin ortalarında florensiyalı humanist və filosof Marsilio Fiçino (1433-1499) Platonun əsərlərini bütünlüklə latın dilinə tərcümə etməyə başladı. Fiçino həmçinin Florensiya Platon Akademiyasına (1459-cu ildə əsası qoyulmuşdur) başçılıq edirdi. Bu akademiyanın başlıca məqsədi Platonun və onun davamçılarının fəlsəfi irsinin öyrənilməsi və təbliğ edilməsi idi.

Fəlsəfi təlim kimi platonizm maddi şeylər aləmi ilə bərabər ideyalar aləminin mövcudluğunu təsdiq edirdi. Ona görə onun nümayəndələri həmişə sirli və ya okkultlu (*lat.* occultus – "sirli", "gizli") biliklərə olan maraqlarını artırmaqla fərqlənirdilər. Falçı və cadugərlər, astroloq və əlkimyaçılar Avropanı bürümüşdülər. Bir çox hökmdarlar onları öz saraylarında toplamağa cəhd edirdilər. Bu işdə əlkimyaçılar kralı titulunu almış müqəddəs Roma imperiyasının imperatoru II Rudolf Habsburq (1576-1612-ci illər) daha çox fərqlənirdi. Bu magiyaçıların heç də hamısı fırıldaqçı deyildi, onlardan bəziləri hətta mühüm elmi kəşflər etmiş və naməlum təbiət hadisələrini tədqiq etmişdilər.

Əlkimya, "fəlsəfi daş"ı (iksir) aşkar etməsə də, kimyəvi birləşmələr və kimyəvi reaksiyalar haqqında çoxlu dəyərli məlumat əldə etməyə imkan yaratdı. Astrologiya elmi insanların taleyini qabaqcadan xəbər verməkdə uğurlar qazanmasa da, müşahidə astronomiyasının inkişafına təkan verdi. Müxtəlif cisimlərin "mələk"lərinin və "iblis"lərinin bir-birinə nəzərən fiziki hadisələri rəğbət və nifrət ilə izah etməyə çalışan natural magiya, "optik şüşə"lərin və güzgülərin köməyilə işıq şüasının "əyilməsinin", insanın daxili orqanlarının zədələnməsinə səbəb olan xəstəliklərin və bu kimi digər təbii hadisələrin tədqiq olunmasına imkan yaratdı (1546-cı il). İtaliyalı həkim və təbiətşünas Cirolamo Frakastoro (1478-1553) özünün "Kontaqi mikrobu, kontagioz xəstəliklər və müalicəsi" (1546-cı il) əsərində o, müxtəlif təbii hadisələri rəğbət və nifrət ilə izah edirdi. Onun bəzi gümanları öz zəmanəsini qabaqlamışdır. Məsələn, o, astroloqların düşündüyü kimi, xəstəliklərin səbəbini göy cisimlərin hərəkətində axtarmağı səhv sayırdı. Alim belə zənn edirdi ki, xəstəliklərin səbəbi orqanizmə zərər gətirən və gözlə görünməyən canlı

HUMANİSTLƏR

"Humanist" sözü (*lat.* humanus – "insani") iki mənada işlədilir. Daha geniş mənada və müasir anlamada humanizm dedikdə bir şəxsiyyət kimi insanın fərdiliyi, onun hüquq və azadlığı, xoşbəxtliyi başa düşülür. Lakin XV əsrdə isə humanizm klassik əlyazmaların öyrənilməsi, qədim latın dilinin bərpası, yunan-Roma dövrünün ən yaxşı nümunələrinin və dəyərlərinin öyrənilməsi kimi məna kəsb edirdi.

Humanizm cərəyanı – latın sözü olan "studia humanitatis" sözündən götürülüb, "humanitar elmlərin": qrammatika, ritorika, tarix və etikanın toplusundan ibarətdir. Adətən ilk humanist kimi məşhur italyan şairi Françesko Petrarkı (1304-1374) sayırlar. Covanni Bokkaççо (1313-1375) və Poco Braççolini (1380-1459) bu cərəyanın görkəmli nümayəndələridir.



"ŞEYTAN ƏMƏLİ"

Natural magiya haqqında əsərlərdə optikaya xüsusi diqqət yetirilirdi. Xristianlıq ənənəsinə görə insan hissləri içərisində görmə ən aldadıcı hissiyyat sayılırdı. Məsələn, suya salınmış çubuğun, sanki, sınmış kimi görünməsi şeytan əməli sayılırdı. Linzalar həqiqəti şeytanın istəyincə təhrif etdiyi üçün, kilsə eynək taxmağı insanlara qadağan etmişdir.

İtalyan riyaziyyatçısı, filosof və həkim Cerolamo Kardanonu (1501-1576) "Şeylərin incəliyi haqqında" və "Müxtəlif şeylər haqqında" adlı ensiklopediyalarında, Cambattista della Portanın (1535-1615) "Natural magiya" əsərində və alman təbiətşünası Afanasi Kirxerin (1601-1680) "İşıq və kölgənin məharəti" əsərində müxtəlif möcüzələr təsvir edilmişdir. Məsələn, bu əsərlərdə sferik güzgülərdə alınmış həqiqi xəyallar təsvir edilirdi. Müstəvi güzgülərdən fərqli olaraq çökük güzgülərdə xəyal həm mövhumi (güzgüdən arxada), həm də həqiqi (güzgüdən qabaqda) olur. Beləliklə, güzgünü gizlətməklə havada kölgənin illüziyasını, məsələn, görünməyən heykəlin təsvirini yaratmaq olar. Belə bir təcrübəni yanar şamla da aparmaq olur. Şam aydın görünsə də, onu üfürmək və keçirmək olmur. Belə şamın alovu insan əlini yandırmır (Kirxer bunu "ziyansız alovla təcrübə" adlandırmışdır). Bir çoxları güman edirdilər ki, qabarıq güzgülər vasitəsilə ruhların təsvirini almaq olar.



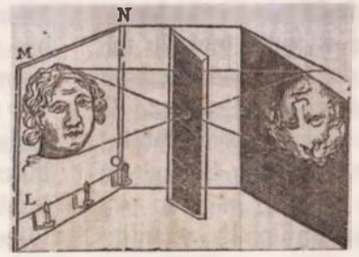
A.Kirxerin "İşıq və kölgənin məharəti" kitabı. Titul vərəqəsi. 1671-ci il.

Bir-birilə müəyyən bucaq altında qoyulmuş müstəvi güzgülərdən çoxlu sayda əks olunma nəticəsində xəyalların alınması ilə bağlı təcrübələr qoyulurdu. Porta hələ I əsrdə qədim yunan alimi Heron Aleksandriyskiyə məlum olan qeyri-adi "teatr güzgüsünü" təsvir etmişdir, həqiqətdə bu güzgü düzgün çoxbucaqlının tərəfləri boyunca yerləşdirilmiş bir neçə güzgüdən ibarət idi. Belə güzgünün köməyi ilə bir fili böyük bir fil sürüsünə çevirmək mümkün olmuşdur.

"Natural magiya" əsərinin axırıncı nəşrində Porta, möcüzələrdən biri kimi baxış borusunu təsvir etmişdir. O, teleskopun ilk dəfə Qalileo Qaliley tərəfindən kəşf olunduğunu da danırdı. Həqiqətən də, Portanın baxış borusu haqqında verdiyi təsvirlər Qalileyin teleskopla apardığı təcrübələrdən əvvəl olsa da, Qaliley bu məlumatlardan istifadə edə bilməzdi. Belə ki, Porta obyektlərin böyüməsinin nəyin hesabına olmasını özü də bilmirdi. Praktik planda isə şüşələrin cilalanması və onun sferik formaya salınması məsələsində Qaliley onu və o dövrün bütün cilalayıcılarını arxada qovmuşdur.



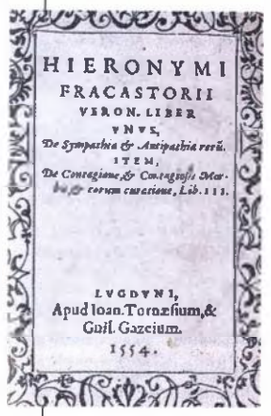
Cambattista della Porta. "Fizioqnomika" adlı kitabından portret. 1588-ci il.



A.Kirxerin "İşıq və kölgənin məharəti" kitabından səhifə.



Afanasi Kirxer. Qədim qravüra.


HIERONYMI
FRACASTORII
VERON. LIBER
VNVS,
De Sympathia & Antipathia rerũ.
ITEM,
De Contagione & Contagiosis Morborum curatione, Lib. III.
LVGDVNI,
Apud Ioan. Tornæsium, & Guil. Gazeium.
1554.

C.Frakastoro. "Kontaqi mikrobu, kontagioz xəstəliklər və müalicəsi" əsəri. Titul vərəqəsi. 1554-cü il.

varlıqların hesabına olur. Maqnit əqrəbinin şimala dönməsini, onun Qütb ulduzuna olan xüsusi rəğbətilə izah etməyə çalışanlarla da Frakastoro razılaşmırdı. Onun təsəvvürünə görə əqrəbin dönməsinə səbəb Şimal qütbü yaxınlığında olması ehtimal olunan dəmir yataqlarına əqrəbin simpatiyasının nəticəsidir.

Natural magiya o dövr üçün digər yollarla izahı mümkün olmayan bir çox hadisələri, izahını verirdi. Lakin onun izahı bir çoxlarını qane etmirdi. Leonardo da Vinçi (1452-1519) bunun əksinə kəskin çıxış edirdi. "İnsanların ünsiyyətində xurafatçı nekromantiya haqqında söhbətlər ən səfehidir".

LEONARDO DA VİNÇİ

Əgər orta əsrlərin alimləri sözü daha çox qiymətləndirirdilərsə, belə demək olarsa, təbiətə qulaq asmağı xoşlayırdılarsa, İntibah dövrünün təbiətşünasları təbiəti seyr etməyə üstünlük verirdilər. Bu, ən çox Leonardo da Vinçinin yaradıcılığında özünü göstərmişdir. İntibah dövrünün alimlərindən heç biri onun qədər təbiətlə təmasda olmamışdır. Qeyri-adi istedadlı rəssam və musiqiçi olan Leonardo da Vinçi, eyni zamanda görkəmli təbiətşünas alim-anatom, geoloq, botanik və zooloq idi.

Nekromantiya – ölülərin ruhları ilə ünsiyyətdə olmaqla gələcəyi qabaqcadan xəbər verən magik sənət növü.

Leonardo da Vinçi.

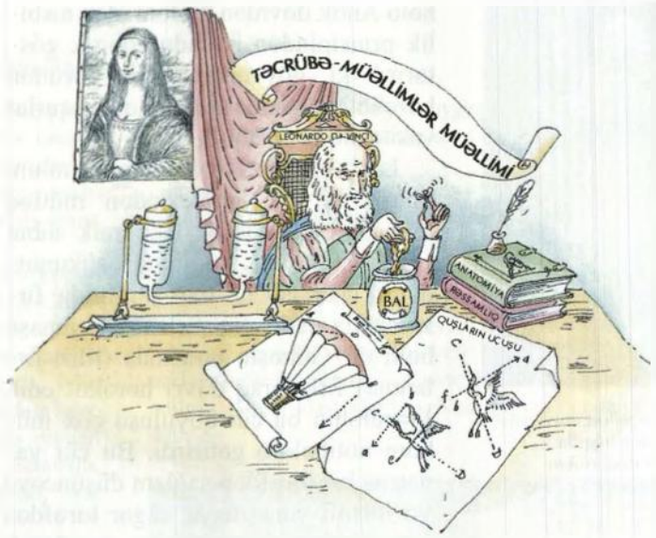


Leonardonun elmi irsi heyrətamizdir: onun elmi işləri sayca çox, məzmunca müxtəlifdir. Amma bu işlərin içində tamamlanmış bir əsər belə yoxdur. Leonardo da Vinçinin əsərlərini oxumaq çox çətindir. Bu əsərlər güzgü əksi yolu ilə (sol əllə və sağdan sola) yazılmışdır və onları yalnız güzgünün köməyilə oxumaq olar. Müəllif fikrində yekdil olmayıb, müxtəlif mövzuları bir-birinə qarışdırmışdır. Buna baxmayaraq, Leonardonun əlyazmaları onun təbiətlə dialoqunun təcəssümüdür. Onu hər şey maraqlandırırdı; o, təbiəti müşahidə edərək, onu bütün müxtəlifliyi ilə dərk etmək istəyirdi. Leonardonun müşahidələrində eksperimental təfəkkürün maraqlı nümunələrini tapmaq mümkündür. Belə ki, milçəyin vızıltısının onun qanadları hesabına yarandığını isbat etmək üçün o, milçəyin qanadlarına bal sürtməyi təklif edir. Bu zaman səs boğulur və alçaqdan çıxır. Əgər milçək havanı udmaqla vızıldasaydı, bu, baş verməzdi.

Mexaniki məsələlər üzərində düşünən Leonardo uçuş aparatı hazırlamaq arzusunda idi. O bu işə uzun illər gərgin əmək sərf etmişdi. Bu məqsədlə müxtəlif aparat və qurğuların layihələrini: paraşütün və vertolyotun konstruksiyalarını hazırlamış Leonardo da Vinçi ümid edirdi ki, bunların köməyi ilə uçuşu həyata keçirmək mümkün olacaq. Bir çox müasirləri kimi o, sərbəst düşən cismin hərəkətini müşahidə edərək, zərbə qüvvəsinin təbiətini dərk etməyə çalışmışdır. Lakin onun gəldiyi nəticələr ümumi qaydalardan daha uzaqlara gedirdi. "Hər hansı bir təbii təsir ən qısa yolla baş verir, ona görə də sərbəst düşən cisim dünyanın mərkəzinə doğru hərəkət edir, çünki hərəkət edən cisimlə Kainatın ən aşağı nöqtəsi arasındakı bu məsafə ən qısadır". Texniki problemlərin həlli ilə bağlı praktik məsələlərdə Leonardo daha mühüm nəticələr əldə etmişdir.

Hidrotexnika ilə bağlı onun bir çox layihələri vardır. O, Arno çayının məcrasını dəyişməklə, o dövrdə Florensiya ilə düşmən mövqedə olan Pizanı susuz qoymaq məqsədilə, Florensiyanın ətrafında kanallar çəkilməsini təklif etmişdir. Bu problem üzərində fikirləşən Leonardo birləşmiş qablar qanununu sərf və hidrostatikanın əsas qanunu olan Paskal qanununu (mayeyə edilən təzyiq bütün istiqamətlərə bərabər ötürülür) kəşf etməyə çox yaxın olmuşdur.

Leonardo da Vinçi sistemli təhsil almamışdır. O, vaxtaşırı Antik dövrün müəlliflərinin kitabları ilə maraqlanan – humanistlər və orta əsr sxolastlarının tərəfdarlarına rişxənd edərək yazırdı: "Mən, onlar kimi, müxtəlif müəlliflərdən sitat gətirə bilmirəm. Mən daha layiqli olanı sitat gətirirəm – təcrübə hər şeydən üstündür".



KOSMOSDA İNQİLAB

Əksər tarixçilərin fikrincə, XVII əsrdə elmi inqilabın başlanmasına səbəb olan hadisə elə də nəzərə çarpan olmamışdır. Polyak keşişi Nikolay Kopernikin (1473-1543) "Göy sferalarının dolanması haqqında" adlı kitabı çapdan çıxır. Bu, 1543-cü ilə – onun vəfat etdiyi ilə təsadüf edir. Rəvayətə görə, kitabın birinci nüsxəsini Kopernik can verən vaxtı görmüşdür.

Nikolay Kopernik Polşanın hər tərəfdən Tevton ordenli səlibçilərin torpaqları ilə əhatə olunmuş, Varmi yeparxiyasının Torun şəhərciyində dünyaya göz açmışdır. Nikolayın atası çox erkən vəfat etmiş və onun tərbiyəsi ilə dayısı, Varmi yepiskopu Lukaş Vaçenrode (formal olaraq, o, Roma papasına tabe idi və Polşa kralının vassalı idi, amma əslində Varminin tam hakimiyyətli hökmdarı idi) məşğul olmuşdur. Yepiskop öz bacısı oğluna yaxşı təhsil vermişdir: 1491-ci ildə Kopernik Krakov universitetinə daxil olmuş, sonralar isə Bolonya və Padua universitetlərində təhsil almışdır. O, hüququ, qədim yunan dilini, riyaziyyatı, fəlsəfəni öyrənmiş, amma astronomiyaya daha çox maraq göstərmişdir. 1497-ci ildən başlayaraq – onun Bolonyaya gəldiyi vaxt – Kopernik sistematik olaraq göy cisimlərini müşahidə etməyə başlayır. O, Ptolemeyin hesablamaları ilə özünün müşahidələrinin üst-üstə düşmədiyini müəyyən edir. Bu fərq ya onun özünün, ya da nəzəriyyənin səhvi hesabına ola bilərdi. Çoxsaylı yoxlamalardan sonra polşalı astronom qət edir ki, nəzəriyyə səhvdir.



Nikolay Kopernik. Naməlum rəssam.

"Göy cisimlərinin hərəkətinə aid hipotezlərə kiçik şərh" (1515-ci il) adlı əsərinin əlyazmasında Kopernik tərəfindən irəli sürülmüş əsas fərziyyə çox sadə idi: əgər göy cisimlərinin hərəkətinə Ptolemey kimi Yerə nəzərən yox, Günəşə nəzərən baxsaq, onda onların hərəkətləri üçün alınmış hesablamalar həm daha sadə, həm də dəqiq olar. Kopernikin ən yaxşı əsəri olan "Göy sferalarının dolanması haqqında" əsəri kiçik bir anonim müqəddimə ilə başlayır. Əvvəllər bu müqəddimənin Kopernikin özünə aid olduğunu iddia etmişlər, lakin sonralar məlum olmuşdur ki, bu kitabı nəşr edən ilahiyyatçı və lüteranlığın [Lüter Martin tərəfindən təsis edilmiş protestant məzhəbi] təbliğatçısı Andreas Osiander tərəfindən yazılmışdır. Burada qeyd olunurdu ki, Günəşin mərkəzdə yerləşməsi hesablamaları asanlaşdırmaq məqsədilə edilir və riyazi mahiyyət daşıyır. Osiander



Yagellon universiteti yaxınlığında N.Kopernikin heykəli. Krakov.

hələ Antik dövrdən məlum olan nisbilik prinsipindən istifadə edərək göstərirdi ki, göy cisimlərinin görünən hərəkətini müxtəlif həndəsi fiqurlar vasitəsilə izah etmək olar.

Lakin kitabın mətnindən məlum olurdu ki, öz hipotezindən mütləq mənada çıxış edərək Kopernik sübut edirdi ki, Günəş həqiqətən sükunətdədir, Yer isə öz oxu ətrafında fırlanmaqla (sutkalıq fırlanma) yanaşı, həm də Günəşin ətrafında (illik fırlanma) fırlanaraq dövri hərəkət edir. Məsələnin bu cür qoyuluşu çox mühüm nəticələrə gətirirdi. Bu cür yanaşma bir tərəfdən sağlam düşüncəyə və fəlsəfi yanaşmaya, digər tərəfdən isə xristian teologiyasına əsaslanan Aristotel fizikasını zərbə altında qoyurdu.

Heliosentrik nəzəriyyənin qəbul edilməsi uğrunda mübarizə sonrakı iki əsr müddətində elmin inkişafının baş süjet xətti oldu və İntibah dövrünün əsas nailiyyətlərindən biri idi. Kopernikin bu fərziyyəsinin ardınca o dövrün ab-havasına yabançı olan ideyalar yarandı. Bütün "yaradılmışların tacı" olan insanın ilahiləşdirilməsi və insanın iradəsinə tabe olan təbiətin tərənnümü kimi ilkin İntibah dövrünün humanizminin əsasları dağılmasa da, laxlanmış oldu. İnsan dünyanın mərkəzini tərk edib, toz zərrəciyi kimi Kosmosun sonsuz boş enginliklərində hərəkət etmiş oldu.

Günəşin Kainatın mərkəzində yerləşdiyi, Yerin isə adi planetlərdən biri olması ideyası Kopernikdən əvvəl də söylənilmişdi. Təsadüfi deyil ki, bu nəzəriyyə pifaqorçuların adı ilə bağlıdır. Bu iddia həmçinin rəvayətə görə yazını kəşf edən, müdrikliyi təmsil edən, Musa peyğəmbərin müəllimi sayılan qədim Misir mifik qəhrəmanı Hermes Trismeqist (*yun.* "trismeqistos" – "üç qat böyük") tərəfindən irəli sürülmüşdü. Həqiqətdə isə, Trismeqistin adı ilə bağlı olan traktat II-III əsrlərdə yazılmışdı və Platonun davamçılarından birinə məxsusdur. Bu əsərlər İntibah dövründə çox məhşur idi və o dövrün mütəfəkkirlərinin dünyagörüşünə öz təsirini göstərmişdir. Əlkimya, astrologiya, kabbala və magiya kimi hermetik elmlərlə yalnız bu elmlərdən xəbəri olanlar məşğul ola bilərdi. Bu şəxslərin əksəriyyəti papanın fərmanı (bulla) ilə 1585-ci ildə mühakimə edilmişdir. Bu fərman 1631-ci ildə VIII Urban tərəfindən təsdiq olunmuşdur.

Kabbala (qədim yəhudi dilində "rəvayət") – iudizmdə mistik cərəyan.



Orta əsrlərdə Yer kürəsinin hərəkəti ilə bağlı fikirlər fransız sxolastları Nikola Orem və Jan Buridan tərəfindən söylənilmişdir. Kuzalı Nikolay hesab edirdi ki, Yer, fəzada hələ vəziyyəti müəyyən olunmamış Kainatın mərkəzi ətrafında fırlanır. Hermes Trismeqistin Kainatın sonsuzluğu və dünyaların çoxluğu ideyalarının Kopernikin əsərində öz təsdiqini tapdığını görən italyan filosofu və şairi Cordano Bruno (1548-1600) Hermesin güclü təsiri altında olmuşdur. Cordano Brunonun təlimi elmi metoda əsaslanmırdı. O, ilahiyyatçı mütəfəkkir idi və hermetizm vasitəsilə Katolik və Protestant kilsələrini birləşdirməyə nail olmaq istəyirdi. Bundan əlavə, Bruno Xristin ilahiliyini, müqəddəs ruhdan yarandığını inkar edir, çoxarvadlılığı təbliğ edirdi. Bruno gələcəkdə dünyanın heliosentrik sisteminin təşəkkül tapmasında böyük rol oynamış bir sıra elmi mülahizələr söyləmişdir. Beləliklə, o, məntiqi olaraq əsaslandırırdı ki, Kopernikin təlimi kosmologiyadan "tərpənməz ulduzlar sferası" ideyasını rədd edir. Fərz olunurdu ki, ulduzlar bir-birinə nəzərən hərəkət etməyərək, hamısı birlikdə Kainatın və Yerin mərkəzi ətrafında fırlanır. Belə uzlaşmış hərəkətin mövcud olması üçün, fərz olunurdu ki, ulduzlar sabit sürətlə fırlanan bərk sferaya bağlanmışdır. Amma ulduzların hərəkəti Yerin fırlanması ilə izah olunarsa, onda sferaya ehtiyac qalmır və bu halda ulduzlar Yerdən istənilən məsafədə yerləşə bilərlər. Bruno sübut etdi ki, Yer planetdir, Günəş isə ulduzlardan biridir. İnkvizisiya onun baxışlarını dinə zidd saydı və 1600-cü il fevralın 17-də o, Romada diri-diri

NİKOLAY KOPERNİK. "GÖY SFERALARININ DOLANMASI HAQQINDA"

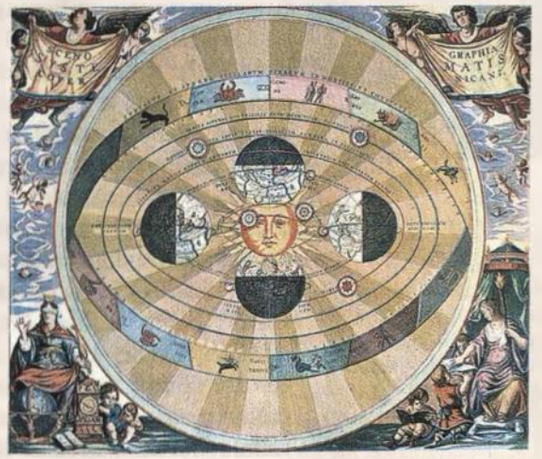
Nikolay Kopernikin "Göy sferalarının dolanması haqqında" əsəri bizi əhatə edən aləmin dərk edilməsi və insanın özünüdərketmə prosesində mühüm əhəmiyyətə malik bir kitabdır. Müasir Polşanın şimalında yerləşən Varmi yeparxiyasının katolik keşişi nəinki astronomiyada çevriliş etmiş, həm də dünyanın mənzərəsini dəyişdirmişdir.

Dünyanın yeni heliosentrik sisteminin əsaslarını Kopernik bu cür təsvir edirdi. Bizim müşahidə etdiyimiz Günəşin hərəkəti, əslində Günəşə deyil, Yerə və bizim sferaya məxsusdur. Yer və digər başqa planetlər Günəş ətrafında fırlanır. Deməli, Yer bir neçə hərəkətdə iştirak edir. Planetlərin düzünə və əksinə zahiri hərəkəti onlara yox, Yerə aiddir. Yerin bu hərəkəti göydə müşahidə olunan qeyri-müntəzəmliyi izah etməyə kifayətdir". Beləliklə, Kopernik öz ağlının gücü ilə "Günəşi dayandırıb, Yeri hərəkətə gətirdi".

Nikolay Kopernikin 30 il üzərində çalışdığı bu əlyazması, onun ölümündən bir az əvvəl, 1543-cü ildə nəşr edilmişdir. Onun dostlarının kədərini kitaba yazılmış "Oxucuya. Bu kitabda olan hipotezalar haqqında" adlı anonim müqəddimə bir az da artırmış oldu. Sonralar İohann Kepler müəyyən etmişdir ki, bu müqəddiməni kitabı dərc etdirən ilahiyyatçı protestant və riyaziyyatçı Andreas Osiander yazmış və çap zamanı kitaba daxil etmişdir. Osianderin yazdığı müqəddimədə deyilirdi: "Belə ki, heç kəs bu hərəkətlərin həqiqi səbəblərini tədqiq edə bilmədiyindən, astronom müəyyən hipoteza irəli sürməli və bu hipotezanın köməyi ilə və həndəsənin prinsiplərinə əsasən həm gələcək, həm də keçmiş üçün bu hərəkətləri hesablamağı bacarmalıdır. Bütün bunları kitabın müəllifi çox mükəmməl etmişdir. Bu hipotezanın doğru və ya ehtimallı olması heç bir əhəmiyyət daşımır, əsas odur ki, hesablamalar müşahidələrə uyğun gəlsin". Müqəddimədən görünür ki, onu yazan şəxs yeni təsəvvürlər qarşısında təşvişə düşürmüş.

İnkvizisiya Kopernikin nəzəriyyəsinə ciddi yanaşmış və onun əsərini "Qadağan olunmuş əsərlər" siyahısına daxil etmişdir (1616). Qadağa XIX əsrdə götürülmüşdür.

Nikolay Kopernikin "Göy sferalarının dolanması haqqında" əsərini rus dilinə riyaziyyat və astronomiya tarixçisi, professor İvan Nikolayeviç Veselovski (1892-1977) tərcümə etmişdir. Əsər 1964-cü ildə "Nauka" nəşriyyatında akademik Sergey İvanoviç Bavilov tərəfindən təsis edilmiş "Elmin klassikləri" seriyası altında çapdan çıxmışdır.



Kopernikin dünyanın sistemi. Xromolitoqrafiya. 1670-ci il.



Cordano Bruno. Qədim qravüra.



"Alfons cədvəlləri" – bu cədvəllər astronomlar tərəfindən Kastiliya və Leon kralı Müdrik X Alfons üçün tərtib olunmuşdur.

tonqalda yandırıldı. Ölümündən qabaq alim demişdir: "Yandırmaq – heç də inkar etmək demək deyildir".

KOSMOSUN FİZİKASI

Cordano Brunonun yandırıldığı il, Nikolay Kopernikin kitabının elmi inqilab tarixində oynadığı rol qədər mühüm əhəmiyyətə malik başqa bir hadisə baş verdi. Avstriyanın Qrats şəhərinin Lüteran məktəbinin riyaziyyat müəllimi İohann Kepler müqəddəs Roma imperiyasının imperatoru II Rudolfun saray astronomu Tixo Brahenin dəvəti ilə Praqaya gəlir.

Tixo Brahe (1546-1601) Danimarkada varlı və aristokrat ailədə anadan olmuş və yaxşı təhsil almışdır. O, Kopenhagen universitetində hüquq təhsili almış, sonra isə Leypsiqə gəlmiş, burada sistematik olaraq astronomik müşahidələr aparmış və bütün ömrünü bu elmə həsr etməyi qərara almışdır. Onun bu seçiminin bir neçə səbəbi vardır. Birincisi, hələ Kopenhagendə olarkən Brahe 1560-cı il avqustun 21-də Günəş tutulmasını müşahidə etmişdir. Hadisə qabaqcadan söylənilmiş və bu fakt onu heyrətləndirmişdi. İkincisi, Leypsiqdə 1563-cü ilin avqustunda o, Yupiterin Saturnla birləşməsini (Göydə onların bir-birinə maksimal yaxınlaşmasını) müşahidə etmişdi. Baş verəcək bu hadisənin tarixi Kopernikin nəzəriyyəsi əsasında alman riyaziyyatçısı Erazm Reynhold tərəfindən tərtib olunmuş "Prussiya cədvəlləri"ndə göstərilmişdir. Reynholdun xətası bir neçə gün olmuşdur. Ptolemeyin nəzəriyyəsinə əsasən hesablanmış "Alfons cədvəlləri"ndə xəta daha böyük – bir aya yaxın olmuşdur. Bu cür hadisələrin baş verməsini qabaqcadan xəbər vermək imkanı və hesablamalarda alınmış xətalar Braheni göy cisimləri üzərində sistematik və uzunmüddətli müşahidələr aparmağa təhrik edir. O həmişə öz müşahidələrinin dəqiqliyini artırmağa və daha mükəmməl astronomik cihazlar yaratmağa çalışırdı.



Tixo Brahe. Qədim qravüra.

1572-ci il noyabrın 11-də Braheni heyrətə salan daha bir hadisə baş verdi. Səmada, Kassiopeya bürcündə qeyri-adi parlaq yeni bir ulduz peyda oldu. Bu hadisənin baş verəcəyini nə Brahe, nə də başqa birisi qabaqcadan deyə bilməmişdi. Bundan əlavə, bu hadisə Kainatın əbədi və dəyişməz olduğunu iddia edən aristotelizmin prinsiplərinə zidd idi. Yeni ulduzun peyda olması, nəinki təkcə Braheni sarsıtdı, – bütün Avropa bu hadisədən heyrətlənmişdi. Lakin təkcə o, ulduz aşkar olunduqdan sonra, onun yerini müəyyən etmək üçün fasiləsiz olaraq dəqiq ölçmələr aparmağa başladı. Müşahidələrinin əsasında o, "Yeni ulduz haqqında" (1573-cü il) kitabını yazdı. Kitabın yarısı istifadə olunmuş cihazların ətraflı təsvirindən, ölçmə üsullarından və alınmış nəticələrdən bəhs edirdi. Bu, elmi ədəbiyyat tarixində yenilik idi. Tədqiqatlar sayəsində Brahe aşağıdakı nəticələrə gəlmişdi: yeni ulduz, çoxlarının güman etdiyi kimi, "ayaltı" (Ayın ətrafında) fəzada yerləşə bilməz, çünki o, parallaksa malik deyil və onun Kassiopeyanın digər ulduzlarından olan bucaq məsafəsi dəyişməz qalır. Brahenin fikrincə, bu ulduz tərpənməz ulduzlar sferasına aid olmalıdır. Bu isə "ayüstü" (Aydan uzaq məsafə) Aristotelin fəzanın dəyişməzliyi haqqındakı nəzəriyyəsinə ziddir.

Parallaksa malik olmayan kometalar üzərində aparılan müşahidələrdə də həmin fərziyyənin doğru olduğu sübut olundu. 1572-ci ildə tapılmış yeni ulduz kimi kometalar da "ayüstü" sferaya aid edilirdi və onlar da Aristotel nəzəriyyəsi ilə ziddiyyət təşkil edirdi. Lakin buna baxmayaraq, Brahe

Kopernikin təlimini qəbul etməmişdir. İnsanın dünyanın mərkəzində yerləşməməsi ilə o razılaşa bilmirdi. Braheyə görə bu, Bibliyaya da ziddir.

Hələ Antik və Orta əsrlər dövründən başlayaraq müzakirə olunan bəzi fiziki problemlər mövcud idi. Əgər Yer orbit boyunca hərəkət edərsə, onda tərpənməz ulduzların parallaksı müşahidə olunmalı idi. Bunu Brahe hətta özünün ən təkmilləşmiş cihazlarının köməyi ilə belə aşkar edə bilməmişdir. Əgər Yer öz oxu boyunca hərəkət edirsə, onda hündür dor ağacından atılmış daş şaquli olaraq onun dibinə düşməz, qərbə doğru meyil etmiş olardı.

Bu mülahizələr əsasında Brahe özünün Kosmoloji sistemini yaratmışdı. Bu sistemə görə Yer tərpənməzdir və Kainatın mərkəzində yerləşmişdir. Yerin ətrafında Ay və Günəş fırlanır, Merkuri, Venera, Mars və Günəş sisteminin başqa planetləri, Kopernikin təliminə uyğun olaraq, Günəşin ətrafında dolanır. Danimarkalı astronomun bu nəzəriyyəsi Trident məclisindən sonra katolisizmin elmi baxışlarını təbliğ edən yezuitlər (mürtəce katolik ruhaniləri cəmiyyətinin üzvü) tərəfindən dəstəkləndi. Onlar Yerin sükunətdə olması, Günəşin isə hərəkəti ilə bağlı məsələlər də daxil olmaqla, Bibliyanı alleqorik olaraq şərh edən istənilən cəhdləri birmənalı şəkildə rədd etdilər.

Bütün həyatı boyu Tixo Brahe sistematik olaraq çox dəqiqliklə həyata keçirilən çoxsaylı müşahidələr aparmışdır. Amma bunları təhlil etməyə onun vaxtı və gücü çatmamışdır. Bu vəzifənin isə öhdəsindən İohann Kepler (1571-1630) gəlmişdir.

Kepler həyatında ən çox ədədləri və hesablamaları sevirdi. Tixo Brahenin kosmoloji konstruksiyaları onun xoşuna gəlmirdi. Kepler Kopernikin



təliminin tərəfdarı idi. Belə ki, bu ideya onun pifaqorçu dünyagörüşünə uyğun idi. Kepler kopernikçi yox, daha çox pifaqorçu idi. Onun fikrincə, Kainatın mərkəzində, bütün hərəkətlərin səbəbkarı olan "Mərkəzi Od" durmalıdır.

Beləliklə, Kepler Aristotel kosmologiyasından daha çox kənarlaşaraq, Günəşi Kainatın mərkəzinə qoymaqla, həm də ona ilkin təkanverici kimi baxırdı. Tixo Brahenin elmi tədqiqatında onun Mars üzərində apardığı müşahidələr mühüm yer tuturdu. Bu planetin orbitinin hesablanması astronomlarda müəyyən çətinliklər yaradırdı. Sonralar məlum oldu ki, bu çətinliklər Günəş sisteminin başqa planetləri ilə müqayisədə Mars planetinin orbitinin formasının çevrədən daha çox fərqli olması ilə bağlıdır. Kepler fikirləşir ki, onun səhlərinin səhvi düzgün olmayan Ptolemey sistemindən istifadə etmələrindədir və Mars planetinin orbitini Kopernik sisteminə nəzərən hesablayır. Nəticələr kifayət qədər qənaətbəxş olur. Marsın hesablanmış və həqiqi vəziyyət-

Parallaks (*yun.* "parallaksis" – "meyil") – müşahidəçinin yerdəyişməsi nəticəsində göy cisminin vəziyyətinin zahirən dəyişməsidir.

Trident məclisi – 1545-1563-cü illərdə İtaliyanın Trento (*lat.* – Tridentum) və Bolonya şəhərlərində Katolik kilsənin məclisi. Bu məclisdən sonra kafirlərin təqib olunması gücləndi.

ləri arasındakı fərq 8′-dən də az olur. Lakin bu Kepleri razı sala bilməzdi. O, Brahenin ölçmələrinin dəqiqliyinə inanırdı, deməli, səhvi hesablamalarda axtarmaq lazımdır! Uzun sürən hesablamalardan sonra o müəyyən edir ki, Marsın orbiti ellips formasındadır. Sonra Kepler bu ideyanın bütün Günəş sistemi planetlərinə şamil edir. Bu, Keplerin birinci qanunudur.

Ptolemeyin nəzəriyyəsi mahiyyətcə riyazi nəzəriyyə idi, yəni göy cisimlərinin müşahidə olunan hərəkəti çevrə boyunca hərəkətə uyğunlaşdırılırdı. Kepleri isə hərəkətin səbəbləri maraqlandırırdı. Lakin o anlamırdı ki,

İOHANN KEPLER

"Faydasız keçirilən hər bir an ona iztirab gətirir. Buna baxmayaraq o, insanlardan uzaq qaçmağın tərəfdarı deyildi. Maliyyə məsələlərində o, demək olar ki, xəsis və qənaətcildir, boş yerə vaxt itkisinə səbəb olan hər bir xırdalığa qarşı sərtdir. Bununla yanaşı, o, işləməyə qarşı rəfedilməz nifrət bəsləyir. Bu nifrət o qədər böyükdür ki, yalnız elmə olan həvəs onda başladığı işi yarımçıq saxlamağa qoymur. Bununla belə, o, nəyə cəhd edirsə, bir çox hallarda həqiqətə çatmış olurdu".

Kepler özü barəsində bu cür yazmışdır. Yazıb-yaratmaq onun xoşuna gəlirdi. Böyük hissəsi hələ də, hətta ingilis dilinə belə tərcümə edilməmiş geniş həcmli elmi traktatlardan əlavə, müxtəlif mövzularda, hətta özü və ailəsi haqqında yazışmalar və mühakimələr onun elmi irsini təşkil edirdi.

Kepleri, Bruno kimi, tonqalda yandırmamışdılar, Qalileyə kimi işgəncə qorxusu ilə öz kəşflərindən imtina etməyə məcbur etməmişdilər, amma o, sərsəri və yoxsul həyat keçirmişdir. Kilsənin hökmü ilə o və ailəsi 24 saat ərzində yaşadığı şəhəri tərk etməli olmuşdur. Saraylarında yaşayıb işlədiyi hökmdarlar illərlə ona maaş vermirdilər. Onun birinci arvadı ağır xəstələnmiş və ömrünün son günlərində hətta uşaqlarını və ərini belə tanımamışdır.



Yuzef Skrobinski.
Müəllim və şagird (Kopernik və Kepler). XX əsr.

Kepler 1571-ci il dekabrın 27-də Almaniyanın cənubunda Şvabiyanın Vayl-der-Ştadt şəhərciyində anadan olmuşdur. O dövrdə bu şəhərcikdə təxminən 200 ailə yaşayırdı. Onun babası yerli aristokratlardan idi və bir müddət mer vəzifəsində çalışmışdır. Amma Keplerin əcdadlarında qəribə avantürist ruh yaşayırdı. İohannın xalası, magiya ilə məşğulluqda şübhəli bilinərək tonqalda diri-diri yandırılmış, anası isə möcüzə nəticəsində yandırılmamışdır. Atası sərsəri həyat keçirmiş, hersoq Albanın qoşununda Niderlandda öz həmməzhəbləri ilə vuruşmada iştirak etmişdir: asılmaqdan güclə yaxa qurtarmış və itkin düşmüş, çox güman ki, ölmüşdür. Müəyyən müddət Keplerin atası taverna (İtaliyada və bəzi başqa ölkələrdə meyxana) işlətmişdir və onun anası qonaqların içkisinə, insan psixikasına təsir edən müxtəlif dərmanlar qatar və bunun nəticəsində alınmış effekti müşahidə edərmiş.

Bütün bunlara baxmayaraq, Keplerin bəxti gətirmişdir. Lüteranlığı qəbul edən Vürtemberq (Şvabiya) hersoqu katoliklərlə disputlarda onlardan üstün olsunlar deyə lüteran keşişlərinin yaxşı təhsil almasında maraqlı idi. Nəticədə Kepler əvvəlcə Adelberqdə monastır məktəbində pulsuz, yaxşı təhsil almış, sonra isə Tübingen akademiyasını bitirmişdir. Doğrudur, o, universitetin teologiya fakültəsini bitirə bilməmişdir; universitet rəhbərliyi onu Avstriyanın Qrats şəhərinin lüteran məktəbinə riyaziyyat müəllimi vəzifəsinə təyin etmişdir.

Bu protestantların daim təqib olunduğu balaca ucqar şəhərcik idi. Məhz bu şəhərdə Kepler riyaziyyatla daim məşğul olmağa başlamış və ilahiyyatçı olmaq arzusundan vaz keçmişdir. "İndi mən görürəm ki, müəyyən səylərdən sonra Allahı astronomiyada da şöhrətləndirə bilərəm". 1596-cı ildə onun ilk "Kainatın sirri" əsəri çapdan çıxır. Bununla da Keplerin taleyi radikal olaraq dəyişir. Bu əsər sayəsində Kepler Qalileylə tanış olur və imperator astronomunun köməkçisi qismində Praqaya, Tixo Brahenin yanına köçür.

onlar hansı şəkildə olmalıdır. Onun ilk cəhdləri fiziki xarakterdən çox magik mahiyyət daşıyırdı: Kepler göy sferaları arasında düzgün çoxbucaqlılar yerləşdirməklə, Günəş sisteminin quruluşunu izah etməyə çalışırdı.

"Maqnit, maqnit cisimlər və böyük maqnit – Yer haqqında" (1600-cü il) əsərini yazmış ingilis fiziki və həkimi Uilyam Hilbertin tədqiqatları ilə tanış olan Kepler, Kainatda təsir edən qüvvələri maqnit qüvvələri kimi xarakterizə etməyə cəhd etmişdir. O, Günəşə bir qütbü mərkəzdə, digər qütbü isə sfera boyunca bərabər paylanmış nəhəng maqnit kimi baxırdı. Bu yolla 1600-cü ildə Kepler Çexiyaya köçür. Bir ildən sonra Brahe qəflətən ölür və Keplerə onun yerini tutmaq təklif olunur. Beləliklə, 1612-ci ilə qədər o, Müqəddəs Roma imperiyasının imperatoru II Rudolfun (1576-1612) yanında saray riyaziyyatçısı və astronomu kimi çalışır. Protestantlıq əqidəsinə və Kopernikin nəzəriyyəsinə inandığına görə, burada onu heç kim təqib etmirdi. II Rudolfun sarayındakıların əksəriyyəti maqlar və əlkimyaçılar idilər. Lakin imperatorun ölümündən və Otuzillik müharibə (1618-1648-ci illər) başladıqdan sonra hər şey dəyişdi. Katoliklər üçün protestant Kepler kafir sayılırdı, lüteranlar isə Jan Kalvinin dini baxışlarına meyil etdiyinə görə onu dönük sayırdılar. Lakin Kepler özünün kosmoloji təsəvvürləri ilə sıx bağlı olan dini etiqadında kompromisə gedə bilməzdi.

Pifaqorçular Mərkəzi Odu Kosmosda hərəkəti yaradan qüvvə mənbəyi sayırdılar. Onlar üçün bu mənbə Allah idi. Kopernik Günəşi dünyanın mərkəzi hesab etməklə, Allahı sıxışdırıb çıxarmış oldu. Beləliklə, Günəş dini atributlardan və planetlərə təsir imkanından məhrum olundu. Bundan başqa, Kopernikə görə dünyanın mərkəzində Günəş deyil, Yer orbitinin mərkəzi dururdu. Günəş bu mərkəzə nəzərən bir qədər sürüşmüş vəziyyətdədir. Kepleri bu cür baxışlar razı sala bilməzdi. O, Günəşin ilahi və fiziki gücünü yenidən ona qaytardı, Günəşi Kainatın mərkəzi hesab etdi və Kosmosdakı bütün hərəkətlərə Günəşin təsirinin olduğunu bildirdi. Keplerə görə Günəşin dünyanın mərkəzi olması Müqəddəs Troitsa [xristian dinində üç sifətdə birləşmiş allah] haqqındakı ehkamın təcəssümü idi. Ata Allah – ilk təkanverici olan Günəşin özüdür, oğul Allah – tərpənməz ulduzlar sferası, Müqəddəs Ruh Allahı isə Ata Allahın saçdığı və bütün Kainatı dolduran, onu hərəkətə gətirən görünməz qüvvədir.

Keplerin nəinki astronomiya və kosmologiyanın, həm də optikanın inkişafında böyük əməyi vardır. Hələ XVII əsrin əvvəllərində obskur-kamera (*lat.* obscurus – "qaranlıq") vasitəsilə Günəşi müşahidə edərkən, xəyalın alınma prinsipini müasir həndəsi optikada verilmiş şəkildə düzgün şərh etmişdir. 1602-ci ildə Kepler ilk dəfə olaraq insan gözünün görmə qabiliyyətini düzgün təsvir etmişdir. O göstərmişdir ki, xəyal, çoxlarının fikirləşdiyi kimi, büllurda deyil, torlu qişada alınır. O başa düşürdü ki, linza işıq şüalarını vərəq üzərinə fokusladığı kimi, büllur da onları torlu qişaya fokuslayır. Keplerə işığın sınma qanunu tam məlum deyildi. Ptolemeyin verdiyi təqribi qanunun köməyi ilə, yəni sınma bucağı düşmə bucağına mütənasibliyindən istifadə etməklə, alim qabarıq linzanın şüaları necə topladığını təsvir edə bilmiş və bir çox optik effektləri izah etmişdir. Bu zaman o, ilk dəfə olaraq, fokus anlayışından istifadə etmişdir.

Onun müşahidə astronomiyası ilə bağlı bir çox optik kəşfləri "Astronomiyanın optik hissəsi" (1604-cü il) adlı kitabında təsvir olunmuşdu. 1611-ci ildə teleskopun köməyilə edilmiş ilk astronomik kəşflər haqqında Qalileyin yazdığı "Ulduz xəbərləri" adlı əsərindən ruhlanaraq, Kepler yeni teleskop yaradır. Həm obyektivdə, həm də okulyarda o, toplayıcı (qabarıq) linzalar yerləşdirir. Sonralar məlum oldu ki, astronomik müşahidələr üçün bu cihaz (sonralar onu Kepler refraktoru adlandırdılar) Qalileyin teleskopundan daha əlverişlidir. Lakin Kepler Qaliley kimi yaxşı mühəndis deyildir, o, şüşəni yaxşı cilalaya bilməmişdir. Hətta teleskopun və uzaqda olan obyektlərin böyüdülmüş xəyallarının necə alındığını bilsə də, teleskopun işləmə prinsipini bilməyən Qalileydən fərqli olaraq o, Yupiterin peyklərini aydın görə bilməmişdir. O, Qalileyə müraciət edərək, onun teleskopundan birisini ona göndərməsini xahiş edir. Yalnız kurfürist (almanca Kurfürsten – seçici knyazlar) Kölnlü Ernest Praqaya gəldikdə o, Qalileyin ona bağışladığı teleskopu bir neçə həftəlik Keplerə verir və Kepler, nəhayət, Yupiterin peyklərini müşahidə edə bilir.

Həyatı boyu Keplerin ən çox zövq aldığı şey ədədi qanunauyğunluqları axtarmaq olmuşdur. O yazırdı: "Rəqəmlər mənə böyük sevinc bəxş edir, çünki onlar ədədləri ifadə edir, yəni əvvəllər səmada mövcud olmayan bir şeyi. Ona görə də ədədlər lap əvvəl, yəni materiya ilə eyni zamanda yaranıb, səma isə yalnız ikinci gün yaranmışdır. Ədədlər ideyası əbədi olaraq Allahda olub və onda qalmaqdadır, bəlkə də, Allahın özüdür. Buna görə də ədədlər istənilən idrakda iştirak edir. Bununla həm bütpərəst filosoflar, həm də kilsə alimləri tam razıdırlar".



İohann Kepler.
Qədim qravüra.

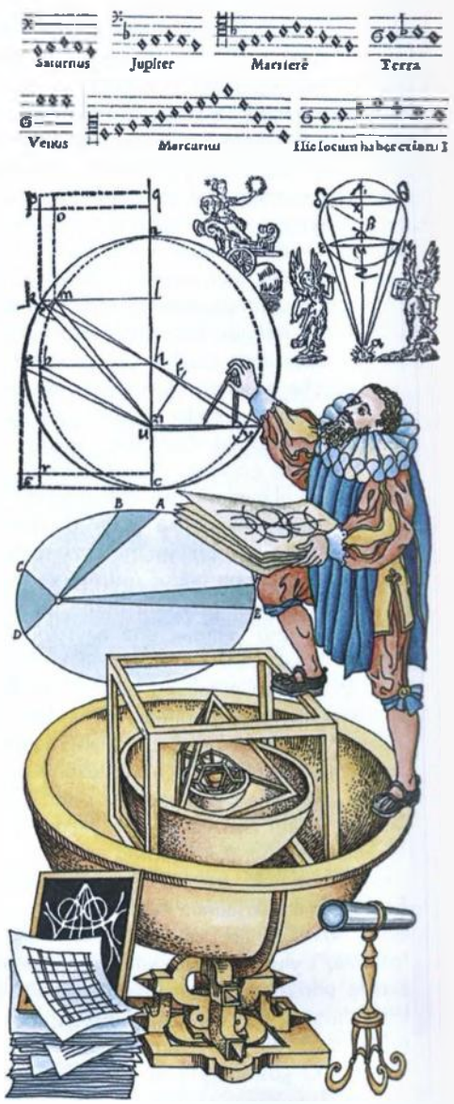
o, planetlərin periodik olaraq Günəşə yaxınlaşması və uzaqlaşmasını izah etməyə çalışırdı. Kepler müəyyən edir ki, planetlər Günəşə yaxın olduqca onların sürəti daha böyük olur və bunu qanun şəklində ümumiləşdirir: Günəşi planetlə birləşdirən istiqamətləndirilmiş xətt (planetin radius vektoru) ixtiyari bərabər zaman fasilələrində bərabər sahə cızır. Bu, Keplerin ikinci qanunu adlanır.

Alimin axırıncı cəhdi Pifaqorun "sferaların musiqisi" barədə klassik ideyasına əsaslanaraq, Kainatın quruluşunun universal qanununu tapmaq olmuşdur. Keplerə görə, orbit boyunca hərəkət edən hər bir planet musiqili səs çıxardır və bu səsin yüksəkliyi planetlərin sürəti ilə düz mütənasibdir. Rəvayətə görə, guya Pifaqor dünyanın İlahi harmoniyasını yaradan bu səsi eşidirmiş; bu səsi heç nəyə qadir olmayan sadə adamlar eşidə bilməzdi. Hər bir planetin musiqi qammasını hesablamağa çalışan Kepler özünün üçüncü qanununu kəşf edir – planetlərin Günəş ətrafında firlanma periodlarının kvadratları nisbəti Günəşdən onlara qədər olan orta məsafələrin kubları nisbətinə bərabərdir.

Pamflet – sosial-siyasi mövzuya aid ifşa xarakterli aktual publisistik əsər.

QALİLEO QALİLEY TƏRƏFİNDƏN ELMİ METODUN YARANMASI

Fizikanın müstəqil elm kimi təşəkkülü, haqlı olaraq, florensiyalı alim və yazıçı Qalileo Qalileyin (1564-1642) adı ilə bağlıdır. O isə özünü riyaziyyatçı və filosof sayırdı. Qaliley fizikanı bu və ya digər fəlsəfi doktrinanın təbəiliyindən azad etdi. Onu hadisələrin son (metafizik) səbəbi deyil, təfərrüatı daha çox maraqlandırırdı; o, hadisənin nə üçün baş verdiyini deyil, necə baş verdiyinə cavab axtarmağa çalışırdı. Müxtəlif real obyektlər üçün konkret qaydalardan ibarət Leonardo da Vinçi nəzəriyyəsindən fərqli olaraq Qalileyin nəzəriyyəsi, onun "kağız aləmi" adlandırdığı riyazi (həndəsi) obyektlərdən təşkil olunmuş ideal dünya üçün doğru olur. Eksperimentin köməyi ilə, reallığın onun ideal obrazı ilə üst-üstə düşüb-düşmədiyini müəyyən etmək, hətta dəqiq hesablamaq mümkündür. Məhz Qalileyin müqayisə metodundan istifadə edən



ƏDİB-ALİM

Qalileo Qaliley öz əsərlərini daha geniş oxucu kütləsi üçün başa düşülən şəkildə yazmaqla, elmi ədəbiyyatı bədii ədəbiyyata yaxınlaşdırmaqla elmi ədəbiyyatın üslubunu dəyişmiş oldu. Onun əsərlərini oxumaq üçün hədsiz erudisiyaya, xüsusi cidd-cəhdə ehtiyac yoxdur: italyan alimin əsərlərinin əksəriyyəti o dövrün bədii ədəbiyyatı kimi çox sadə, oxunaqlı idi. Onun "Dünyanın iki ən mühüm sistemi – Ptolemey və Kopernik sistemləri haqqında dialoq"u dünya ədəbiyyatı tarixində ən məşhur əsərlərdən biri sayılır.

Bu, Qalileyin üslubu ilə Keplerin üslubunun müqayisəsi zamanı xüsusilə əyani görünür. Kepler hesab edirdi ki, elmi tədqiqat ucsuz-bucaqsız dənizlərdə uzaqlara üzməyə bənzəyir və onun haqqında hekayət dənizçinin düzgün yoldan təsadüfi sarpmaların ətraflı təsvirlərini verən gündəliyini xatırlatmalıdır. Qaliley isə heç vaxt elmi araşdırmanın məntiqini yenidən yaratmağa çalışmamış və yalnız predmetin özünün məntiqinə riayət edərək, sübutlardan ancaq ən ifadəli və qısa olanlarını saxlayaraq, əsas müddəaları parlaq misallarla izah etmişdir.

O, müxtəlif ədəbi janrlardan istifadə etmişdir, lakin ən çox dialoqdan, (Platon üslubuna uyğun) məktublardan (o dövrün elmi ictimaiyyəti onun məktublarının surətlərini oxumaqdan yorulmazdı) və pamfletdən istifadə etmişdir. Qalileyin üslubu çox sadə və cəfəng mühakimələrdən azad bir üslubdur. Onun əsas oxucu auditoriyası latın dilini çox da yaxşı bilməyən maarifçi zadəganlar idi. Ona görə də Qaliley öz əsərlərini italyanca yazmışdır. Qaliley öz fikrini qısa və aydın ifadə etməyə çalışmışdır. O dövrün ənənəsinə zidd olaraq o, dəlillərin hamısını deyil, yalnız ən güclüsünü seçərdi.



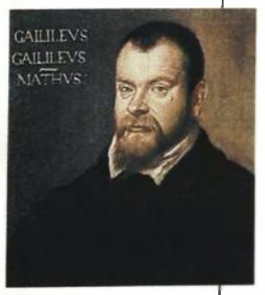
Stefano della Bella.
Aristotel, Ptolemey və Kopernik.
Q.Qalileyin "Dialoq..." əsərinə frontispis (kitabda titul vərəqinə yanaşı, sol tərəfdəki səhifədə verilən illüstrasiya). Florensiya. 1632-ci il.

qənaətkar sahibkar qutuda olan şəkərin çəkisini, tərəzinin göstərişindən qutunun çəkisini çıxmaqla tapa bilərdi. Hətta ideal hal üçün də eksperiment qoymaq mümkündür, lakin bu eksperiment fikrən eksperiment olacaqdır. Məhz fikrən aparılan eksperiment hesabına Qaliley *nisbilik prinsipi* adlanan prinsipin köməyi ilə belə bir nəticəyə gəlir ki, heç bir mexaniki hadisə, heç bir mexaniki təcrübə vasitəsilə cismin düzxətli bərabərsürətli hərəkətinin halını müəyyən etmək [sistemin sükunət halından fərqləndirmək] mümkün deyil.

Qalileyin "kağız aləmi" ortaya çıxandan sonra fizika xüsusi dilə və metoda malik oldu. Qalileyə qədər, o dövrdə yalnız sadə mexanizmlərin nəzəriyyəsi ilə məhdudlaşan və statikaya yaxın mexanika ilə fəlsəfənin bir hissəsi olan və Aristotelin "Fizika"sına aid şərhlərindən ibarət hərəkət haqqında təlim elmin ayrı-ayrı sahələri sayılırdı. Hərəkəti dəqiq riyazi qanunlarla təsvir edən Qaliley bu iki təlimi birləşdirməklə, müasir fizikanın yaranmasında ilk addım atdı.

Hərəkətin kəmiyyətcə nəzəriyyəsinin yaranmasında və eləcə də fizikanın sonrakı inkişafında Qalileyin kəşf etdiyi qanun mühüm rol oynamışdır: cisim müəyyən hündürlükdən sərbəst düşərkən, onun qət etdiyi yol düşmə zamanının kvadratı ilə düz mütənasibdir. Bu qanunu Qaliley mail müstəvilərlə təcrübələr zamanı eksperimental olaraq tapmışdır. Mail müstəvidə açılmış nov üzrə hərəkət edən metal kürəcik hündür olmayan maneələrə dəyərək səs çıxarır. Bu maneələr elə yerləşdirilir ki, onlar arasındakı məsafəni kürəcik bərabər zaman fasiləsində keçir.

Mail müstəvi ilə eksperimentlərini davam etdirən Qaliley kəşf edir ki, sərbəst düşən cismin hərəkətinin tra-



Domeniko Robasti.
Qalileo Qaliley.
1605-1607-ci illər.

yektoriyası da parabolikdir. Kürəciyin hərəkətə başladığı hündürlüyü dəyişməklə, alim onun mail müstəvidən ayrıldıqda sərbəstdüşmə sürətinin də dəyişdiyini müşahidə edir.

Fikrən aparılan eksperiment hesabına Qaliley sübut edir ki, ağır top mərmisi ilə həmin materialdan hazırlanmış kiçicik güllə müəyyən hündürlükdən eyni sürətlə düşəcəkdir. Fərz edək ki, güllə mərmiyə bağlanmışdır. Əgər güllə mərmiyə nəzərən yavaş sürətlə düşərsə, onda o, mərminin hərəkətini tormozlandırar və güllə bağlanmış mərmi ayrılıqda götürülmüş mərmidən daha kiçik sürətlə düşər. Eyni zamanda güllə bağlanmış mərmi, mərminin özündən xeyli ağır olduğundan daha böyük sürətlə düşməlidir. Alınmış bu ziddiyyətdən belə çıxır ki, ağır cisimlərin yüngül cisimlərə nəzərən daha böyük sürətlə düşməsi haqqında mühakimə səhvdir. Beləliklə, bütün cisimlər eyni sürətlə düşməlidir.



Qalileyə həm də məlum idi ki, mərmiyə bağlanmış və ya bağlanmamış güllə mərmiylə eyni cür hərəkət etdiyi kimi, fırlanma hərəkətində olan Yer kürəsi üzərindəki bütün cisimlər də onun hərəkətində iştirak edir. Gəminin dor ağacından düşən daş gəmiylə bərabər nə cür hərəkət edirsə, sükunətdə qaldıqda da gəmiylə bərabər həmin cür hərəkət edəcəkdir. Deməli, qüllədən atılmış daş yerin hərəkət edib-etməsindən asılı olmayaraq, eyni bir yerə – qüllənin dibinə düşəcəkdir. Həm real, həm də fikrən aparılmış eksperimentlər nəticəsində Qaliley Yer kürəsinin fırlandığını sübut etmişdir.

***

XVII əsrdə, Yeni dövrün astanasında, astronomiyada baş vermiş elmi inqilab Kainatın təbii-elmi mənzərəsini dəyişdi və yeni fizikanın əsasını qoydu, indi gələcək ona məxsusdur. Bu hadisə əvvəlcə Qərbi Avropada, sonra isə bütün dünyada həyatı radikal olaraq dəyişdi. Dərketmənin eksperiment və nəzəri mühakimə kimi rasional yanaşma metodu mistik təsəvvürlərə üstün gəldi və cəmiyyətin inkişafının yeni dövrü başlandı.

QALİLEO QALİLEY

Qalileyin əcdadlarından ilk dəfə tarixə düşmüş şəxs Tommazo Bonnayuti, 1343-cü ildə Florensiya Respublika Şurasının üzvlərindən biri olmuşdur. O, ikinci oğlunun adını Qalileo qoymuşdur. Sonralar məşhur həkim olan Qalileo gələcək nəslinə adını vermişdir. Qalileo Qalileyin atası Vinçenso Qalileyin maliyyə işləri yaxşı getmirdi, ona görə də o, mahud alveri ilə məşğul olaraq işlərini qaydasına salmağa çalışırdı. O, Böyük Toskana hersoqluğunun universitet şəhəri sayılan Pizada imkanlı ailədən olan Culi Ammanati ilə ailə qurur. Ailə qurduqdan 2 il sonra, 1564-cü il fevralın 15-də onların ilk övladı Qalileo dünyaya gəlir. 1570-ci illərin əvvəlində ailə yenidən Florensiyaya qayıdır və Vinçenso özünü tamamilə sevdiyi peşəyə – musiqiyə həsr edir.

Burada 11 yaşlı Qalileo Vallombroz kilsəsinin nəzdində olan məktəbdə dərs alır. Kilsə həyatı oğlanın xoşuna gəlir və o, burada təriqətə üzv olmaq istəyir, bu isə onun atasının xoşuna gəlmir. O, oğlunun görmə qabiliyyətinin zəiflədiyini bəhanə gətirərək, onu məktəbdən çıxarmağa çalışır. 1581-ci ildə Qalileo Qaliley, tibb fakültəsinin tələbəsi qismində, yenidən Pizaya qayıdır.

Lakin həkim olmaq Qalileyin taleyinə yazılmayıbmış. Pizada o, Ostilio Riççi ilə tanış olur. Riççi, Qalileyi onun üçün yeni olan və müqayisə edilməyəcək dərəcədə maraqlı bir elmlə – həndəsə ilə tanış edir. Ostilio Riççi zadəgan nəslindən olan oğlanlara (pajlara) həndəsəni tədris edirdi. O, həndəsəni öyrədərkən onun nəzəri incəliklərinə toxunmadan, həndəsənin həyatda nə kimi fayda verə biləcəyini başa salırdı.

Qaliley zadəgan nəslindən olmadığına görə bu dərslərdə iştirak edə bilməzdi, ona görə də o, saatlarla qapı arxasında duraraq Riççinin dediklərinə qulaq asırdı. Onun belə hərisliklə öyrənmək həvəsi Riççini təsirləndirir və bir müddət sonra o, gənci öz dərslərinə dəvət edir. Qaliley tibb kitablarını unudaraq, qədim Misir riyaziyyatçısı Evklidin "Başlanğıclar" kitabını oxumağa başlayır. 1585-ci ildə gənc oğlan heç bir dərəcə almadan Florensiyaya qayıtmağa məcbur olur. Mahud alveri getdikcə çətinləşirdi, onun təhsilini davam etdirməyə pulu çatmırdı. Yaşlaşmış Vinçenso isə yalnız musiqi bəstələməklə antik və müasir musiqinin nəzəri əsaslarını hazırlamaqla məşğul idi. Lakin Qaliley kommersiya ilə məşğul olmayıb, yenidən universitet karyerasını davam etdirməyə hazırlaşır. Onun Arximedin yaradıcılığı ilə ilk tanışlığı bu dövrə təsadüf edir. 1586-cı ildə o, hidromexanika sahəsində "Kiçik tərəzilər" adlanan elmi əsərini (traktat) yazır. O, bu əsərdə Arximedin Sirakuz çarı Hiyeronun tacının xüsusi çəkisini hansı üsulla ölçdüyü haqqında mühakimə yürütmüşdür. Onun daha bir əsəri, Arximedin ənənəsinin davamı olaraq, bərk cisimlərin ağırlıq mərkəzinə həsr olunur. Bu illər ərzində Qaliley bir neçə dəfə Florensiya akademiyasının üzvləri qarşısında çıxış etmişdir. Nəhayət, 1589-cu ildə o, doğma Piza universitetində az məvaciblə riyaziyyat professoru vəzifəsinə təyin olunur (əgər o, atasına qulaq asıb, tibb sahəsində professor olsaydı, on dəfə çox maaş ala bilərdi!).

Həm bu, həm də sonrakı işində (1592-ci ildən Qaliley Avropanın ən məşhur universitetlərindən biri olan Padua universitetində işləməyə başladı) markiz Qvidobaldo del Montenin (1545-1607) himayədarlığı böyük rol oynamışdır. Qvidobaldo del Monte mexanik, həndəsəçi və Toskanada hərbi istehkamların qurulmasına nəzarət edən şəxs idi. Gənc alim ona – Arximedin yaradıcılığının böyük bilicisinə, 1588-ci ildə məktubla müraciət etmişdir. Bu məktubda o, bərk cisimlərin ağırlıq mərkəzi haqqında öz fikirlərini yazmış və onun rəyini soruşmuşdur. Del Monte Qalileyin elmi axtarışlarını layiqincə qiymətləndirmiş və ona Arximedin mail müstəvidə cisimlərin tarazlıq şərti haqqında əsərinə izahlı şərhlərdən ibarət kitabının nüsxəsini göndərmişdir. Başlanmış yazışmalar markizin ölümünə qədər davam etmişdir.

Piza və Paduada yaşadığı illəri o, əsasən, mexanikaya həsr etmişdir. Qaliley bütün mühüm ixtiralarını bu illərdə etmişdir: rəqqasın rəqslərinin izoxronluğu (eyni müddətliyi), cismin düşmə sürətinin onun çəkisindən asılı olmaması, sərbəst düşən cismin getdiyi yolun zamanın kvadratı ilə mütə-



Q.Qalileyin şərəfinə buraxılmış marka. Vatikan. 1994-cü il.

Əslində Qaliley birbirinə nəzərən düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən hesablama sistemləri üçün nisbilik prinsipini verməmişdir. O, Yer kürəsi (və ya müəyyən planet) ətrafında çevrə boyunca sabit sürətlə hərəkətin nəticəsi olan üfüqi hərəkətin nisbiliyindən bəhs etmişdir.



nasib olması, üfüqlə bucaq altında atılmış cismin trayektoriyasının parabola şəklində olması. Bu illərdə alim həmçinin peripatetiklərlə (Aristotel fəlsəfəsinin davamçıları) hərəkətin nəzəriyyəsi ilə bağlı açıq diskussiyaya girmişdir. O, boşluqda hərəkətin mümkünlüyünü iddia edirdi. İsbat edərək göstərirdi ki, şaquli şəkildə yuxarı atılmış cisim, aşağı düşməzdən əvvəl bir an sükunətdə qalır. Onun kütlə qarşısında apardığı təcrübələr haqqında əfsanələr dolaşırdı, sonralar bu əfsanələr onun tərcümeyi-halına da-

İDEYA VƏ İNAM
(Sənədlərdən və məktublardan xronika)

Əgər fəlsəfə – Aristotelin kitabındakılardan ibarətdirsə, onda cənabınız, mənə elə gəlir ki, dünyanın ən böyük filosoflarından biri olardı. Çünki onda o, sizin ixtiyarınızda olardı və Siz hər şeyi öz yerinə qoyardınız. Mən isə inanıram ki, fəlsəfə bizim gördüklərimizi təsvir edir. Lakin o, bizim əlifbada olan hərflərlə yazılmadığı üçün onu hər kəs oxuya bilmir. Bu kitabın hərfləri üçbucaqlar, dördbucaqlar, dairələr, kürələr, konuslar və piramidalar və digər riyazi fiqurlardır.

(Q.Qaliley. F.Liçetiyə məktubu. 1641-ci il)

***

Beləliklə biz, hiss orqanlarımız vasitəsi ilə bilavasitə dərk edilən və ya təkzibedilməz sübutlarla müəyyən nəticə əldə etdiyimiz təbiət hadisələri haqqında danışırıqsa, sözləri başqa məna kəsb edən Müqəddəs Kitabların doğruluğuna şübhə yaranmamalıdır. Belə ki, Müqəddəs Kitabdakı kəlamlar təbiət hadisələri qədər təsiredici qüvvəyə malik deyildir.

(Q.Qaliley. B.Kastelliyə məktubu, 1613-cü il)

***

Əgər Papanın ...müəyyən bir elmi nəzəriyyəni qadağan etmək və ya ona icazə vermək səlahiyyətinə şübhəmiz olsa da, insanların onun doğru və yalan olduğunu deməyə haqqı çatmır.

(Q.Qaliley "Böyük hersogina Kristinaya məktub" traktatından. 1615-ci il)

***

Zati-Müqəddəslərinin Müqəddəs İbadətinin Baş komissarlığına riyaziyyatçı Qalileyin mülahizələri haqqında rəy:

Eşidildi: Günəş dünyanın mərkəzində yerləşibdir və sükunətdir.

Qərara alındı: Bu fikir mənasızdır və fəlsəfi nöqteyi-nəzərdən cəfəngiyatdır. Müqəddəs Kitabda yazılanları, sözün hərfi mənasında, inkar etdiyi üçün müqəddəs ataların və ilahiyyatçı alimlərin fikirləri təhrif olunduğundan, bu təlim Müqəddəs Kitaba zidd olduğu üçün bidət [küfr] hesab olunur.

Eşidildi: Yer, dünyanın mərkəzində yerləşməyib və sükunətdə deyil. Öz təbiətinə görə o, həm tam hərəkət edir, həm də sutkalıq fırlanma hərəkətində olur.

Qərara alındı: Bu müddəa da fəlsəfi nöqteyi-nəzərdən cəfəngiyatdır. İlahiyyat baxımdan dinini azmaqdır.

(11 ilahiyyatçının imzası ilə təsdiq olunmuşdur. 24 fevral 1616-cı il)

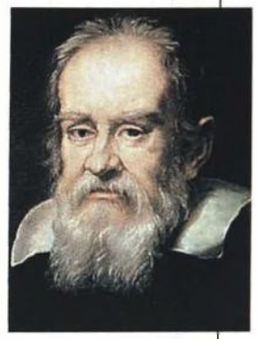
***

"Göy sferaların dolanması haqqında" əsərində Nikolay Kopernikin Yerin fırlanması və Günəşin sükunətdə qalması barədə, Müqəddəs Kitaba bütövlükdə zidd və səhv olan fikirlərinin geniş yayılması və bir çoxları tərəfindən qəbul olunması Müqəddəs Konqreqasiyanı [Roma papasının müəyyən məsələyə baxan inzibati idarəsi] narahat etməyə bilməz. Katolik həqiqətlərin ziyanına olan bu cür fikirlərin yayılmaması üçün Konqreqasiya qərara alır: Nikolay Kopernikin "Göy sferaların dolanması haqqında" adlı kitabı, yenidən düzəliş edilənə qədər qadağan edilir. Bu cür ideyaları təbliğ edən bütün kitablar da qadağan olunur...

(Zati-Müqəddəsləri Papa V Pavelin dekreti. 5 mart 1616-cı il)

xil edilsə də, onların heç bir sənədi əsası yox idi. Məsələn, Qalileyin şagirdlərindən biri danışırdı ki, onun müəllimi Pizada, insanların sıx toplaşdığı yerdə "yıxılan qüllədən" (Piza qülləsi) mərmi və güllə atmaqla enmə zamanı onların sürətinin bərabər olduğunu sübut etmişdir.

Lakin Qaliley heç də özünü sırf elmə həsr etmiş, tərki-dünya olmuş bir şəxs deyildi. Paduyada o, Marina Qamba adlı bir qadın ilə birgə yaşayırdı. Bu izdivacdan onların iki qızı və bir oğlu var idi. Paduyada Qaliley özünə çoxlu dost tapmışdı. O, tez-tez dostları ilə görüşər və onlarla müxtəlif mövzularda mübahisələr aparardı. 1590-cı ildə ustasının vəfatından sonra ailənin yükü onun üzərinə düşür. O, bacılarına kömək etməli və balaca qardaşları barəsində düşünməli olur. Buna görə də Qalileyin evində həmişə tələbələr yaşayırdı və onlar həm pansionda qalma haqqı, həm də Qalileyin keçdiyi əlavə dərslər üçün pul ödəyirdilər. Bundan başqa, tələbələr Qalileylə birlikdə onun ev emalatxanasında işləyirdilər. Bu emalatxanada



Yustus Süsterman. Q.Qaliley. Təqribən 1640-cı il.

***

Qaliley, rəqsləri bir kənara qoy və irəli get. Əgər mən səhv etmirəmsə, Avropanın görkəmli riyaziyyatçılarından çox az qismi bizdən ayrılmaq istəyir. Həqiqət beladir. Əgər sənin kitabını çap elətdirmək üçün İtaliya münasib deyilsə və sən orada müəyyən çətinliklərlə rastlaşacaqsansa, onda, çox ehtimal ki, Almaniya bizə bu azadlığı verər.

(İ.Kepler)

***

Sinyor Qalileyin mikroskopda nümayiş etdirdiyi milçəyə mən özüm baxmışam. Mən heyrətə gəldim və sinyor Qalileyə dedim ki, o, varlığı haqqında təsəvvürümüz olmadığı şeyləri bizə göstərən yeni Yaradandır.

(A.Faber. F.Çeziyə məktub. 1624-cü il)

***

İşin gedişi ilə tanış olduqdan və ifadələri dinlədikdən sonra Zati-Müqəddəsləri işgəncə vermək hədəsi ilə Qaliley dindirməyi qərara aldı və o əgər bidətlikdə şübhəli bilinərək öz fikirlərindən əl çəkməzsə, Müqəddəs Kon-



qreqasiyanın plenar iclasında onun barəsində həbs cəzası həyata keçirilsin.

Əmr olunur ki, nə yazılı, nə də şifahi formada Yerin hərəkəti və Günəşin isə sükunətdə olması haqqında məsələləri müzakirə etməsin, əks halda, islaholunmaz kimi cəzalandırılacaqdır. Onun yazdığı "Qalileyin dialoqu" kitabı qadağan olunmuş hesab edilsin.

(Müqəddəs İnkvizisiya Konqresinin qərarı. 1633-cü il)

***

Kopernikin təlimindən imtina etmək barədə əmr verildikdən sonra, mən daha öz fikrimdə inadcıl deyiləm. Mən indi Sizin əlinizdəyəm və mənə nə istəsəniz, edə bilərsiniz.

(Q.Qaliley)

***

Bu günlərdə, Qalileyin "Dünya sistemi" kitabının Leydendə və Amsterdamda tapmağın mümkünlüyü haqqında xəbər aldıqda, mənə dedilər ki, bu kitab çap olunmuşdur, amma bütün nüsxələr Romadaca yandırılmış, Qaliley isə cəzalandırılmışdır. Bu məni heyrətə gətirdi və mən qərara gəldim ki, bütün əlyazmalarımı yandırım və ya heç olmazsa, heç kəsə göstərməyim... təsəvvürümə gətirə bilmirəm ki, onu Yerin hərəkət etdiyini sübut eləmək arzusunda olduğuna görə mühakimə ediblər. Bir neçə kardinal tərəfindən bu nəzəriyyə pislənilmişdir və mən eşitmişəm ki, bu nəzəriyyəni hətta Romada belə aşkar şəkildə bəyan etmək qadağandır. Lakin mən etiraf edirəm ki, əgər bu təlim səhvdirsə, onda mənim fəlsəfəmin əsasları səhvdir.

(P.Dekart. M.Mersennə məktubundan. 1633-cü il)



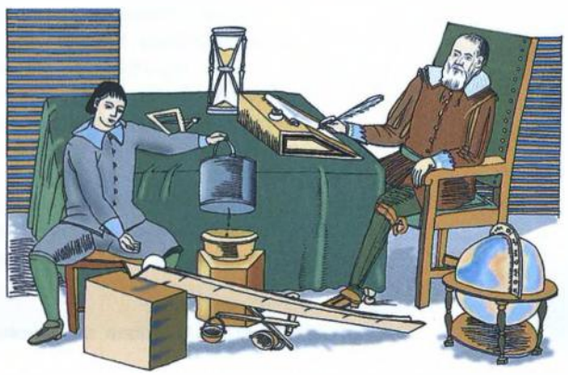
Roma papası
VIII Urban.
Qravüra. XVII əsr.

Dominik ordeni 1215-ci ildə ispan rahibi Dominik tərəfindən yaradılmışdır. Bu "Dilənçi ordeni"-dir. Onun üzvləri kasıb olmaq üçün əhd-peyman bağlayırdılar. 1232-ci ildə Roma Papası inkvizisiyanı ordenin tabeliyinə keçirmişdir.

Qaliley ixtira etdikləri mexanizmləri düzəldirdi.

1609-cu ilin avqustunda teleskopun hazırlanması ilə əlaqədar onun həyatında yeni mərhələ başladı. Nə bu vaxta qədər, nə də bundan sonra Qaliley optikayla maraqlanmamışdır. Şüşə linzalar vasitəsilə əşyaların böyüdülməsinin mümkünlüyünü biləndən sonra o, öz sağlam düşüncəsinə və mühəndislik intuisiyasına arxalanaraq, yeni linzalar düzəldir.

Bu linzalar öz keyfiyyətinə görə onun sələflərinin düzəltdiyi linzaları arxada qoyurdu. Onun linzaları daha girdə və səthi daha yaxşı cilalanmış idi. Qaliley nə etdiyini yaxşı bilirdi. Teleskopu kəşf etməklə Qaliley, Aristotel fizikasının ziddinə olaraq Nikolay Kopernikin kosmoloji nəzəriyyəsinin doğruluğunu sübut edən dəlillər əldə etdi. Öz fikirlərini iki kitabında: "Ulduzlara dair xəbərlər" (1610) və "Günəş ləkəsinin nümayişi və tarixi" (1613) kitablarında çap etdirdi. O, burada Aristotelin "ideal qübbə"sini altüst etdi. Aristotelə görə dünya iki yerə – ayaltı aləmə və ayüstü aləmə bölünürdü. "Ayaltı aləm" (yəni Ay orbiti ilə Yer arasındakı oblast) nizamsız və qeyri-müntəzəm hərəkətlər oblastıdır. "Ayüstü aləm" (Ay orbiti ilə tərpənməz ulduzların kənar sferası arasındakı oblast) dəyişməz və əbədidir, ona görə də o, riyazi qanunlarla təsvir oluna bilər. Qalileyə görə, təbiətin riyazi qanunları Kainatın hər yerində vahid və eyni cürdür.



Lakin Qaliley özündə müəyyən sistem və metodları cəmləşdirən Aristotel nəzəriyyəsinin tam ziddinə deyildi. Yeni astronomik kəşflər Aristotelin sisteminin doğru olmadığını göstərirdi. Qalileyin fikrincə, əgər Aristotelin teleskopu olsa idi, o xüsusi metodlarına əsaslanaraq, öz sistemində müəyyən dəyişikliklər etmiş olardı. Qaliley teleskopun köməyi ilə yeni səma hadisələrini aşkar edərək, onlarla Aristotelin fikirləri arasında uyğunluğun olduğunu isbat etdi. Dünyanın vahidliyini və təbiət qanunlarının universallığını müdafiə edən Qaliley, müasir peripatetikləri (Aristotelin tərəfdarları) deyil, özünü Aristotelin layiqli davamçısı sayırdı.

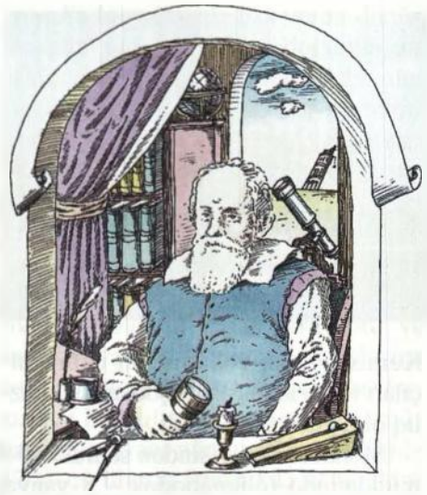
Qaliley Yupiterin dörd peykini kəşf etdi və onları Toskanada hakimiyyətdə olan Mediçi evinin şərəfinə Mediçi ulduzları adlandırdı. Onun bu hərəkəti Florensiyada olan dostlarının müəyyən cəhdlərindən və əziyyətlərindən sonra layiqincə qiymətləndirildi. Qaliley Böyük Toskana hersoqunun birinci riyaziyyatçısı və filosofu tituluna layiq görüldü və mühazirələr oxumasa da, belə Piza universitetinin ömürlük professoru təyin olundu. Faktik olaraq o, daim Florensiyada qaldı, Pizaya heç getməyə də bilərdi. Ona verilmiş titul və yeni vəzifə onu maddi cəhətdən tam təmin edirdi.

O, 11 il ömür sürdüyü Marina Qambanı ataraq, anası və iki qızı ilə birlikdə 1610-cu ilin sentyabrında Florensiyaya qayıtdı. Paduyada yaşayan dostlarının əksəriyyəti Qalileyin bu hərəkətindən inciyib, onunla əlaqələrini kəsirlər. Lakin bu, alimi heç də təsirləndirməyir. O artıq krallar və papalar ilə məktublaşır, əlaqə saxlayırdı

və daha yüksək mənsəb sahibləriylə, məsələn, Roma Papası ilə tanış olmağa can atırdı. Katolik dininə itaət edən şəxs kimi və eyni zamanda Kopernikin tam tərəfdarı kimi, Qaliley kilsənin heliosentrik konsepsiyaya mənfi münasibətindən çox narahat olurdu. O ümid edirdi ki, kilsə xadimləri ilə yaxından təmasda olsa, onları Kopernikin təliminin xristian doktrinasına zidd olmadığını inandıra bilər.

Lakin onun arzuları yerinə yetmədi. 1616-cı ildə Kopernik nəzəriyyəsinin daha geniş yayılmasından təşvişə düşən Roma inkviziyasının Müqəddəs kollegiyası xüsusi yaradılmış komissiyaya heliosentrizmin Müqəddəs Kitaba uyğun gəlib-gəlmədiyini araşdırmağı tapşırdı. Araşdırmanın nəticəsi mənfi oldu. Kopernikin kitabı, düzəliş edilənə qədər, "Qadağan olunmuş kitabların siyahısı"na salındı. Qaliley isə bu nəzəriyyənin bəzi tərəfdarları ilə birlikdə Romaya dəvət olundu. Onun üzərindən bütün ittihamlar götürüldükdən sonra, xəbərdarlıq edilərək buraxıldı. Öz şöhrətpərəst planlarından müəyyən müddət əl çəkmək məcburiyyətində qalaraq, o, yenidən XVI əsrin axırında Pizada başladığı işini davam etdirərək, hərəkət haqqında yeni nəzəriyyə üzərində işləməyə başlayır.

1623-cü ildə papa tacını kardinal Maffeo Barberini (Papa VIII Urban; 1623-1644-cü illər) tutdu. Kardinal Maffeo humanistlərin himayədarı sayılırdı və papa kuriyasını (papa hakimiyyətinin baş orqanı) yezuitlərlə dominikçilərin getdikcə artan təsirindən qurtarmağa çalışırdı. Qalileyin bir çox dostları və əməkdaşları VIII Urbanın zamanında yüksək vəzifələr tuturdular. Qaliley onlara böyük hörmət bəsləyirdi. Alim böyük əmək sərf etdiyi kitabı "Dünyanın iki ən mühüm sistemi – Ptolemey və Kopernik sistemləri haqqında dialoq" əsərini çap etdirmək qərarına gəlir.



1632-ci ildə kitab çap olundu, lakin ümid olunan uğur əvəzinə bədbəxtlik gətirdi: "Dialoq" gözlənilmədən Papanın kəskin narazılığına səbəb oldu. Kitab çap olunmaqdan bir müddət əvvəl Roma baş inkvizitorunun tapşırığı ilə kardinal Roberto Bellarmino şəxsən Qalileyə Kopernikin təlimini müdafiə etməyə qadağa qoymuşdur. Qalileyin kitabı icazəsiz nəşr olunmuşdur və o, qadağanı kobud şəkildə pozmuşdur. O, inkvizisiyanın tələbi ilə məhkəmənin qarşısında cavab vermək üçün Romaya gəlir. Alim haqqında çoxlu kitablar və məqalələr yazılmasına baxmayaraq, bu məhkəmə prosesi tam müəmmalı qalmış və indiyə qədər də açıqlanmamışdır. 1979-cu ildə Roma Papası II İohann Pavel böyük alimin çəkdiyi əzablara görə kilsənin günahkar olduğunu bəyan etdi. O, bununla özündən əvvəlki papalardan daha ədalətli olduğunu göstərdi. Onun təşəbbüsü ilə təşkil olunmuş Papa Elmlər Akademiyasının komissiyasına təklif olundu ki, bu işi yekunlaşdırsın. Lakin, 1992-ci ildə öz işini yekunlaşdıran komissiya Papa tərəfindən verilmiş bir çox sualları cavablandırmadı.

İndi sonsuz sayda insan elmlə məşğul olur. Onların içində xoşbəxt o kəslərdir ki, qeyri-adi daxili nura malik olur və kütlə ilə bərabər gəzib-dolaşır və çıxışından getdikcə uzaqlaşsa da, qaranlıq labirintdən çıxış yolu tapa bilir.

Q.Qaliley



Müqəddəs Pyotr məbədi. Roma.

Komissiya adı çəkilməyən ilahiyyatçıları təqsirləndirərək işdə anlaşılmazlıq olduğunu bəyan etdi.

Məhkəmə prosesindən sonrakı 10 il müddətində (ölümünədək – 8 yanvar 1642-ci ilədək) Qalileo Qaliley Arçetridə olan malikanəsində ev dustağı olur. O, revmatizmdən əziyyət çəkirdi, gözləri isə, demək olar ki, tam tutulmuşdu, lakin bu vəziyyəti onun əmək qabiliyyətinə təsir etməmişdir. Alim yenə də çox işləməyi davam edirdi, bu illərdə "Dialoq" kitabının latın dilində tərcüməsi nəşrə hazırlandı, təbiət elmləri tarixində mühüm əhəmiyyətə malik olan ikinci böyük kitabı "Elmin iki yeni sahəsinə – mexanika və yerli hərəkətə aid söhbətlər və riyazi isbatlar" (1638-ci il) adlı kitabı çap olundu. Kitabda yeni mexanikanın prinsipləri şərh olunmuşdur. Bu prinsiplər üzərində Qalileo Qaliley 50 ildən artıq çalışmışdır.

QALİLEYDƏN NYUTONADƏK

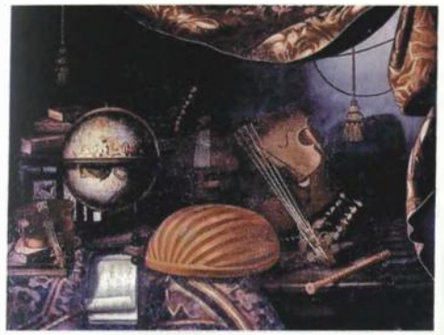
Qalileyin kəşfləri ilə başlanan və İsaak Nyutonun işləri ilə tamamlanan tarixi dövr xristianlığın başlandığı vaxtdan bəşəriyyət tarixində ən mühüm dönüş oldu. Dünyaya aid elmi baxışlar dini dünyagörüşü ilə rəqabət apararaq mədəniyyətə sirayət etdi. Bir müddət elə təsəvvür yaranırdı ki, elm xristianlığı

XRİSTİANLIQ VƏ ELMİ METOD

Qərbi Avropada xristianlığın qəbul olunması və elmi metodun yaranması bizim sivilizasiyanın müasir səviyyəsini müəyyən etdi. Amma ikinci hadisəni birinci ilə nə cür əlaqələndirmək məsələsi indiyədək cavablandırılmamışdır. Tarixdə və fəlsəfədə müxtəlif cərəyanların nümayəndələri bu məsələdə bir-birinə əks müxtəlif fikirlərə tərəfdardırlar. Alman materialist mütəfəkkiri Karl Marksın (1818-1883) fikrincə, elmi dünyagörüşü dini dünyagörüşü ilə bir araya sığmır və zaman keçdikcə elmi dünyagörüşü dini dünyagörüşünü tam sıxışdıracaqdır. Elmi görüşlər XVII əsrdə meydana gələn istehsal üsulu və əmtəə mübadiləsinə uyğun ictimai quruluş kimi kapitalizmin yaranmasını şərtləndirən məhsuldar qüvvələrin inkişafı nəticəsində yaranmışdır. Bu quruluşa xas olan rasionalizm və azadfikirlilik nəticəsində dini yanlış fikirlərə zidd olan elmi metod yaranmışdır.

Alman sosioloqu və tarixçisi Maks Veber (1864-1920) ayrı fikirdə idi. Müasir kapitalizmin rasionalist və fəal ruhu, həqiqətən də, elmi metod və elmi dünyagörüşün yaranmasına səbəb olur. Bu məsələdə Veber marksistlərlə tam razıdır. Lakin rasionalist ruh XVI əsrdə meydana gələn protestant etikasının yaranmasına təkan verdi. Protestant etikası Kilsə qarşısında loyal olmaqla yanaşı, həm də öz vicdanı qarşısında da təmiz olmağı, fayda gətirən əməklə məşğul olmağı tələb edirdi. Protestant inamı aktual müstəqil düşüncə tələb edir. Belə düşüncə tərzi üçün Kilsənin göstərişləri deyil, Müqəddəs Kitab daha böyük nüfuza malikdir. Veberə görə, elmi metod İslahatlar dövründə Qərbi Avropada yaranan xristianlığın yeni formaları ilə birbaşa əlaqədardır.

Fransız fiziki və elm tarixçisi Pyer Moris Mari Düem (1861-1916) yuxarıda qeyd olunan iki fikirdən fərqli fikir söyləmişdir. O hesab edirdi ki, elmi inqilab XVI-XVII əsrlərdə deyil, XIV əsrdə baş vermişdir və fransız teoloqları Jan Buridan və Nikola Oremanın işlərindən Qalileo Qalileyin və İsaak Nyutonun işlərinə kimi müntəzəm inkişaf etmişdir. Bu proses o qədər rəvan getmişdir ki, "inqilab" sözü prosesi müəyyən mənada düz əks etdirmir. Daha doğru olar ki, katolik dünyagörüşün evolyusiyası haqqında danışılsın. Belə ki, bu evolyusiya Avropaya ərəb sivilizasiyasından və Bizansdan gələrək, qədim yunan elm fikirlərini tədricən özündə ehtiva edir. Hər şeydən əvvəl bunlara Aristotelin və onun davamçılarının peripatetiklərinin əsərləri aiddir.



lazımsız şeyə çevirir və hətta onu fəlsəfi planda inkar edir.

XVII əsrdə materializm və ateizim fransız maarifçi filosofları arasında daha geniş yayılmışdır. Onların fikrincə, dünya heç kim tərəfindən yaradılmayıb, təbiətin dəyişməz qanunlarına tabe olaraq əbədi mövcud olmuşdur. Bu qanunları öyrənərək və müasir biliklərə istinad edərək insanlar keçmişi öyrənə, gələcək barədə fikir söyləyə bilərlər. Maarifçilər hesab edirdilər ki, cəmiyyət də müəyyən obyektiv qanunlara tabedir. Planetlərin səmada hərəkətini qabaqcadan müəyyən edə bildiyimiz kimi, cəmiyyətdəki qanunları bilməklə, gələcəyi proqnozlaşdırmaq mümkündür. Elmi metodların mütləqləşdirilməsi gələcəkdə Fransada yakobinçiliyi, Rusiyada isə bolşevizmi doğurdu.

Yeni əsrin ruhu məşhur fransız astronomu, riyaziyyatçısı və fiziki Pyer Simon Laplasın (1749-1827) fəaliyyətində də nəzərəçarpacaq dərəcədə özünü göstərirdi. Əsərlərinin birində o, dünyanın mexaniki mənzərəsini təsvir etmişdir. Bu əsəri oxuyan Napoleon Bonapartın "Nə üçün Allahı yada salmırsınız?" – sualına Laplas: "Bu hipotezə ehtiyacım yoxdur" – cavabını vermişdir.

Elmi dünyagörüş rifahın yaxşılaşmasına səbəb oldu. Belə ki, artıq istehsalatda kustar istehsalın yerini sənayeləşmə tutmağa başladı. XVIII əsrin əvvəlində sənayedə baş verən dönüş, bu gün heç bir şübhə doğurmayan, lakin o zamanlar üçün inqilabi olan bir ideyanın – mexanizmlər də təbiət hadisələrinin tabe olduğu qanunlara tabedir – ideyasının nəticəsində yarandı. XVII əsrdə yalnız səma cisimlərinin hərəkətini izah etmək üçün yaradılmış mexanika çox böyük praktik əhəmiyyət kəsb etdi. Sənətkarlar, əvvəllər olduğu kimi, vərdişlərə və intuisiyaya deyil, alimlərin rəylərinə əsaslanaraq yeni texniki qurğular hazırlaya bilirdilər. Elmə olan yeni münasibətin əyani nümunəsi kimi, 1742-1744-cü illərdə Romadakı Müqəddəs Pyotr kilsəsinin günbəzinin bərpasını göstərmək olar. Günbəz dağılmağa başladıqda, bərpa işlərinə rəhbərlik etmək üçün təcrübəli inşaatçılar əvəzinə üç riyaziyyatçını – Rudcer İosip Boşkoviçi, Fransua Jakyeni və Tom Lesyeri dəvət etdilər. Onlar, günbəzi bərpa etmək üçün memarlıq təcrübəsində istifadə olunan üsullardan tam fərqli olan yeni üsul təklif etdilər.

Həyata elmi baxış və mühəndis yenilikləri yeni mədəniyyətin də doğulmasına təkan verdi. Məsələn, müasir musiqinin əsasları XVII əsrdə qoyulmuşdur. Bu dövrdə bir tərəfdən temperasiyaya əsaslanan musiqi qammaları nəzəriyyəsi inkişaf edir, digər tərəfdən isə daha təkmilləşmiş musiqi alətləri düzəltmək üçün sırf texniki şərait yaranırdı. O dövrdə Avropada olan musiqi alətlərinə indiyə qədər dünyanın heç bir yerində rast gəlinməmişdir. Ona görə ki, bəzi mexanizmləri düzəltmək (məsələn, fortepianonun çəkicləri, orqanın hava ötürücüləri və klapanlar), simləri hazırlamaq və lakları almaq üçün lazım olan texnologiya heç yerdə və heç zaman olmamışdır. Yeni nəzəriyyəyə əsaslanan yeni musiqi primitiv, köhnə üsullarla hazırlanan alətlərdə ifa oluna bilməzdi.

◄ B.Bettera. Natürmort. XVII əsr.



Lorenso Mediçi.

Dei Linçei Milli Akademiyası Avropanın ən qədim akademiyalarındandır. Akademiya 1630-1795, 1840-1847 və 1939-1944-cü illər ərzində bağlanmışdır. Akademiyanın gerbində sayıqlığın rəmzi olan vaşaq (*ital.* "linceo") təsvir olunmuşdur.



Rembrandt. Alimin portreti. 1631-ci il.



ELMİ İNSTİTUTLARIN YARANMASI

İnsanlar təbiətşünaslığın getdikcə artan əhəmiyyətini dərk edirdilər. Ona görə də fizika ilə peşəkarcasına məşğul olmaq imkanı yaranırdı. XVII əsrə qədər elmlə yalnız universitetlərdə işləyən ruhanilər, saraylarda çalışan riyaziyyatçı və filosoflar məşğul olurdular. Öz elmi araşdırmalarını onlar birbirindən tam ayrı aparır və sələflərinin fikirlərinə əsaslanırdılar. XVII əsrdə artıq elmi cəmiyyətlər formalaşmağa başladı. Bu cəmiyyətdə insanları təbiətin öyrənilməsinə ümumi maraqlar birləşdirirdi. Onlar alınmış yeni elmi nəticələri birlikdə müzakirə edirdilər. Belə cəmiyyətlərin müxtəlif təşkilat formaları var idi və onların içərisində ən əhəmiyyətlisi akademiyalar idi.

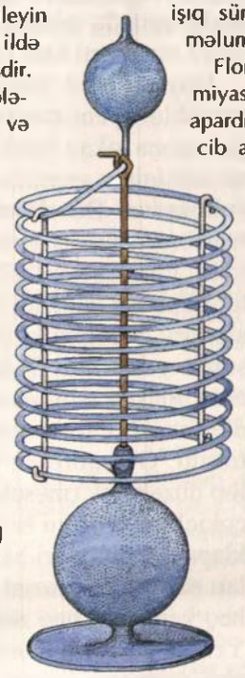
1459-cu ildə Florensiyada məşhur italyan filosofu və humanisti Marsilio Fiçino (1433-1499) Platonun Afina akademiyasına oxşar ilk akademiya yaratdı. Akademiya elə Platon aka-

TƏCRÜBƏLƏR AKADEMİYASI

Eksperimental tədqiqatlar Florensiya del Çimento Akademiyasının (Təcrübələr Akademiyası) proqramında daha çox əks olunmuşdur. Onun yaranması da Qalileyin adı ilə bağlıdır. Hərçənd ki, bu hadisə 1657-ci ildə Qalileyin ölümündən 15 il sonra baş vermişdir. Akademiyanın başında Qalileyin axırıncı iki tələbəsi – Evancelista Torriçelli (1608-1647) və Vinçenso Viviani (1622-1703) dururdu.

Florensiyalı akademiklər əlbir olaraq bir yerdə çalışırdılar və hansının daha çox xidməti olduğunu büruzə verməyərək, "Təcrübələr Akademiyasında təbiət üzərində həyata keçirilən eksperimentlər haqqında əsər"i dərc etdirmişdilər. Əsər cəmi on il ömür sürən akademiyanın bağlanmasından (1667-ci il) sonra dərc edilmişdir. Əsərdən aşkar şəkildə görünür ki, akademiklər təbiət haqqında nəzəri mühakimələr yürütməmiş, müxtəlif eksperimentlərin köməyi ilə konkret hadisələr haqqında biliklər əldə etmişdilər. Bəzi eksperimentlər başqa fiziklər tərəfindən əvvəllər qoyulmuş olsa da, daha diqqətlə, daha dəqiq yenidən qoyulur, digərləri isə qeyri-adi fantaziya ilə düşünülərək edilirdi. Belə ki, florensiyalılar ilk dəfə həqiqi termometrdən istifadə etmişlər. Atmosfer təzyiqinin təsirindən yaxa qurtarmaq məqsədi ilə bu termometrin borusundan və kürəvi balon hissəsindən hava çıxardılmışdır. Onlar həm də ilk dəfə olaraq havanın rütubətliyinin təyin etməsinin metodik üsulunu vermiş, işıq sürətini ölçməyə cəhd etmişlər. Lakin bu cəhd məlum səbəblərdən uğurlu olmamışdır.

Florensiya akademiyası kimi, del Çimento Akademiyası da dövlət tərəfindən maliyyələşdirilirdi və apardıqları elmi tədqiqatlara görə akademiklər məvacib alırdılar. Bu, bir növ İskəndəriyyə museyonunu xatırlatsa da, axırıncı akademiya daha çox dini qurum idi və buranın işçilərini monastırlarda və yezuit kollegiyalarında çalışan rahib-alimlərlə müqayisə etmək daha doğru olardı.


Florensiya termometri. XVII əsr.



Evancelista Torriçelli.

MAREN MERSENN VƏ ONUNLA YAZIŞANLAR

XVII əsrdə müxtəlif alimlərinin fəaliyyətini birbirilə yazışmalar vasitəsilə əlaqələndirən şəxs fransız rahibi Maren Mersenn (1588-1648) olmuşdu. Onun məktublaşdığı alimlər arasında Dekart, Qaliley, Roberval, Dezarq, Paskal, Bekman və digərləri var idi. Mersennin elmi yazışmaları Fransada 17 cilddə çap olunmuş, lakin onun bütün məktubları indiyə qədər tam tapılıb nəşr edilməmişdir.



Mersennin məktubları sərbəstdüşmə probleminin həllində vacib rol oynamışdı. Öz zamanında Albert Saksoniyalı göstərmişdir ki, hündürlükdən düşən cismin sürəti ya zamanla və ya getdiyi yolla mütənasib olmalıdır. 1604-cü ildə Qaliley məktublarının birində belə bir fikir söyləyir ki, bərabərtəcilli hərəkətin bütün qanunlarını gedilən yolun sürətlə mütənasibliyindən ala bilər. Yalnız 1638-ci ildə "Söhbətlər və riyazi isbatlar" əsərində o göstərdi ki, sürəti gedilən yolla mütənasib olan hərəkət ola bilməz (bu halda yolun istənilən kiçik hissəsini keçmək üçün sonsuz zaman tələb olunardı). Qaliley tərəfindən daha doğru olan qanunun (sərbəst düşən cismin sürəti zamanla mütənasibdir) kəşfi klassik mexanikanın yaranması kimi qeyd oluna bilər.

1618-ci ildə Niderlandın şəhəri Bredaya gələn Rene Dekart yerli riyaziyyatçı və mexanik İsaak Bekmanla (1570-1637) görüşür. Bekman istedadlı gəncin diqqətini özünün həll edə bilmədiyi məsələyə, cismin sərbəst düşməsinə yönəldir. Onlar uzun illər yazışaraq yeni kəşfləri və şübhələri haqqında Mersennə məlumat verirdilər. Mersenn öz növbəsində, Avropanın digər alimlərinə müraciət edərək, onları da bu məsələnin həllini tapmağa cəlb edirdi: Elə Mersenn, Qalileyin "Söhbətlər..." əsərində göstərdiyi sübutları birinci olaraq Dekarta xəbər vermiş və elə Mersennə yazdığı məktubunda da Dekart Qalileyi tənqid edərək, onun doğru nəticələrini inkar etmişdir. Avropanın ən yaxşı fizik və riyaziyyatçıları ilə yazışaraq, Mersenn səsin təbiəti və onun sürətinin ölçülməsi daha sürətli eniş xətti və sikloidin dövrləri kimi məsələləri müzakirə edirdi. Məlum olmuşdur ki, axırıncı iki məsələ bir-biri ilə sıx əlaqəlidir, çünki onların həlli eyni üsulla mümkün olmuşdur. Birinci məsələ belə qoyulmuşdur: sərbəst düşən cisim hansı trayektoriya üzrə hərəkət etməlidir ki, bir nöqtədən digərinə ən qısa zamanda çatsın. Çox tezliklə müəyyən olundu ki, bu əyrinin forması zəncirvari xəttə – iki nöqtəsindən sərbəst asılmış zəncirin formasına uyğundur.

Özünün ixtira etdiyi saatın konstruksiyasını daha da yaxşılaşdırmaq istəyən Niderland alimi Xristian Hüygens (1629-1695) ikinci məsələni həll etmiş oldu. Öz düşüncəsini reallaşdıra bilməyən Qalileydən asılı olmayaraq, o, saatların eyni vaxtlığını müəyyən etmək üçün müstəvi rəqqasdan, yəni çəkisiz ipdən asılmış cisimdən istifadə etmək qərarına gəlir. Tezliklə Hüygens müəyyən edir ki, belə rəqqasın izoxronluğu (*yun.* "izos" – bərabər, eyni və "xronos" – vaxt) dəqiq deyildir. Onun rəqsinin periodu kiçik yalnız amplitudlarda bərabərdir, amplitud artdıqca rəqsin periodu da hissediləcək dərəcədə artır. Alim müəyyən etdi ki, əgər rəqqasın yükü çevrə üzrə deyil, sikloid üzrə hərəkət edərsə, rəqslər izoxron olur. Bunun üçün o, ipin hərəkətini metal "yanaqcıqlarla" məhdudlaşdırır, bununla da asqı nöqtəsi və rəqqasın uzunluğu dəyişmiş olur. Yalnız yükün sikloid üzrə hərəkətini təmin edən yanacıqların formasını tapmaq qalırdı. Sikloidlə bağlı bütün problemlərin daha tam həllini Blez Paskal vermişdir. 1658-ci ildə o, isbatı ilə birgə altı teorem verir və öz adını gizli saxlayaraq Avropanın bütün riyaziyyatçılarına pul mükafatı müqabilində bu teoremləri isbat etməyi təklif edir. Birincilik Paskalda qalır, amma Hüygens də altı problemdən dördünü həll etməyə müvəffəq olur, xüsusən də, yükün sikloid üzrə hərəkətini təmin edən "yanaqcıqların" forması bu əyrinin formasında olmalıdır. Blez Paskal sikloid problemi haqqında ilk dəfə Maren Mersenndən eşitmişdi.


Maren Mersenn.

Mersenn on il ərzində Avropa elmi həyatının mərkəzində duraraq, çox müxtəlif, bəzən düşmən münasibətində olan adamları bir-biri ilə əlaqələndirirdi. Məşhur ingilis fiziki və elm tarixçisi Con Desmond Bernalın (1901-1971) dediyinə görə Mersenn Qalileydən başlamış Hobbsa qədər, bütün Avropanın alimləri üçün baş poçtamt idi. Ona yeni bir şeyi xəbər vermək, bütün dünyanı xəbərdar etmək demək idi.

demiyası adlanırdı və şəhərin hakimi gözəl Lorenso Mediçi tərəfindən himayə olunurdu.

Fiçinonun ölümündən və Mediçi Florensiyadan qovulduqdan sonra akademiya öz fəaliyyətinə qısa müddət ara verir. Artıq XVI əsrin ortalarında məşhur italyan boyakarı, memarı və incəsənət tarixçisi Corco Vazarinin (1511-1574) layihəsi əsasında dövlət statusu daşıyan və rəsmi şəkildə Böyük Toskana hersoqluğunun xəzinəsi tərəfindən maliyyələşdirilən Florensiya akademiyası yaradıldı. Bu akademiyanın üzvləri arasında, çox güman ki, Qaliley də olmuşdur. Onun ilk elmi çıxışları burada olmuş və o, Dantenin "cəhənnəmi" haqqında mühazirələrini burada oxumuşdur. Bu akademiyalar və elə də sonralar yaranan digər akademiyalar təbiəti tədqiq etməkdən uzaq idi, onların üzvləri yalnız humanizmi dərindən öyrənir, yəni klassik ədəbiyyat, tarix və fəlsəfə ilə maraqlanırdılar.



Dei Linçei Akademiyasının emblemi.



Jan Batist Kolber.

Təbiəti tədqiq etməyə ən çox maraq göstərən akademiya 1603-cü ildə knyaz Federiko Çezi (1585-1630) tərəfindən əsası qoyulmuş dei Linçei Roma Akademiyası (İtigözlülər Akademiyası) oldu. Əvvəlcə onu yaradan knyaz Çezi də daxil olmaqla, onun dörd üzvü var idi. Akademiyanın çiçəklənməsi və yüksəlişi Qalileo Qalileyin ora üzv olmasından sonra başlanmışdır. Bu, 1611-ci ilin aprelinə təsadüf edirdi. Həmin vaxt Qaliley astronomiya sahəsində öz məşhur kəşflərini açıqlamaq və Vatikanı Kopernikin təliminin doğru olduğuna inandırmaq üçün Romaya gəlmişdir.

Çezi hesab edirdi ki, təbiətin ayrı-ayrı hadisələrini yox, bütövlükdə təbiəti öyrənmək lazımdır. O başa düşürdü ki, bu işin öhdəsindən özü tək gələ bilməyəcək, ona görə də öz həmfikirlilərindən təşkil olunmuş kollektivlə birlikdə maddi aləmin təkamülünə aid ensiklopediya nəşr etdirmək istəyirdi. Çezi akademiyasının üzvləri bir-birilə əməkdaşlıq etməklə yanaşı, onlar ilk dəfə elmi yazışmalardan istifadə etmişdilər.

XVII əsrin ortalarında İtaliyada elmin çətin dövrü başlandı. Qalileyin məhkəməsindən sonra istedadlı alimlər ölkənin hüdudlarını tərk etməyə çalışırdılar. Avropanın digər ölkələrində elm inkişaf etməyə başladı. XIV Lüdovikin yanında yaşamış məşhur fransız maliyyəçisi və siyasi xadimi Jan Batist Kolber (1619-1683) elmi tərəqqinin necə böyük praktik mənfəət gətirdiyini başa düşürdü. 1666-cı ildə o, öz vəsaiti hesabına alimlər dərnəyi yaratdı və ona çox gurultulu səslənən Təbiət elmləri üzrə Paris Kral Akademiyası adını verdi. 1699-cu ildə akademiyanın ilk nizamnaməsi qəbul olundu. Tədqiqatların maliyyələşməsini isə kral xəzinəsi həyata keçirirdi.

1645-ci ildə Böyük Britaniyada Londondan və Oksforddan olan alimlərin "Gözəgörünməz kollec" adlı qeyri-formal qrupu fəaliyyət göstərməyə başladı. Bu dərnəyin tanınmış üzvləri kimyaçı və fizik Robert Boyl (1627-1691), riyaziyyatçı Con Vallis



(1616-1703), universal alim Robert Huk (1635-1703) idilər.

Bu alimlərin içərisində ən parlaq sima, əlbəttə ki, Robert Huk idi. Lakin onun yaradıcılığının çiçəklənmə dövrü öz ətrafındakıları kölgədə qoyan gənc Nyutonun ulduzunun parladığı vaxta təsadüf etmişdir. Hukla Nyutonun kəskin və bir-birinə zidd münasibətləri olmuşdur. Bu da onların həm yaradıcılıqlarında, həm də şəxsi həyatlarında öz əksini tapmışdır.

Dərnəyin görkəmli üzvlərindən biri olan Robert Boylun bəxti daha çox gətirmişdir. Onun yaradıcılıq sıçrayışı daha erkən dövrə təsadüf etmişdir və o, təkbaşına elmi fəaliyyət göstərmişdir. Onun bir çox işləri hətta Nyutonun ideyalarını qabaqlamışdı. Onun ən maraqlı kəşfləri Nyutonun işləri ilə deyil, italyan və fransız eksperimentçilərinin ideyaları ilə bağlı olmuşdur: Robert Boyl hava nasosunu təkmilləşdirmişdir.

1660-cı ildə dərnək məşhur London Kral Cəmiyyətinə çevrildi. Bu dövrdə II Karl Stüart (1660-1685-ci illər) taxta çıxdı. O, dəqiq elmlərin müdafiəçisi və yeni cəmiyyətin himayədarı elan olundu. Lakin o yalnız mənəvi cəhətdən himayədarlıq edirdi, belə ki, cəmiyyətə heç bir maddi yardım göstərmirdi. Lakin onun himayədarlığı fiziki tədqiqatların nüfuzunun artmasına böyük təkan verdi.

Beləliklə, XVII əsrin ikinci yarısında qeyri-formal elmi cəmiyyətlər tədricən öz yerini daha təşkilat şəklinə düşmüş cəmiyyətlərə verdi. Elmə qoyulan xərclər artıq mesenatlıq deyil, investisiya kimi qəbul olunurdu. Elm artıq maddi baxımdan müstəqillik əldə edirdi.



Frensis Bekon. Qravüra.

Rusiyanın birinci elmlər akademiyası isə tamamilə başqa cür yaranmışdır. O, alimlərin qeyri-formal cəmiyyəti kimi yaranmamışdır. İmperator I Pyotrun qərarı ilə Avropanın bütün güclü alimləri Peterburqa dəvət olunmuşdular. Bundan sonra Avropa nümunələrinə əsaslanaraq, İmperator Peterburq Elmlər Akademiyası təsis edilmişdir.

HƏQİQƏTİ NECƏ TAPMALI

Təbiətşünaslığın sürətli və gözlənilməz inkişafı yenidən "Həqiqət nədir, onun meyarı və mənbəyi nədir?" – sualını doğurdu. Yeni elm özünü

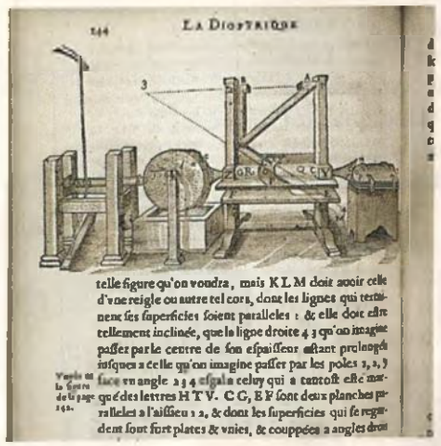


RENE DEKART

Tanınmış fransız fiziki, filosofu və riyaziyyatçısı, analitik həndəsənin əsasını qoymuş Rene Dekart 1596-cı il martın 31-də Turenin balaca şəhərciyi Laedə (indiki Dekart) Breton parlamentinin üzvü İoahim Dekartın ailəsində dünyaya gəlmişdir. Renenin anası o doğulduqdan bir müddət sonra vərəmdən vəfat edir. Renenin səkkiz yaşı tamam olduqda onu, düşünməyə olan meylinə görə "balaca filosof" adlandıran atası oğluna yaxşı təhsil vermək məqsədilə, Fransanın və Avropanın ən nüfuzlu təhsil ocağına – Anju əyalətinin La-Fleş şəhərciyində yerləşən Yezuit kollegiyasına göndərir. Burada təhsil alanlar ritorikanı, riyaziyyatı (Rene bu fənni xüsusilə sevirdi), ilahiyyatı, skolastik fəlsəfəni, latın və yunan dillərini öyrənir, həmçinin qılıncoynatma, idman və rəqslə məşğul olurdular.

1612-ci ilin avqustundan Dekart təhsilini Puatye universitetində davam etdirməyə başladı. Burada o, tibb və hüquq təhsili alırdı. Bakalavr dərəcəsi və hüquq üzrə lisenziya alan gənc iki yol arasında qalır. Alimlik karyerası o vaxtlar onu cəlb etmirdi. Atasının təhrikinə əsasən o zabit olmaq qərarına gəlir. Bunun üçün əvvəlcə Hollandiya, sonra isə Bavariya ordusunda xidmət edir. Amma tezliklə başa düşür ki, hərbçi peşəsi onluq deyil, o, qətiyyən hərbçi olmaq üçün doğulmayıb. Hərbi mundir ona Otuzillik müharibə alovuna bürünmüş Avropanı maneəsiz və nisbətən təhlükəsiz dolaşmaq üçün gərəkli idi.

Hollandiyada Rene istedadlı riyaziyyatçı, fizik və həkim İsaak Bekmanla (1588-1637) tanış olur. Bekmanla olan söhbətlər onda elmə həvəs oyadır. Onlar dostlaşırlar. İki qabiliyyətli alim çox böyük məmnuniyyətlə birgə müxtəlif riyazi və fiziki məsələləri həll edirdilər. Dekart, Bekmana xitabən deyirdi: "Mən yatmışdım, siz məni oyatdınız". Onların dostluğu bir neçə il davam etdi və Bekman,



R.Dekartın linzaları cilalayan qurğusu.

məğrur fransızı ehtiyatsızlıqla öz şagirdi adlandırdıqdan sonra pozuldu.

1619-1620-ci ilin qışını Dekart Dunayın sahilində yerləşən kiçik Neyberq şəhərində keçirir. Burada, balaca soba ilə qızdırılan kiçik otaqda alim, demək olar ki, həyatının ən əhəmiyyətli anlarını yaşamışdır. Dekart öz gündəliyində yazırdı: "Noyabr ayının 10-da mən möcüzəli kəşfin əsasını başa düşməyə başladım". Çox güman ki, alim kəşf etdiyi analitik həndəsənin əsaslarını – həndəsə və cəbri bağlayan elmi nəzərdə tuturdu. Dekart dəqiq elm kimi sevdiyi riyaziyyatı bütün elmlərin əsası sayırdı. Çox güman ki, özünün fəlsəfi sisteminin əsas prinsiplərini də Dekart o vaxt yaratmışdır.

1621-ci ildə Dekart istefaya çıxır və 1623-cü ilin fevralında Parisə gedir. Burada o, məktəb dostu Mersennlə rastlaşır. Bütün vaxtını elmə sərf edən Dekart nə hərbi sahədə, nə də hökumət qulluğunda öz karyerasını qura bilmir. Bundan narazı qalan qohumlarını razı salmaq, eyni zamanda Avropaya səyahətini davam etdirmək üçün o, Alp ordusunda işləmək istədiyini bəyan edir.

Maraqlıdır ki, İtaliyaya gələn Dekart o vaxt şöhrəti bütün Avropaya yayılmış Qalileylə görüşmür. Güman ki, dəqiq elmlər sahəsində Qalileyin üstünlüyünü bilən özündənrazı fransız riyaziyyatçısı onunla tanış olmamaq qərarına gəlir. Bir neçə il sonra Dekart Mersennə yazır: "Mən Qalileyi heç vaxt görməmişəm, ona görə də ondan heç nə götürə bilmərəm. Mən onun əsərlərində məndə paxıllıq yaradan və öz adıma çıxmaq istədiyim heç nə görmürəm". Qalileyin "Dünyanın iki böyük sistemi haqqında dialoq" əsərini vərəqləyərkən o qeyd etmişdir: "Qaliley hərəkət haqqında yaxşı mühakimə yürüdür, orada-burada mən öz fikirlərimi də görürəm". Burada Dekartın ağır xarakteri və məşhur filosof və riyaziyyatçı kimi öz şöhrətinə son dərəcə qısqanc münasibəti aşkar olur. O, heç bir nüfuzlu alimi qəbul etmir, onların kitablarını çox az və gözucu oxuyurdu. Hər hansı bir təzə məsələni tapdıqda alim əvvəlcə şərtlərlə tanış olur, sonra isə həllini özü tapmağa çalışırdı ki, sonra heç kim onu başqasının ideyasını götürməkdə qınamasın.

Sonrakı üç ili alim Parisdə keçirmişdir, burada o, ölkənin görkəmli riyaziyyatçıları, o cümlədən Jerar Dezarq, Qordi de Bonla görüşür. Sonralar Qardi de Bon onun "Həndəsə"sinin şərhçisi olmuşdur. Dekartın həyatında əsas hadisə papanın təmsilçisi Qvidi Banonun iştirakı ilə keçirilən elmi disput olur. Bu disputda şəhərin bütün elmi və kübar elitası toplaşmışdı. Disputda heç kimin tanımadığı həkim, əlkimyaçı və fırıldaqçı, sonralar qəlp pul kəsməkdə ittiham edilərək edam olunan Şandu çıxış edir. O, auditoriyaya özünün "yeni fəlsəfə"sini təqdim edir, Frensis Bekon və Pyer Qassendiyə istinad edərək, Aristotelin skolastikasını tənqid edir. Cavab çıxışında Dekart Şandinin fəlsəfəsini darmadağın edir. O göstərir ki, istənilən fəlsəfi sistem ciddi

isbat olunmuş əsaslar üzərində qurulmalıdır. Şandu və skolastiklərin fəlsəfəsinin əsas çatışmazlığı ondadır ki, onlar belə əsaslar üzərində qurulmayıb. Dekartın çıxışı dinləyicilərdə böyük təəssürat yaradır. Onları Dekartın polemik istedadı və erudisiyası valeh etmişdir. Alimin himayədarı kardinal de Bryull ona öz heyranlığını bildirir və "fəlsəfədə islahat" aparmağı ona tövsiyə edir. Rene Hollandiyaya getməyi qərara alır. Həm buranın mülayim iqlimi onun onsuz da zəif olan sağlamlığına yaxşı təsir edirdi, həm də burada tənha qalıb, özünü sırf elmə həsr edə bilərdi. O zaman Avropanın ən sakit və müstəqil ölkəsi olan Hollandiyada Dekart ömrünün ən məhsuldar 20 ilini yaşamışdır. Tənhalığa can atan alim 24 dəfə yaşayış yerini dəyişmişdir. Yalnız onun yaxın dostu olan Mersenn Renenin harada yaşadığını deyə bilərdi.

1634-cü ildə Dekart, Yelena Yans adlı qızla tanış olur. Bir müddət onlar birlikdə yaşayırlar. Dekart onunla əlaqələrini rəsmiləşdirməmiş və onu öz dostları ilə belə tanış etməyi də lazım bilməmişdir. 1635-ci ildə onların qızı olur və uşağa Fransina adı verirlər. Alim qızını çox sevirdi, lakin uşaq tez ölür. Dekart sonralar həyatında bundan ağır dərdlə üzləşmədiyini qeyd edirdi.

Dekart tərəfindən işlənmiş yeni kartezian fəlsəfəsi (*lat.* Cartesius) (XVII əsr Fransa burjuaziyasının ideologiyasını ifadə edən və idealizm ilə materializmi birləşdirməyə çalışan Dekart fəlsəfi nəzəriyyəsi) Hollandiyada, əsasən də gənclər arasında çox məşhurlaşır. O, nümunə, adət və stereotiplərinin nüfuzundan istifadə edilən ənənəvi tədris formasını inkar edirdi.

Kainatın köhnə geosentrik sisteminin iflasa uğradığı zamanda Dekart düşünən insanın mövcudluğundan başqa hər şeyi şübhə altına alırdı. Dərketmənin vahid, şübhəsiz doğru olan başlanğıc nöqtəsindən uzaqlaşaraq, o, Kainatın yeni mənzərəsini qurmağa cəhd edirdi.

Dekart idrakın daxili qanunauyğunluqlarını sadə və aşkardan, mürəkkəb və aşkar olmayana doğru qurmuşdu. Ona görə də o, dünyanı daha sadə detallardan təşkil olunmuş mürəkkəb mexanizmə bənzədirdi. Aristotelin bütün hərəkət növlərindən o, yalnız mexaniki hərəkəti saxlayıb, qalanlarını isə ona gətirirdi. Onun kosmoloji baxışlarının əsasını burulğan nəzəriyyəsi təşkil edirdi. Bu nəzəriyyəyə görə bütün fəza korpuskula ilə doludur. Bu korpuskullar bütün burulğanı hərəkətə gətirir. Hər bir burulğanın mərkəzində Günəş durur və bu burulğan Yer, eləcə də Günəş ətrafında fırlanmağa məcbur edir. Yer də Ayı hərəkətə gətirən burulğanın mərkəzində durur.

Kartezianlıq XVII əsrdə ən güclü fiziki nəzəriyyələrdən biri sayılırdı. Yalnız o, Nyutonun nəzəriyyəsi ilə rəqabət apara bilirdi. Nyutondan fərqli olaraq Dekart boşluğun mövcud olmasını inkar edirdi. O hesab edirdi ki, materiya kəsilməz və bölünməzdir və bütün Kainatı doldurur.

XVIII əsrdə kartezianlığın parlaq nümayəndələrindən biri sayılan serb-xorvatiyalı alim yezuit Rucer İosip Boşkoviç (1711-1787) Dekartın arxasında özünün materiya nəzəriyyəsini yaradır. Ona görə hər bir zərrəcik mərkəz və qüvvədir: qarşılıqlı təsirdə olan müxtəlif mərkəzlər, onlar arasında təsir edən qüvvədən asılı olaraq ya bir-birlərini cəzb edir, ya da itələyir. Mahiyyətcə bu nəzəriyyə maddənin nəzəriyyəsi idi. Protestant olmalarına baxmayaraq, Aristotelin fəlsəfəsinə tərəfdar olan hollandiyalı kilsə xadimləri Dekartın nəzəriyyəsinin əleyhinə çıxırdılar. Dekartın əleyhinə məhkəmə prosesi başlayır, bundan sonra o, ölkəni tərk etmək qərarına gəlir.

1649-cu ildə ondan dərs almaq istəyən gənc kraliça Xristinanın dəvətilə o, İsveçə gəlir. Səhərlər tezdən durmağa adət etmiş Dekart gənc kraliçanın tərtib etdiyi intizam qaydalarına riayət etməli olur. O, şaxtalı havada hər səhər saat 5-də qalxır və saraya gəlirdi. Onun səhhəti ciddi şəkildə pozulur və o, sətəlcəm olur. Bu xəstəlikdən o, 1650-ci il fevralın 11-də vəfat edir.

17 ildən sonra onun külü Fransaya gətirilir. Rene Dekartın bir çox işləri, o cümlədən "Ağlın idarəsi üçün qaydalar" əsəri Roma papası tərəfindən "Qadağan olunmuş kitablar siyahısı"na salınır, XIV Lüdovik isə Fransada kartezianlığın tədrisini qadağan edir. Alimin pərəstişkarları hətta onun tabutunu gömrük nəzarətindən qurtara bilmirlər. Onun bioqrafının sözlərinə görə, dahi mütəfəkkirin dəfnində "hökumətin yeganə nümayəndələri kütlənin içərisində vurnuxan casuslar" idi.



Rene Dekart.

dərk etməyi və öz metodunu yaratmağa çalışırdı. Bu ən çox ingilis filosofu Frensis Bekonun (1561–1626) və fransız Rene Dekartın (1596–1650) əsərlərində öz əksini tapmışdır.

Həm Bekon, həm də Dekart belə nəticəyə gəlmişdilər ki, həqiqət zərurətdir. Onların bu fikrini Qalileo Qaliley təsdiqləyərək qeyd edirdi: "Həqiqəti tapan adi biliyə malik xoşbəxtin qarşısında yüz Aristotel və min Demosfen susmağa məcburdur". Buna görə də qarşıya belə bir sual çıxırdı: həqiqəti necə tapmalı ki, bundan sonra o, özünü təsdiqləyə və əsaslandıra bilsin. Bu məsələdə Bekon və Dekartın fikirləri üst-üstə düşsə də, həqiqəti necə tapmaqda onlar arasında fikirayrılığı var idi. Bekonun metoduna görə həddən artıq ümumiləşməyə yol vermədən konkret müşahidələr və təcrübələrdən kiçik addımlarla daha ümumiyə getmək lazımdır. Bekonun fikrincə, bundan sxolist-filosoflar sui-istifadə etmişdilər. Onlar cismani və xüsusidən ümumiyə daha sürətlə keçir və danılmaz həqiqət olan belə ali haldan orta (fiziki) halı alırdılar. Xüsusidən ümumiyə keçid *induksiya* (*lat.* inductio – "yönəltmə", "sövqetmə") adlanır. Bekonun fikrincə, "bu yol hələ heç kim tərəfindən sınanılmamışdır". Dekart isə fərz edirdi ki, ən ümumi prinsipləri almaq daha asandır. Sonra mühakimələr yolu ilə xüsusini almaq olar. Dekartın metodu – *deduksiya* (*lat.* deductio – "nəticə çıxarma") metodu, ümumidən xüsusiyə keçiddir. Müasir elm hər iki metodu tədqiqat metodu kimi qəbul edir. Bu metod *induktiv-deduktiv* metod adlanır və xüsusidən ümumiyə və əksinə, hərəkəti nəzərdə tutur.

Bekonun fikrincə, eksperiment həqiqətin meyarıdır, həqiqəti tapmaq üçün yeganə vasitədir. "Müşahidə, təcrübənin nəticələri ilə uyğun gəlirsə, şübhəsiz, ən yaxşı sübut növüdür. Təsadüfən etdiyimiz müşahidə – təsadüf; bizim axtardığımız və tapdığımız müşahidə isə təcrübə və ya eksperiment adlanır".

Bekonun maraq dairəsi çox böyük idi. Şəxsiyyət kimi o, müasirləri tərəfindən birmənalı qarşılanmırdı. Bəziləri onunla fəxr edir, digərləri isə onu fırıldaqçılıqda və satqınlıqda ittiham edirdilər. Bekon teatrla da maraqlanırdı və şayiələrindən birinə görə, məhz o, tanınmasın deyə özünə Vilyam Şekspir təxəllüsü götürmüşdür. 1615-ci ildə Bekon Böyük Britaniyanın Baş prokuroru, 1617-ci ildə dövlət möhürünün mühafizəçisi, 1618-ci ildə isə kral I Yakovun dövründə lord-kansler olmuşdur. Lakin 1621-ci ilin aprel ayında lordlar palatası onu rüşvətxorluqda ittiham etdi və bu ittiham məhkəmənin qərarı ilə təsdiqləndi. Bekon bütün titul və vəzifələrdən məhrum olundu. Məhkəmə onu azadlıqdan məhrum etdi. Azadlıqdan məhrumetmə müddətini kral iki gün ərzində müəyyənləşdirmişdir. 1624-cü ildə o, bütün titulları qaytarılmaqla əfv olunsa da, artıq filosofun səhhəti tam pozulduğundan tezliklə ölür.

Metodoloji və fəlsəfi nöqteyi-nəzərdən Frensis Bekon elmdə uzaqgörən və aydın zəkalı bir şəxs kimi özünü təsdiq etmişdir. Lakin bəzi elm sahələrini o yaxşı bilmirdi.

Ondan fərqli olaraq Rene Dekart çox böyük bir alim idi. O daha məşhur idi və onun elmi baxışlarının müasir elmə təsiri daha böyük idi. O, riyaziyyatın yeni sahəsinin, analitik həndəsənin əsasını qoymuşdur. Fizikada da Dekartın nailiyyətləri çox böyük idi. O, fizikanın riyazi, daha doğrusu, həndəsi əsaslarını yaratmışdır. Bununla da, fizika Evklidin "Başlanğıclar" əsərinə oxşar aksiomatik elmə çevrilmişdir. Dekartın kosmoloji təsəvvürləri uzun müddət Nyutonun naturfəlsəfəsi ilə



rəqabət aparmışdır. Xristian Hüygens və Qotfrid Vilhelm Leybnis kimi görkəmli alimlər Dekartın nəzəriyyəsinə tərəfdar olmuşlar.

Bekon kimi, Dekart da metod problemini çox vacib sayırdı: öz ağlından razı qalmayanlar dünyada çox azdır, hər kəs elə hesab edir ki, ağıl ona lazım olan qədər verilmişdir. Lakin çox az adam ondan düzgün istifadə edə bilir.

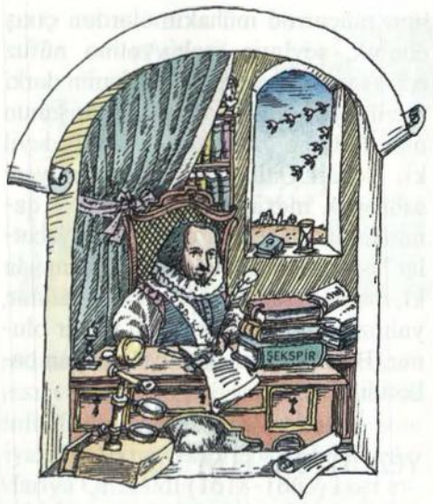
Dekartın metodu dörd əsas qaydaya söykənir: "Birincisi, həqiqət kimi mən qəbul etmirəmsə, heç vaxt onu həqiqət kimi götürməyin. Yəni tələskənlikdən və qabaqcadan formalaşmış yanlış fikirdən əl çəkin və qətiyyən sizdə şübhə oyatmayan və mənim zəkamın aydın və aşkar təsəvvür etdiyi şeyləri öz mühakimənizə daxil edin.

İkincisi, mənim baxdığım hər bir çətin problemi lazım olan qədər xırda hissələrə elə bölün ki, onları həll etmək mümkün olsun.

Üçüncüsü, öz fikrini nizama sal, sadə və asan dərk olunandan pillə-pillə daha mürəkkəb olana doğru hərəkət et.

Dördüncüsü, heç nəyin nəzərdən qaçmadığına əmin olduqdan sonra həmişə hər şeyi əhatə edən xülasə və nəticəni yaz".

Dekartın metodu heliosentrik inqilab nəticəsində alimlərin keçirdiyi sarsıntını özündə əks etdirirdi. Əgər antik mütəfəkkirlər bütün bəşəriyyətlə birgə yüzillər boyu bu cür radikal şəkildə səhvə yol vermişdilərsə də, artıq indidən sonra şübhələr sınağından çıxmayan hər hansı bir müddəa doğru sayıla bilməzdi. Ona görə də fəlsəfə hər şeyə şübhədən başlamalı, sonra isə skeptisizm (obyektiv varlığın insan tərəfindən dərk edilə bilməsini inkar edən idealist cərəyan) bataqlığından çıxmağa imkan verən istiqamətverici xətti və istinad nöqtəsini tapmağa



imkan verməlidir. Dekart belə istinad nöqtəsini tapmışdır: öz şübhəndən başqa hər şeyə şübhə ilə yanaşmaq olar. Ona görə də "Mən şübhələnirəm" və ya daha ümumi şəkildə "Mən düşünürəm demək mövcudam" ideyası şübhəsiz fəlsəfədə həqiqi başlanğıc nöqtədir. İnsanın mühakimə etmək və düşünmək qabiliyyəti Allahın və xarici aləmin varlığını təsdiq edir. Fransız mütəfəkkiri üçün Allah maddi aləmin dərk edilməsinin qarantı, həm də hərəkətin mənbəyi və səbəbidir. Ona görə də Allahın əbədiliyi maddi aləmdə hərəkətin varlığını şərtləndirir.

Bekonun eksperimental metoduna Dekart məntiqi mühakimələr və mə-



V.Lindenşmidt. Yezuitlər ordeninin yaranması.

Xristian Hüygens kinayə ilə deyirdi: "Cənab Dekart özünün fərziyyələrinə və gümanlarına həqiqət donu geydirmək üçün metod tapmışdır. Onun "Fəlsəfənin başlanğıcı" əsərini oxuyan hər kəsdə romanları oxuyarkən doğru hadisələrin yaratdığı təəssüratlar kimi hisslər yaranır.

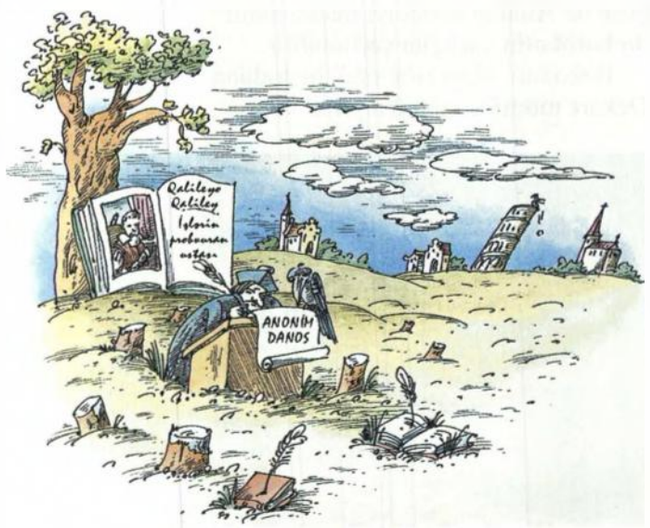
Latın dilində yezuit ordeni "Societas Jesus" – "İsa cəmiyyəti" adlandırılır. Onun əsasını 1534-cü ildə Parisdə İqnati Loyola qoymuşdur.

Müasir təqvim Qriqori təqvimi (yeni üslub) adlanır. O, 1582-ci ildə Roma Papası XIII Qriqori tərəfindən təklif edilmiş və dəqiq olmayan, e.ə. 45-ci ildən tətbiq edilən Yuli təqvimini (köhnə üslub) əvəz etmişdir.

lum mücərrəd mühakimələrdən çıxış edərək, şeylərin mahiyyətinə nüfuz edən metodu qarşı qoyur. Aləmin dərki təcrübəyə deyil, onun quruluşunun məntiqliyinə əsaslanır. Təsadüfi deyil ki, Dekart Qalileyin "Elmin iki yeni sahəsinə, mexanikaya və düşmə qanunlarına aid söhbətlər və riyazi isbatlar" əsərini tənqid edərək göstərmişdir ki, orada hərəkətin səbəbi açıqlanmır, yalnız bu hərəkətlərin özü təsvir olunur. Bu isə əsərin əsas çatışmayan cəhətidir.

YEZUİTLƏR, ELM VƏ DİN

1615-ci ildə, inkvizisiya tərəfindən Kopernikin təliminin qadağan olunmasına bir il qalmış, Toskananın böyük hersoginası Kristina Lotaringiyaya ünvanladığı məktubda Qaliley yazırdı: yeni ideyalardan xilas olmaqdan ötrü Kopernikin və onun ideyalarına tərəfdar olan digər müəlliflərin əsərlərini qadağan etmək kifayət deyildir. Bundan ötrü bütün astronomiya elmini qadağan etmək lazımdır, "daha dəqiq desək, insanlara səmaya baxmağı qadağan etmək lazımdır".

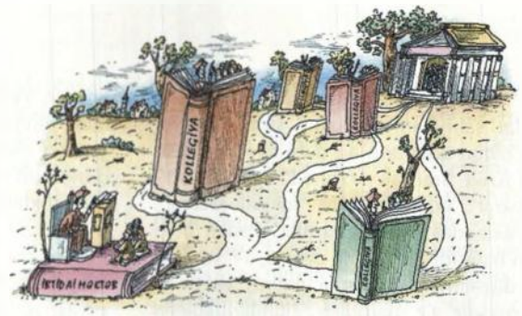


Qalileyi bidətlikdə (küfr) günahlandıraraq onun haqqında inkvizisiyaya ilk xəbər verən Dominikan monarxı Tommazo Kaççini öz moizəsində (təbliğində) "Göyə baxan" Qalileyi və onun tərəfdarlarını ardıcıl olaraq məzəmmətləndirdi. Kaççiniyə görə astronomiya ilə məşğul olmaq Allaha xoş gəlmir, çünki bu, mömin insanların ruhlarını xilas etmək fikrindən yayındırır. Amma Kopernik nəzəriyyəsinin kökünü kəsmək üçün başqa yollar araşdırılırdı. Maddi aləmin dərk edilməsinin əhəmiyyətini indi heç kim danmırdı, lakin onu ideoloji nöqteyi-nəzərdən düzgün olan üsulla etmək lazımdır. 1630-cu ildə Qalileyin, sonra isə Paskal, Qassendi, Torriçelli, Vivianinin və digər məşhur fiziklərin opponenti olmuş yezuitlər məhz bu yolu seçmişdilər. Yezuitlər başa düşürdülər ki, yeni elmin simasında xristianlıq güclü rəqib qazanmış olur və zaman keçdikcə bu rəqabət kilsənin nüfuzunu sarsıda bilər. Buna yol verməmək üçün onlar özləri elmi biliklərə nail olmağa çalışır və bütün vasitələri ilə din və elm arasında heç bir ziddiyyətin olmadığını təbliğ edirdilər. Yezuitlərin bu cəhdləri həmişə müvəffəqiyyətlə nəticələnməsə də, təhsil sisteminin inkişafına səbəb oldu. Ordenin üzvləri nəinki Avropada, həm də Asiya ölkələrində, Abissinada (Efiopiya) və Latın Amerikasında yeni məktəblər tikir və təhsil müəssisələrini təkmilləşdirirdilər. XVI əsrin ikinci yarısında yezuitlər o dövrün tələbinə uyğun bilik əldə edilməsinin mexanizmini hazırlamışdılar. Həmin sistemin təfsilatlı quruluşu və vəzifələri "İsa Məsih cəmiyyəti və təhsil sistemi və ya qanunlar məcəlləsi" adlı sənəddə öz əksini tapmışdır.

Onlar ibtidai məktəblə universitet arasında aralıq mərhələ olan və kilsədən asılı olmayan müstəqil statusa malik yezuit kollegiyasından ibarət tam bir kompleks yaratdılar. Bir çox kollegiyaların, məsələn, Roma kollegiyasının, dövrün intellektual səviyyəsinin formalaşmasında böyük təsiri oldu. Roma kollegiyasının riyaziyyat kafedrasına uzun müddət Kristofor Klavi (1537-1612) başçılıq etmişdir. O, Qriqori təqviminin yaradıcılarından biri olmuşdur. Anju vilayətinin La-Fleş şəhərinin kollegiyasında Rene Dekart və Maren Mersenn bir-birilə tanış olmuşlar.

Kollegiyalarda yezuitlər təbiət fənlərinin tədrisini orta əsr sxolastikasına uyğun aparırdılar. Bu zaman onlar Aristotelin əsərlərinə istinad edir və onların xristian teologiyasına uyğunluğuna diqqət yetirirdilər. Eyni zamanda yezuitlər humanist təhsil elementlərinin – klassik filologiyanın və yunan Roma müəlliflərinin əsərləri üzrə öyrənilən Qədim dünya tarixinin tədrisini də həyata keçirirdilər. Riyaziyyatla məşğul olan tələbələr eksperimentin ən müasir metodikasını mənimsəməli və təbiət elmlərinin praktik əhəmiyyəti haqqında düşünməli idilər. Yezuitlərin fikrincə, elm mənfəət gətirməlidir. Nəticədə, kollegiyanın bir çox məzunu Avropa universitetlərində görkəmli yerlər tutdular və XVII əsrin ortalarında artıq universitetlərin əksəriyyəti ordenin nəzarəti altında idi.

Yezuitlər əqidələri onların baxışları ilə üst-üstə düşməyən bir çox alimlərə də himayədarlıq edirdilər. Məsələn, 1598-ci ildə hersoq Ferdinand Qabsburq (1619-cu ildən Müqəddəs Roma imperiyasının imperatoru II Ferdinand) Avstriya əyalətlərinin protestant küfrlərindən təmizləmək qərarına gəldikdə, Qrats şəhərinin bütün lüteranları şəhəri tərk etmək məcburiyyətində qalır. Amma yezuitlər bu qərarın Keplerə şamil olunmamasına nail oldular. O dövrdə bir çox elmi kəşflər elə yezuit alimlər tərəfindən



edilmişdir. Məsələn, işığın difraksiyası və interferensiyası hadisəsini ilk dəfə Bolonya yezuitlər kollegiyasının riyaziyyatçı professoru pater Françesko Mariya Qrimaldi (1618-1663) kəşf etmişdir. Qrimaldinin dostu və müəllimi Covanni Battista Riççoli (1598-1671) olmuşdur. O, Qrimaldi ilə birlikdə, Qalileyin axırıncı şagirdi Vinçenso Vivianinin qeyd etdiyi kimi, Qalileyin Pizada apardığı təcrübələrə oxşar təcrübələr aparmışdır. Onlar Bolonyanın del Azinelli qülləsindən atılmış ağır cisimlərin sürətini ölçmüşlər. Riççoli Qalileyin sərbəstdüşmə qanununun doğru olduğuna əmin olsa da, 1651-ci ildə "Yeni Almagest" əsərini çap etdirmişdir. Bu əsərdə o, Kopernikin təliminə zidd olan 77 sübut göstərmişdir.

II Vatikan məclisi – 1962-1965-ci illərdə Vatikanda keçirilən katolik kilsəsinin Ümumdünya məclisi. Onun iştirakçıları Kilsəni böhrandan çıxarmağın, onu yeniləşdirmənin yollarını tapmağa çalışmışlar.



BLEZ PASKAL

Hətta "dahilər əsri" adlandırılan XVII əsrdə Blez Paskal (1623-1662) "zəkalar şahlığının padşahı" kimi seçilirdi. Riyaziyyatçılar onu bütün dövrlərin ən dahi riyaziyyatçısı, fiziklər isə ən dahi fiziki "fransalı Arximed" sayır, filosoflar onu "fransalı Sokrat", ədəbiyyatçılar "fransalı Dante", dini alimlər isə "müqəddəs" adlandırırdılar. Paskal həm də kompüter əsrinin banisidir, çünki ilk dəfə o, 17 yaşında hesablayıcı maşın düzəltmək ideyasına gəlmiş və onun konstruksiyasını vermişdir. O, barometr, hündürlükölçən cihaz və hidravlik presi ixtira etmişdir. Onun bioqraflarının yazdığına görə, o, taleyinə yazılmış 39 illik həyatı boyu cəmi ilyarım – iki il sağlam olmuş və məhsuldar işləyə bilmişdir.

Paskal 1623-cü il iyunun 19-da Klermon-Ferran şəhərində imkanlı zadəgan ailəsində anadan olmuşdur. Onun üç yaşı hələ tamam olmamış anası Antuanetta vəfat etmiş və Blez iki bacısı ilə birlikdə, özünü tamamilə uşaqlarının tərbiyəsinə həsr etmiş, atasının himayəsində qalmışdır. 1631-ci ildə onun ailəsi Parisə köçür. Balaca Blez məktəbə getməmişdir. Həddən artıq həssas, adi uşaq oyunlarına laqeyd, cılız və qəribə olan Blez özünə qarşı xüsusi diqqət tələb edirdi.

Atası Etyen Paskal oğlu ilə özü məşğul olmaq qərarına gəlir. O çalışırdı ki, oğlunu çox yükləməsin. Onun Blez üçün tərtib etdiyi tədris planına görə, oğlu 15 yaşından tez riyaziyyatla məşğul olmamalı idi. Lakin balaca Paskalın elm öyrənməyə olan hədsiz həvəsi və istedadı atasının planını alt-üst etdi. Blez onun üçün qadağan olunmuş kitab şkafından həndəsəyə aid kitablar tapır və müstəqil olaraq Evklidin həndəsəsini "kəşf edir" və mənimsəyir. Hətta o, bəzi teoremlərin isbatına öz düzəliş və əlavələrini edir.

Etyen Paskalın evində onun alim dostları – riyaziyyatçılar Roberval və Karkavi, Fransanın bütün məşhur alimləri ilə əlaqələr saxlayan abbat Mersenn yığışmağı xoşlayırdılar. Sonralar bu balaca dərnək təbiət elmləri üzrə Paris Kral Akademiyasına çevrildi. Blez artıq 13 yaşından dərnəyin iclaslarında iştirak edirdi. Sonralar isə o, elmi yığıncaqlara şəxsi əsərlərini təqdim etməyə başlayır. 16 yaşında o, özünün məşhur "Paskal teoremini" isbat etmiş (konusun səth daxilinə çəkilmiş altıbucaqlı haqqında) və bu teoremdən yeni elmin – proyektiv həndəsənin əsasını təşkil edən 400-ə yaxın nəticə almışdır.

1640-cı ildə Etyen Paskal Ruan şəhərinin intendantı (orduda və ya qoşunda təsərrüfat işlərinə baxan adam) təyin olunur. Yeni vəzifədə o, mürəkkəb hesablamalar aparmalı olur. Bunu görən Blez riyazi hesablamaları tez yerinə yetirən mexaniki qurğu düzəltmək qərarına gəlir. O, bu qurğunun düzəldilməsinə 5 il vaxt sərf edir və bu zaman 50 müxtəlif variantı nəzərdən keçirir. Lakin hesablayıcı maşın çox baha və mürəkkəb alınır. Həm də bu maşının hesablama sürəti də çox da böyük deyildir. Hesablayıcı maşının ixtirası üçün sərf olunan gərgin əmək, alimin onsuz da zəif olan səhhətini daha da pisləşdirir. Sonralar o yazırdı: "18 yaşından başlayaraq tam sağlam olduğum günü xatırlamıram".

Ruanda Paskal məşhur moizəçi Yanseninin (1585-1638) təliminin davamçıları ilə tanış olur. Bir müddət Blez öz vaxtını tamamilə Yanseninin əsərlərini öyrənməyə sərf edir. Yansenizmdə onu kilsənin nüfuzunu hər şeydən üstün tutan katolisizmə zidd olaraq əxlaqi təlimin məntiqliyi cəlb edirdi. 1710-cu ildə Roma katolik kilsəsi yezuitlərin köməyilə yansenistlərin baş qərargahı – Por-Royal abbatlığının dağılmasına nail olur.

Paskalın dinə "ilk müraciəti" onun həyatının normal axarını hələ ki, dəyişmir: o, öz inamında ürəyinin səsinə deyil, ağlına qulaq asırdı. O, yenidən elmlə, bu dəfə fizika ilə maraqlanmağa başlayır.

1646-cı ildə Paskal Ruan qalasının komendantı Pyer Petidən italyan təbiətşünası Evancelista Torriçellinin boşluğun və atmosfer təzyiqinin mövcudluğunu isbat edən təcrübələri haqqında eşidir. Onlar birlikdə Torriçellinin təcrübələrini təkrar edirlər, lakin civə əvəzinə sudan və çaxırdan istifadə edirlər. Təcrübələr Torriçellinin nəticələrini təsdiqləyir, 2 il sonra isə Blez özünün dağda aparacağı məşhur təcrübəsi haqqında düşünməyə başlayır. Torriçelli güman edirdi ki, civənin açılmış dəlikdən qaba tam axmamasına səbəb qabdakı civənin səthinə təsir edən hava kütləsidir, lakin o bunu əsaslandıra və atmosfer təzyiqinin mövcudluğunu sübut edə bilmirdi. Paskal belə qərara gəlir ki, əgər civə ona təsir edən hava sütununun təsirilə yuxarı qalxırsa, onda bu sütunun hündürlüyünü azaltmaqla onun çəkisini azaltmaq olar və bunun nəticəsində atmosfer təzyiqi azalar. Bu təcrübəni hansısa bir dağın zirvəsində aparmaq lazım idi. O, böyük bacısının əri Floren Pyerə məktub yazaraq Pyü-de-Dom dağında öz fərziyyəsinin doğru olub-olmadığını yoxlamağı xahiş edir. Paskalın fərz etdiyi kimi, dağın zirvəsində civənin səviyyəsi aşağı düşür. Atmosfer təzyiqinin



Blez Paskal. Domanın çəkdiyi şəkil.

varlığı sübut olunmuş olur. Bir mühüm suala da cavab tapmaq qalırdı: havanın təzyiqi yalnız şaquli olaraq aşağı təsir etməli olduğu halda, nə üçün hər tərəfə ötürülürdü?

Bu sualın cavabı Torriçellinin intuitiv olaraq tapdığı və Paskal tərəfindən verilmiş qanunda öz əksini tapır və indi də onun adını daşıyır: "Maye üzərinə düşən təzyiq hər tərəfə bərabər paylanılır". Uzun illər boyu sürən "boşluqdan qorxmaya" son qoyuldu və sonralar bu ideyadan istifadə edən Nyuton mexanikanın prinsiplərini vermiş oldu.

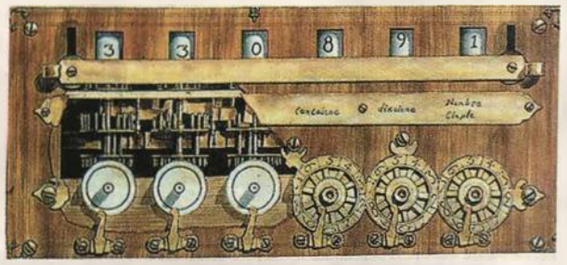
Bir dəfə Paskal dostları ilə karetdə gəzintiyə çıxmışdır. Qəflətən atlar körpüdən çaya düşür, içərisində alimin və onun dostlarının olduğu karet isə körpünün kənarına ilişib qalır. Bu hadisə Blezə çox təsir edir. Özünün sağ qalmasını o, Allahın möcüzəsi kimi qəbul edir və qalan ömrünü Allaha itaət etməklə keçirmək qərarına gəlir. Tezliklə alim Por-Royal abbatlığında yaşamaq və yansenizmi yezuitlərin və Romanın hücumlarından qorumaq üçün Parisi tərk edir. 1656-cı il yanvarın 23-də o, yezuitlərin əleyhinə yazılmış və Fransada böyük rezonans doğuran "Provinsiala məktub" pamfletini dərc etdirir. Sonra Paskal ən məşhur fəlsəfi əsərini "Düşüncələr"i yazır. Katolik kilsəsi "Düşüncələr"i qadağan edir və onun müəllifini lənətləndirir. Elm aləmi də öz tərəfindən böyük təəssüflə qeyd edirdi ki, onlar Paskalın simasında elmi dinə qurban verən böyük alimi itirdilər. Lakin Paskalın qəlbində zəka və etiqad birgə yaşayırdı. 1654-cü ilin axırında o, praktik olaraq, eyni zamanda həm dini, həm də elmi axtarışlarını edirdi. O, riyaziyyatın yeni sahələrinin – ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi analizin bünövrəsini qoydu. Ehtimal nəzəriyyəsini Paskal, demək olar ki, mənasız bir şeyi, qumar oyunlarını öyrənərkən yaratmışdır. (O bu işə Pyer Fermanı da cəlb etmişdir.) Kübar cəmiyyətdən olan dostları zər atarkən ən böyük ehtimallı udma şansını müəyyən etməyi ondan xahiş edirlər. Yeri gəlmişkən, Paskal lazım olan kombinatorikanı işləyib hazırlamış və bunun əsasında Nyuton özünün məşhur binomunu vermişdir. Paskal etiraf edirdi ki, riyaziyyat onun üçün yalnız oyundur – ağılın çox gözəl oyunu və bu oyunda o, həmişə böyük qazanc əldə etmişdir.

1658-ci ildə "bir yaz gecəsi" yuxusuzluqdan əziyyət çəkən alim sonsuz kiçik kəmiyyətlərin inteqrallanmasının mahiyyətini tam aydınlığı ilə dərk edir. İnteqral hesabının əsas formulu olan və sonralar Nyuton-Leybnis düsturu adlanan formulu almaq üçün Paskala həndəsi mühakimələri formal hesablama dilinə çevirmək qalırdı. Lakin, həmin axşam Paskal bu axırıncı addımı ata bilmədi. (Bu mövzuya o bir daha qayıtmır.) Yalnız Xristian Hüygens Paskalın bu işini Qotfrid Vilhelm Leybnisə göstərdikdən sonra, nəhayət o, 1673-cü ildə uzun axtarışlardan sonra müvəffəqiyyət qazanır. Paskalın işi son nəticənin alınmasına təkan vermiş oldu. Leybnis Paskalın tədqiqatlarından xəbər tutmaya da bilərdi, çünki ilk vaxtlar Paskal onları dərc etmək istəmirdi. Eynilə Nyutonun dostları onu dilə tutub "Riyazi əsaslar" əsərini nəşr etdirdikləri kimi, dostlarının birinin təkidindən sonra Paskalın bu tədqiqatları işıq üzü görmüşdür. Son illər Blez hədsiz dərəcədə asketik həyat tərzi keçirirdi. O, öz qazancını xeyriyyə işlərinə sərf edirdi. Xeyriyyə planlarından birini həyata keçirmək üçün pul tapmaq məqsədilə o, Parisdə kasıblar üçün karetalar – omnibuslar təşkil edir. Sonralar bu omnibuslar əsasında ictimai nəqliyyat yaranır.

Getdikcə onun səhhəti pisləşirdi. 1662-ci il avqustun 19-da Blez Paskal ağır bağırsaq xəstəliyindən vəfat edir.

Çox vaxt Paskal öz zəmanəsinin əksinə gedirdi. İnsan idrakının sonsuz imkanlara malik olduğuna inamın hökm sürdüyü rasionalizm əsrində, Paskal qəflətən onun imkanlarının məhdud olduğunu söyləyir və qeyd edir ki, "Biz həqiqəti yalnız ağlımızla deyil, həm də ürəyimizlə dərk edirik". "Fransalı Sokrat" yazırdı: "Fəlsəfə bir saat sərf olunan əməyə də dəyməz" və ya "Fəlsəfəyə gülmək, həqiqi filosofluq etmək deməkdir". Paskal özünün dediyi kimi, "ağılı ilgəkdən xilas etməyi xoşlayırdı. Lakin o, fəlsəfi düşüncəyə deyil, həyatda hər şeyi və hətta Allahın varlığını sübut etməyə çalışan "sistemlərə" (məsələn, Dekartda olduğu kimi) gülürdü.

Paskal deyirdi: "İnsan fikrinin əsas məziyyəti onun şeylərin mövcudluğunu başa düşməsindədir. Başa düşülməyən şeylər olduqda isə idrak öz yerini dinə verməlidir". Paskal yazırdı: "İnsan düşünən qamışdır". İdrakın dərketmə qabiliyyətinin sərhədləri haqqında bu cür fikirləri XVIII əsrdə İmmanuil Kant daha da inkişaf etdirmişdir. Bütövlükdə Paskalın elmə və insan idrakına verdiyi töhfə yalnız XX əsrdə öz layiqli qiymətini aldı.



B.Paskalın hesablayıcı maşını.

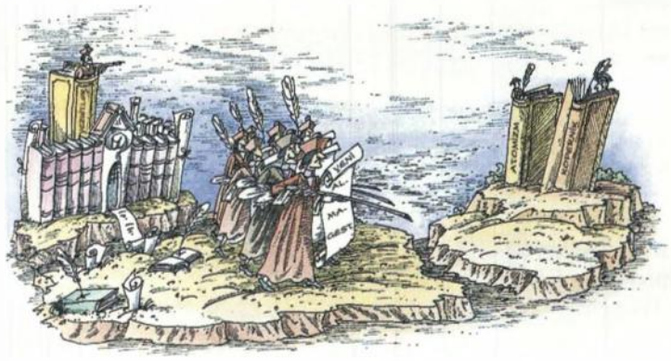


İqnati Loyola.

Qalileylə düşmənçilik mövqeyində duran İnqolştadt şəhər universitetinin professoru Xristof Şeyner (1575–1650) görkəmli astronom və istedadlı riyaziyyatçı idi. O, çox güman ki, birinci olaraq Günəşdəki ləkələrə diqqət yetirmiş və onların hərəkətini tədqiq etmişdir. O, Günəş ləkələrinin kəşfində birinciliyin Qalileyə verilməsi ilə heç cür razılaşa bilmirdi. Hərçənd ki, bu hadisəni ilk dəfə Qaliley düzgün olaraq izah etmişdir.

Bir qayda olaraq, yeni fiziki nəzəriyyələrə yezuitlər mühafizəkar nöqteyi-nəzərdən yanaşırdılar. Lakin onlara doqmatizm (hər şeyi ehkam kimi qəbul etmək) yad idi. Aristotelin "göyüstü aləm"in dəyişməzliyi haqqındakı təliminə zidd olmasına baxmayaraq, onlar Roma kollegiyasının riyaziyyatçısı Oratsio Qrassinin nəzəriyyəsinə tərəfdar idilər. Onun nəzəriyyəsinə görə kometalar göy cisimləridir, Ay sferasından kənarda doğulur və məhv olur. Aristotel kimi, Qalileo Qaliley də səhvən kometaları atmosfer hadisəsi sayırdı və Qrassinin nəzəriyyəsinə qarşı çıxış edirdi.

Lakin ideoloji səbəblər üzündən bir çox mühüm kəşflər öz vaxtında yezuitlər tərəfindən qəbul edilmədi. Məsələn, onlar ardıcıl olaraq Kopernikin təliminə qarşı çıxış edirdilər və 1835-ci ilədək onun kitabının (Qalileyin "Dünyanın iki ən mühüm sistemi – Ptolemey və Kopernik sistemləri haqqında dialoq" kitabı ilə yanaşı olaraq) "Qadağan olunmuş kitablar siyahısı"ndan çıxarılmasının əleyhinə olmuşlar. Yezuitlərin sayəsində Qalileyin adı 1962–1965-ci illərdə keçirilən II Vatikan məclisinin materiallarının aşağıda şərh olunan hissəsindən çıxarılmışdır: "Təəssüf ki, xristianlar arasında elmin müstəqilliyinin kifayət qədər aydın dərk olunmaması və bunun nəticəsində də mübahisələr və ixtilafların yaranması ilə bağlı müşahidə olunan baxışlar nəticəsində bir çoxları bu fikrə gəlmişdilər ki, din və elm bir-birinə ziddir".



Yezuitlərin Kopernik təlimi kimi ideoloji baxımdan qəbul etmədikləri ikinci nəzəriyyə atomizm idi.

XVII əsrdə antik atomizm yeni məna kəsb etməyə başladı: o, maddənin quruluşu haqqında təlimə çevrildi. Atomlarla bağlı boşluq haqqında təsəvvürlər də formalaşırdı. Bu isə ideoloji nöqteyi-nəzərdən çox təhlükəli idi. Boşluq Aristotel fizikasına zidd idi və boşluqda qarşılıqlı təsirin ötürülməsi yalnız şeytani qüvvələr hesabına ola bilərdi. Antik atomizmin bərpası üçün ilk cəhdləri humanistlər etmiş oldular. Humanistləri bu nəzəriyyənin etik hissəsi daha çox maraqlandırırdı: iradə azadlığı və xoşbəxtliyə can atmaq haqqında təlim əxlaqın əsası sayılırdı. Təbiəti öyrənən alimləri isə bu nəzəriyyənin izahedici qüvvəsi daha çox maraqlandırırdı.

Birinci elmi traktatı olan "Hərəkət haqqında" (təqribən 1590-cı il) əsərində Kainatda ağır cisimlərin mərkəzə, yüngül cisimlərin isə kənara can atdığını izah etmək üçün Qaliley, ehtiyatla da olsa, atomist baxışları təbliğ etmişdir. Onda o, Kopernikin nəzəriyyəsi ilə tanış deyildi və ya bu təlimin tərəfdarı deyildi və başqaları kimi,

Yeri dünyanın mərkəzi sayırdı. O yazırdı: Mərkəzə yaxınlaşdıqca məsafə kiçilir, ona görə də, sıxlığı böyük olan cisimlər orada daha çox yerləşmiş olur. Belə ki, onlarda eyni sayda atomlar daha kiçik fəzada yerləşmişdir.

1970-ci illərin sonunda Vatikanın arxivlərində Qaliley haqqında yazılmış anonim məktub aşkarlanmışdır. Bu məktubun müəllifi Qalileyin daha sonrakı dövrlərdə yazdığı "Probvuran usta" əsərində atomist baxışları müdafiə etməsi barədə kilsəyə xəbər vermişdir. Həmin məktubda göstərilirdi ki, Trident məclisi tərəfindən qəbul olunmuş İncilin şərhinə zidd olduğu üçün atomist təlim bidətdir. Bir çox tarixçilərin fikrincə, əgər bu məsələ Kilsə tərəfindən araşdırılsaydı, Qaliley Kopernik nəzəriyyəsinə görə mühakimə olunduğu illərə nisbətən daha böyük təhlükəyə məruz qalmış olardı. Qeyd edək ki, Cordano Brunonun ittiham olunmasına səbəb heç də onun Kopernikin təlimini müdafiə etməsi deyil, atomist baxışlara tərəfdar olması olmuşdur.

1624-cü ildə Parisdə üç kimyaçı – Etyen de Klav, Jan Bito və Antuan Viyon – atomizm ideyasına zidd olan baxışlardan qorunmaq üçün disput təşkil etməyə cəhd etdilər. Bu disput kilsənin müdaxiləsi hesabına baş tutmur və hər üç alimə 24 saat ərzində Parisi tərk etmək əmri verilir.

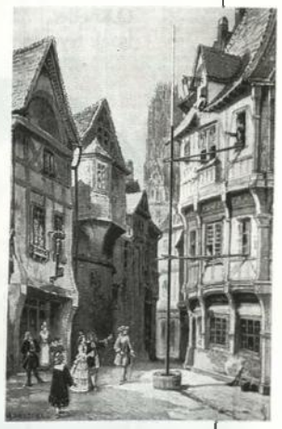
Bu hadisə Fransanın Eks-an-Provans şəhərindən olan alim Pyer Qassendiyə (1592–1655) çox pis təsir edir və o, "Hamı tərəfindən qəbul edilmiş ideyanı inkar edən aristoteliklərə qarşı mühakimə" əsəri üzərində işi yarımçıq saxlayır və əsəri bir küncə atır. Özünün korpuskulyar və heliosentrik baxışlarını çap etdirmək istəyən Rene Dekart daha böyük əngəlliklə qarşılaşır. 1633-cü ildə onun "Kainat və ya işıq haqqında traktat" əsəri praktik olaraq tamamlanmışdır. Dekartın yazdığına görə, öz əsərini çap etdirmək üçün onu nəşriyyata təqdim edərkən, ona qəflətən məlum olur ki, onun hörmət etdiyi şəxs "digər müəllif tərəfindən" fizika sahəsində əvvəllər çap olunmuş müəyyən bir müddəanı təqdir etməmişdir". (Dekart, Qalileyi və onun təqiblərə məruz qalan Yerin hərəkəti haqqındakı təlimini nəzərdə tuturdu). Dekart əsərinin çap olunmasından vaz keçir. Əsər yalnız onun ölümündən sonra, 1664-cü ildə çap edilir.



Elmin inkişafı şərəfinə Vatikan tərəfindən buraxılmış marka.

Anqlokansk kilsəsinə etiqad edən və katolik Trident məclisinin qərarlarını özü üçün məqbul saymayan Frensis Bekon öz fikrində daha sərbəst idi. Bekon hesab edirdi ki, "Demokrit, başqaları ilə müqayisədə daha çox təbiətə nüfuz etmişdir", çünki "iki yerə bölmək, fikrən ayırmaqdan" daha yaxşıdır. Başqa sözlə desək, ilkin materiyanın atomlardan təşkil olunması, onun formasız Xaos şəklində təsvirindən daha üstündür.

Əksər alimlərin fikrincə, materiyanın atomar quruluşu haqqında təlim fəlsəfəylə bağlı məsələdir, boşluğun varlığını isə təcrübi olaraq yoxlamaq mümkündür. İlk belə təcrübələri 1644-cü ildə Qalileyin şagirdləri Evancelista Torriçelli və Vinçenso Viviani planlaşdırıb həyata keçirmişlər. Onlar öz təcrübələri üçün bir ucu bağlı və içərisi civə ilə doldurulmuş müxtəlif formalı şüşə borulardan istifadə etmişlər. Bağlı ucu yuxarıda olmaqla şüşə borunu çevirərək civə ilə dolu olan başqa qaba saldıqda, borudakı civənin bir hissəsi qaba tökülür və boruda qalan civə sütununun yuxarısında boşluq yaranır. Bu boşluq Torriçelli boşluğu adlanır. Borunun içərisindəki civə səthindən yuxarıda həqiqətən boşluğun olduğunu sübut etmək üçün çoxlu sayda təcrübələr qoyulmuşdur. Məsə-



Su barometrinin köməyilə havanın təzyiqinin ölçülməsi üçün B.Paskalın Ruan təcrübələri.

lən, ora zəngli saat yerləşdirdikdə və saat zəng çaldıqda onun səsi eşidilməmişdir və ya boşluqda olan kəpənək burada hava olmadığından uça bilməmişdir.

Amma bu təcrübələrin nəticələri yezuitləri inandıra bilməmişdir və onların etirazları əsassız deyildir. Atomist nəzəriyyənin XVII əsrdə, fizikanın təşəkkülündə böyük rol oynamasına baxmayaraq, XX əsrdə maddi aləmin atomist mənzərəsinin tam olmadığı məlum olduqda, bu təlimin əksinə olan bir çox arqumentlər yenidən gündəmə gəldi. Müasir elmdə vakuum – atomistlərin vakuumundan tamamilə fərqli, mürəkkəb və müəmmalı bir fiziki strukturdur. Atom, fərz olunduğu kimi, bölünməz deyildir və "Maddi aləmi təşkil edən ilkin elementlər nələrdir?" – sualına indiyədək cavab tapılmamışdır.

İSAAK NYUTON

Özünün ən mühüm əsərini İsaak Nyuton "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" adlandırmışdır. Belə ümumi adı işlətməklə o heç də şişirtməyə yol verməmişdir. Müasir oxucuya elə görünə bilər ki, əsər mexanikadan bəhs edir. Lakin əslində əsər naturfəlsəfəyə aiddir. Bunun kimi Nyutonun əsərlərində rast gəlinən və latın sözü olan "mechanica" sözünü rus dilinə tərcümə edən Aleksey Nikolayeviç Krılov "maşınlar haqqında təlim" kimi tərcümə etmişdir. O, bununla belə, Nyutonun müasirlərinin bu sözün mənasını başqa cür anladığını və kitabın məzmununun sadəcə mexanikadan daha geniş olduğunu nəzərə çarpdırırdı. Bu əsərdə ingilis alimi istənilən təbiət hadisəsini praktiki olaraq müəyyən dəqiqliklə kəmiyyətcə (riyazi) tədqiqinin və prinsipial olaraq izah etməyin yollarını vermişdir.

Q.Kneller. İsaak Nyuton.



Nyuton bu əsəri ilə fizikanı, metodları universal xarakter daşıyan elmlərdən birinə çevirdi. Kimyanın tədqiqat obyektinə aid olmayan məsələyə hər hansı bir kimyəvi qanunu tətbiq etmək olmaz; eləcə də bu və ya başqa elm sahəsində faydalı olan bioloji qanunu təsəvvür etmək çətindir. Nyutonun "Əsaslar" əsərinə isə çox azacıq əlavələr etməklə, orada verilmiş qanunlarla həm hüceyrədaxili prosesləri, həm də qalaktikaların hərəkətini təsvir etmək olar.

Doğrudur, XX əsrin əvvəlində fizikadakı böhran və bunun nəticəsində kvant fizikasının və nisbilik nəzəriyyəsinin meydana gəlməsi nəzəri fizikanın simasını köklü surətdə dəyişdirdi. Nyuton tərəfindən qəbul edilən bir çox klassik təsəvvürləri inkar etmək lazım gəldi. Məsələn, artıq cisimlərin sürəti və koordinatlarının eyni zamanda dəqiq təyin olunmasını, fiziki proseslərin müşahidəçi olduqda və ya olmadıqda eyni cür baş verdiyini qəbul etmək olmazdı. Lakin ümumilikdə metodologiyanın mahiyyəti dəyişməz qalırdı: istənilən hadisəni sadələşmiş modellə təsvir etmək olar: bir-biri ilə toqquşan molekullar və ya bir-birindən uzaqlaşan qalaktikalar, aminturşuları və ya peptidlər – bütün bunlara – maddi nöqtələr və ya onların çoxluğundan ibarət sistemlər kimi baxılır, onlar arasındakı qarşılıqlı təsir bu və ya digər qanunla təsvir olunurdu. Əvvəl model üçün tənlik yazılır, sonra

bu tənlik hər hansı bir üsulla həll edilir, alınmış həllərə real obyektlər: molekul, qalaktika, aminturşuları və s. üçün yenidən düzəlişlər edilirdi. Əsas xüsusiyyətlərini Aristotel fəlsəfəsindən götürən Nyutona qədərki fizikada bu cür yanaşmalar yox idi.

Nyutonun sözlərinə görə "o, nəhənglərin çiynində durduğu üçün" müvəffəqiyyətə nail olmuşdur. Nadir istedada və qeyri-adi taleyə malik bir şəxs kimi Nyutonun fizika tarixində rolu əvəzedilməzdir.

GƏNCLİK İLLƏRİ

İsaak Nyuton 1642-ci il dekabrın 25-də anadan olmuşdur. Katoliklər üçün yabançı sayıldığına görə ingilislərin keçməyə tələsmədiyi yeni üslubla Nyuton 1643-cü il yanvarın 4-də anadan olmuşdur. (İlin başlanğıcı o dövrdə martın 25-dən hesablandığı üçün, ingilislər Nyutonun anadan olduğu ili yenə də 1642-ci il hesab edirlər.) Nyutonun atasının, onun da adı İsaak idi, Linkolnşir qraflığının Vulstorp əyalətində çox da böyük olmayan malikanəsi var idi və o, Nyutonun doğulmasından üç ay əvvəl vəfat etmişdir. Doğuş vaxtından əvvəl olduğundan, Nyuton cılız və zəif uşaq olmuşdur. Sonralar Nyutonun özünün zarafatca dediyinə görə, çağa ikən onu pivə krujkasının içinə qoymaq mümkün idi. Yaxınları onun yaşayacağına şübhə etsələr də, o, sağ qalmış və normal insanlar kimi uzun bir ömür sürmüşdür. Onun həyatı çox qəribə olmuşdur: Nyuton heç vaxt İngiltərəni tərk etməmiş, hətta bir dəfə də olsa, Kembricdən 200 km uzaq getməmişdir. Onun yaşadığı dövrdə ölkədə çoxlu sayda sosial kataklizmlər baş vermişdir: İngiltərədə burjua inqilabı, 1649-cu ildə kral I Karlın edamı, 1653-cü ildə qurulmuş Oliver Kromvelin protektoratlığı (hərbi diktatura), 1660-cı ildə Stüart sülaləsinin bərpası, 1666-cı ildə nəhəng London yanğını, 1688-1689-cu illər "Şanlı inqilab", pul islahatı. Amma bütün bu təlatümlər onun həyatına təsir etməmişdir. O, ciddi nizam qaydalarına tabe olaraq, eyni ritmli həyat tərzi keçirmişdir. İfrat dərəcədə küsəyən və vasvası olan Nyuton tənhalığı və öz işini çox sevir, vaxtını həddən artıq qiymətləndirirdi. O, evlənməmişdi. Çox güman ki, İsaak gerçəkdən heç kəsi sevməmiş və həyatda, demək olar ki, heç dostu da olmamışdır.



Vulstorp malikanəsində İ.Nyutonun doğulduğu yer.

Nyutonun valideynləri fermer olmuşlar. Onun anası Xanna Eyskoy və atalığı Barnabas Smit istəyirdilər ki, Nyuton da gələcəkdə fermer olsun. Doğrudur, fermerlik onlara yaxşı gəlir gətirirdi: ikinci əri öldükdən sonra Nyutonun anasının illik gəliri 700 funt-sterlinq təşkil edirdi ki, buna da bir çox aristokratlar həsəd apara bilərdilər. Ailə ənənələrinə məhəl qoymayan və torpaqla işləməyi xoşlamayan Nyuton öz karyerasının başlanğıcında ildə bir neçə funt alırdı; hətta professor olduqda belə o, 100 funtdan çox almırdı.

Xoşbəxtlikdən Nyutonu kənd ibtidai məktəbinə, sonra isə orta məktəbə qoyurlar. Hələ uşaqlıqdan İsaakın qeyri-adi istedada və çox gözəl yad-

İ.Nyuton uşaqlıqda. Qravüra.





Kembric. Triniti-kollecin darvazası.

daşa malik olduğu üzə çıxır. Böyük yaşlarında belə uşaqlıqda qazandığı texniki vərdişlər onun köməyinə çatır. O ustalıq etməyi çox sevirdi: bizə gəlib çatan məlumatlara görə, o, dəyirmanın modelini, siçanı hərəkətə gətirən çarx, müxtəlif saatlar, fənərlər və havada alovlanıb yanan çərpələnglər (bununla o, öz qonşularını qorxudardı) düzəldərdi.

Nyuton 17 yaşına çatanda, onun anası qərara alır ki, daha o, təhsilini davam etdirməsin və fermerliklə məşğul olsun. İsaakın ümidsizliyinin həddi-hüdudu yox idi, o, qəzəbindən anasını hətta malikanəni yandıracağı ilə hədələmişdir. Xoşbəxtlikdən onun dayısı Uilyam Eyskoy anasına gəncin universitetə girməsinin vacib olduğunu inandıra bildi. 1661-ci ilin yayında Nyuton Kembric Universitetinin Triniti-kollecinin (*ing.* Trinity – "Müqəddəs Üçlük") tələbəsi olur.

Bu tədris müəssisəsinin tələbələri təbəqələrə bölünürdülər: çox varlı (icma üzvləri), sadəcə varlı pensionerlər (onlar çoxluq təşkil edirdilər) və kasıb təbəqə (onlar özlərini təmin edə bilmədiklərindən təqaüdə ehtiyacları var idi). Təqaüdçülərin vəziyyəti çox alçaldıcı idi: onlar öz təqaüdlərini almaq üçün özlərindən yaşca böyük və yaxşı təmin olunmuş tələbələrə qulluq etməli idilər. Nyuton kollecdə təqaüd hesabına oxuyurdu. Buna səbəb, dayısının məsləhətlərinə könülsüz əməl edən, anasının xəsisliyi olmuşdur.

Buna baxmayaraq, artıq 1664-cü ildə Nyuton kollecdə, öz statusunu dəyişməyə nail olur və "alim"lik (*ing.* scholar) dərəcəsini qazanır. Bunun sayəsində universiteti qurtarandan sonra o, elmi karyerasını davam etdirə bilir.

Bir ildən sonra o, statusuna və yaşına uyğun olmasa da, bakalavr dərəcəsi alır. İndi İsaak Nyuton müstəqil alim idi və özü istədiyi şeylərlə məşğul ola bilərdi: o, öz sərbəstliyindən tam bəhrələnərək, müxtəlif təcrübələr qoyur və elmi əsərləri dərindən öyrənirdi.

Nyutonu nələr maraqlandırırdı? Məsələn, o, Evklidi oxumağı sevməzdi və onun "Başlanğıclar" əsərini "cəfəngiyat" adlandırmışdır. Əvəzində Dekartın "Həndəsə"sinə üstünlük verirdi. Çox diqqətlə və heyranlıqla o, Qalileyin ingiliscə tərcümədə "Dünyanın iki mühüm sistemi – Ptolemey və Kopernik sistemləri haqqında dialoq" əsərini oxumuşdur. Lakin italyan alimin digər böyük əsəri olan "Elmin iki yeni sahəsinə, mexanikaya və düşmə qanunlarına aid söhbətlər və riyazi isbatlar" əsəri haqqında, görünür, Nyutonun xəbəri olmamışdır. Nyutonu İohann Keplerin optikaya aid işləri, Epikurun və Pyer Qassendinin atomistik fəlsəfəsi çox maraqlandırırdı.

İsaak Nyuton həmçinin, əlkimya və teologiya ilə də maraqlanırdı. Elmi fəaliyyətlə sərbəst məşğul olmaq imkanı qazanan Nyuton laboratoriya üçün zəruri olan bütün avadanlıqları əldə etdikdən sonra öz otağına qapanaraq, bütün vaxtını əlkimyəvi təcrübələr keçirməyə sərf edərdi.



NYUTON ALMASI

Almanın yerə düşdüyünə əmin olmaq
üçün Nyutonun dühası gərək idi...
K.D.Uşinski.

Bir dəfə bağda gəzərkən, Nyutonun alma ağacından düşən almanı seyr etməsi və bunun sayəsində ümumdünya cazibə qanununu kəşf etməsi artıq əfsanəyə dönmüşdür. Təsadüfi deyil ki, bir çox elm tarixçiləri və alimlər bu əhvalatın həqiqətən baş verib-vermədiyini müəyyənləşdirməyə çalışmışdılar. Belə ki, ümumdünya cazibə qanunu kəşf olunmasaydı, Nyutonun məşhur kitabı olan "Əsaslar" əsəri də olmazdı. 1725-ci il aprelin 15-də Londona Nyutona baş çəkməyə gələn dostu Uilyam Stekli, sonralar çap etdirdiyi "İsaak Nyutonun həyatı haqqında xatirələr" əsərində yazırdı: "Hava çox isti olduğundan biz nahardan sonra çayı bağda, qollu-budaqlı alma ağacının kölgəsində içməyə qərar verdik. Bizdən başqa heç kim yox idi. Yeri gəlmişkən, o (Nyuton), mənə dedi ki, belə bir şəraitdə olarkən onun ağlına cazibə barədə fikir gəlib. Fikrə qərq olduğu zaman, ağacdan almanın düşməsi onda bu fikri formalaşdırıb".

Steklinin xatirələri 1936-cı ildə işıq üzü görmüşdür. Lakin 1728-ci ildə, dahi alimin ölümündən bir il sonra, Volter Nyutonun ideyalarının şərhinə həsr olunmuş kitabında, Nyutonla bir yerdə 30 il yaşamış qohumu və kompanyonu (keçmişdə insanları əyləndirmək üçün varlı evlərində saxlanılan işçi) olmuş Katarina Bartona istinad edərək, analoji hadisəni təsvir etmişdir. Nyutonun assistenti olmuş onun əri alimə istinad edərək, öz xatirələrində yazırdı: "1666-cı ildə Nyuton, Londonda taun epidemiyası olduğundan, müəyyən müddətə Kembricdən Vulstorpa gəlmək məcburiyyətində qalır. Bir dəfə bağda istirahət zamanı, ağacdan düşən almanı müşahidə edərkən, onun ağlına belə bir fikir gəlir ki, ağırlıq qüvvəsi Yer səthi ilə məhdudlaşmır, daha uzaqlara, məsələn, Aya qədər təsir edir" 20 il sonra (1687-ci ildə) dərc edilmiş "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" əsərində Nyuton sübut etmişdir ki, Ayı öz orbitində saxlayan cazibə qüvvəsi ilə cismin Yer səthinə düşməsinə səbəb olan qüvvə eyni təbiətlidir".

1998-ci ildə "Müasir fizika" (*ing.* "Contemporary Physics") jurnalında dərc etdirdiyi "Nyuton almasının tarixi" məqaləsində elmin tarixi və fəlsəfəsi ilə maraqlanan York universitetinin müəllimi Kizinq əfsanəvi alma ağacının bağda yeganə alma ağacı olduğunu göstərmiş və bu ağacın şəklini və onun barəsində müəyyən məlumatlar vermişdir. Bu əfsanəvi ağac Nyutondan təqribən 100 il çox yaşamış və 1820-ci ildə, bərk şaxtalar zamanı tələf olmuşdur. Bu ağacdan düzəldilmiş kreslo İngiltərədə, şəxsi kolleksiyada saxlanılır.

VULSTORPLU RAHİB

1665-ci ilin iyununda taun epidemiyası səbəbindən universitet bağlanılır və Nyuton öz məşğuliyyətinə ara vermək məcburiyyətində qalır. İlyarımdan çox müddətdə o, anasının malikanəsində yaşayır. Oğlunu fermer görmək ümidlərinin puça çıxdığını görən anası təsərrüfat işləri ilə məşğul olmaq təklifi ilə daha onu təngə gətirmirdi. Nyuton tam sərbəst idi və özünün etirafına görə, Vulstorpda olduğu müddətdə "riyaziyyat və fəlsəfə haqqında daha çox düşünməyə vaxtı olmuşdur".

Onun mühüm kəşflərinin əksəriyyəti məhz bu dövrə təsadüf edir. Riyaziyyat sahəsində o, funksiyanın sıraya ayrılışı ideyasını reallaşdırmış və istənilən dərəcəli binomun sıra şəklində ayrılışını vermişdir. Nyuton tərəfindən riyazi analizin əsası qoyulmuş, törəmənin (o, bunu düzünə flüksiya metodu adlandırmışdır) və qeyri-müəyyən inteqralların (tərs flüksiya metodu) hesablanması üsulları verilmişdir. Məhz bu dövrdə onda prizma vasitəsi ilə optik təcrübələrin aparılması ideyası formalaşmış və o, ümumdünya cazibə qanununun kəşfinə çox yaxınlaşmışdır.

Amma qeyd etmək lazımdır ki, bunlar son nəticələr olmamış, dəqiqləşdirilməsi və üzərində işlənilməsi tələb olunan ümumi ideyalar olmuşdur. Daim təkmilləşdirməyə can atan Nyuton eyni bir problemin həllinə dəfələrlə qayıdar, öz kəşflərini bəyan etməyə tələsməzdi. Təəssüf ki, onun etdiyi bir çox kəşflər, ondan əvvəl digər alimlər tərəfindən dərc olunmuşdur. 1668-ci ildə alman riyaziyyatçısı, astronomu və mühəndisi Nikolaus Merkatorun "Loqarifmotexnika" kitabı işıq üzü gördükdə, bu kitabda ilk dəfə olaraq funksiyanın sıra şəklində ayrılması üsulu verilmişdir və Nyuton çox mütəəssir olmuşdur. Özü-

nün riyaziyyatdan bəhs edən kitabını sağlığında o dərc etdirməmişdir. Onun aldığı bir çox nəticələr, XX əsrin ortalarında "Nyutonun riyazi əlyazmaları" çoxcildliliyi çapdan çıxanadək, üç əsr ərzində aşkarlanmamış qalmışdır.

İsaak Nyuton cazibə nəzəriyyəsinə aid öz tədqiqatlarını çap etdirmək üçün də 20 il gözləmişdir. Bu tədqiqatlar nəticəsində tərs kvadratlar qanunu kəşf olunmuş və bunun əsasında göy mexanikası yaranmışdır.

Universitetdə dərslər bərpa olunduqdan sonra, Nyuton oraya artıq istedadlı tələbə kimi yox, özünəməxsus elmi dünyagörüşə və tam formalaşmış metodologiyaya malik yetkin alim kimi qayıdır. 1669-cu ildə o, professor vəzifəsinə seçilir və Lükas riyaziyyat kafedrasının müdiri olur, 30 ildən çox bu vəzifədə qalır.

LÜKAS KAFEDRASININ PROFESSORU

Kembric universitetinin yarandığı vaxtdan Nyutonadək olan üçəsrlik müddətdə universitetdə riyaziyyat kafedrası olmamışdır. Yalnız 1663-cü ildə Henri Lükas adlı bir şəxsin vəsaiti hesabına belə bir kafedra yaradılır. Bu səbəbdən də Lükasın adı tarixə düşmüşdür. O dövrdə yunan dilini tədris edən İsaak Barrou (1630–1677) ilk olaraq kafedraya rəhbərlik etmişdir. O, Nyutonun riyazi qabiliyyətini yüksək qiymətləndirirdi. 1667-ci ildə gənc alimin "Analiz haqqında" əsərinin əlyazması ilə tanış olduqdan sonra, professor Nyutona "dahiyanə qabiliyyətə malik" şəxs kimi baxırdı.

1669-cu ildə kral sarayına dəvət aldığına görə, Barrou kafedranı təhvil verməli olur. Öz sələfi kimi o, Nyutonu məsləhət görür. Görünür, Nyuton yaxşı müəllim olmamışdır: belə ki, tələbələr onun mühazirələrinə, demək olar ki, gəlmirdilər. Müasirlərindən birinin xatirələrinə görə, "çox az adam ona qulaq asmağa gələrdi, daha az adam onu başa düşürdü; çox vaxt dinləyicilər olmadığından o, divarlara dərs keçərdi".

Nyutonun teoloji (ilahiyyata aid) məşğələləri onun karyerasına az qala zərbə vuracaq idi. Müqəddəs yazıları öyrənməklə dərindən məşğul olan Nyuton, müqəddəs Üç Üqnum (xristian dinində üç sifətdə birləşmiş allah) haqqında hamı tərəfindən qəbul olunmuş ehkamla razılaşa bilmir. İlahi olan yalnız Müqəddəs Ruh ola bilər. Xristos Yerə Allah tərəfindən göndərilmiş olsa da, adi insan olduğu üçün ilahi ola bilməzdi. Bu cür fəlsəfi baxışlar sistemi o dövrdə arian küfrü adlanırdı. Arianlığı qəbul edən şəxs olmaqla yanaşı, xüsusilə də dini məsələlərdə son dərəcə prinsipial olan Nyuton Trinitikollecinin professorları üçün məcburi olan mənsəbi qəbul etmirdi.

Xoşbəxt bir təsadüf onun karına gəlir: kralın fərmanı ilə Lükas professorları üçün dinə etiqadın zəruriliyi ləğv olunur. Beləliklə, Nyuton keşiş olmadan belə, dərs deyə bilir.

İŞIQ VƏ YA RƏNG?

Riyaziyyat üzrə professor olmasına baxmayaraq, Nyuton öz vaxtının çox hissəsini optikaya həsr edirdi. Əsrlər boyu işıq və onun xassələri təbiətşünasların diqqət mərkəzində olmuşdur. XVII əsrdə mühüm bir hadisə bu marağı daha da artırdı. XV əsrin ortalarında meydana çıxmış çapçılıq sənəti uzun müddət əsasən ağ-qara rənglərə əsaslanmışdır. Düzdür, kitab çapının ixtiraçısı olmuş alman İohann Qutenberq tərəfindən 1450-ci ildə çap edilən Bibliyanın birinci nəşrində bəzi baş hərflər iki rəngdə çap olunmuşdur. XVI əsr boyu bir çox çapçı ustalar müxtəlif boyaları qarışdırmaqla müxtəlif cür rənglər almağa çalışmışlar. Məlum olmuşdur ki, rəngli çapetməni həyata keçirmək üçün dörd cür boyadan: üç rəngli və qara rəngdən istifadə etmək kifayətdir. Məşhur ingilis fiziki və kimyaçısı Robert Boyl (1627–1691) göstərmişdir ki, çapetmə üçün dörd cür rəng kifayətdir. O, əmin idi ki, bu rənglərin sayını üçə endirmək olar (sonralar bunun səhv olduğu müəyyən olundu).

Boyl hələ Nyutonun Vulstorpda tənhalıq dövründə gəldiyi nəticələrdən uzaq idi. O bilmirdi ki, işıq – göy qurşağının bütün rənglərinin qarışığından ibarətdir və prizma işığı rəngli etmir, onu yalnız tərkib hissələrinə ayırır. Lakin Boyl doğru olaraq belə nəticəyə gəlmişdir ki, səthin rəngli görünməsi işığın xassəsi hesabına deyil, səthin öz xüsusiyyəti nəticəsində yaranır. Məsələn, qara cisim onun üzərinə düşən şüaların hamısını udur. Boyl bunu onunla sübut edirdi ki, günəşli havada qara əlcək geyinmiş əl, ağ əlcəkli ələ nisbətən daha çox qızır.



London Kral Cəmiyyətində İ.Nyutonun məruzəsi.



Robert Huk. Müasirlərin təsvirinə görə çəkilmiş portret. (Öz portretləri saxlanılmamışdır.)

TELESKOP VƏ YANLIŞLIQ

Nyuton 1672-ci ildə Kral Cəmiyyətinin üzvü seçilmişdir. Burada onun ixtira etdiyi yeni teleskopun nümayişi sensasiyaya səbəb olmuşdur. Nyutona qədər astronomik müşahidələr üçün iki tip – Qaliley və Kepler tipli teleskoplardan istifadə olunurdu. Qalileyin teleskopunda obyektiv qabarıq linza okulyar isə çökük linzadan ibarət idi. Keplerin teleskopunda isə obyektiv və okulyarın hər ikisi qabarıq linzalardan ibarət idi. Hər iki teleskop sistemində böyütmə işığın sınması hesabına yaranırdı. Ona görə də bu teleskoplara teleskop-refraktor (*lat.* refractus – "sınmış") deyilirdi.

Teleskop-reflektorlarda (*lat.* reflecto – "əks olunma") obyektiv güzgüdən ibarətdir. Nyutonun ilk reflektoru (1668-ci il) bir çökük güzgüdən və çox da böyük olmayan müstəvi güzgüdən ibarət idi. Müstəvi güzgü alınmış xəyalı teleskopun yan tərəfinə istiqamətləndirirdi və burada qoyulmuş okulyar vasitəsi ilə xəyal müşahidə olunurdu. O dövrdə buraxılmış bir nəzəri səhv Nyuton tərəfindən teleskop-reflektorun ixtirasına səbəb olmuşdur. O dövrdə olan bütün məlum linzalar xromatik aberrasiya xassəsinə malik idi: müxtəlif rəngli işıq üçün sındırma əmsalları müxtəlif olduğundan, xəyal kəskin olmur; optik oxa nəzərən xaricdə qırmızı, daxildə isə göy rəngə çalır.



İ.Nyutonun teleskop-reflektoru.

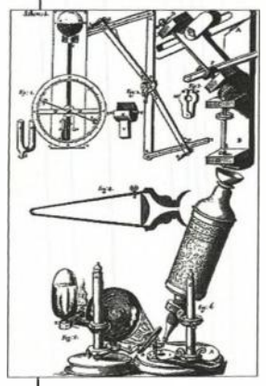
Nyuton fərz edirdi ki, sındırma əmsalının işığın rənglərindən asılılığı linzanın hazırlandığı materialdan asılı deyildir, onun fikrincə, müxtəlif şüşələrin kombinasiyası vasitəsi ilə aberrasiyanı aradan götürmək olmaz. Teleskop-reflektorda isə xromatik aberrasiya yaranmırdı.

Sonralar aydın oldu ki, Nyuton yanılmışdır. Sındırma əmsalı dalğa uzunluğundan asılı olduğundan, müxtəlif növ şüşələrdən ibarət linzalardan hazırlanmış teleskop-refraktorda da bu cür defektlər yaranmayacaqdır. Hətta müasir dövrdə də mühüm astronomik müşahidələr xromatik aberrasiyasız böyükölçülü reflektorlar vasitəsilə aparılır.

Nyuton Robert Boylun təcrübələri haqqında çox düşünür. O, iki prizmadan və müxtəlif formalı diafraqmadan ibarət optik qurğu düzəldir. Bu qurğu vasitəsilə o sübut etmişdir ki, prizma nəticəsində tərkib hissələrinə ayrılmış spektrdən birrəngli işıq ayırıb, onu ikinci prizmaya salsaq, prizma onun rəngini dəyişmir.

Bu və buna bənzər digər təcrübələrin nəticələrinə əsaslanaraq Nyuton Dekartın mülahizələrini inkar edərək (Dekarta görə işıq – "təzyiq"dir) işıq və rənglərin nəzəriyyəsini qurmağa çalışmışdır (Nyutona görə işıq – korpuskullardan [zərrəciklərdən] ibarətdir). Nyuton qeyd edirdi ki, əgər işıq təzyiq alsaydı, onda insanlar gecələr gündüzdə olduğu kimi yaxşı görməlidirlər, hətta gündüzə nisbətən daha yaxşı görməlidirlər. Doğrudur, bu ideyanın izahını Nyuton çox anlaşılmaz şəkildə vermişdir. Öz düşüncələrini o, "İşıq və rənglərə dair yeni nəzəriyyə" əsərində əks etdirmişdir və 1672-ci il fevralın 6-da bu əsəri London Kral Cəmiyyətinə təqdim etmişdir. Cəmiyyətin əksər üzvləri onun aldığı nəticələrlə, xüsusilə də işığın korpuskulyar xassəsi ilə bağlı fərziyyə ilə razılaşmırlar. Robert Huk və Xristian Hüygens göstərmişlər ki, Nyutonun təcrübələrini başqa yanaşma tərzi ilə də izah etmək olar. Lakin onlar Nyutonun əsas tezisini qəbul edirdilər: ağ işıq sadə olmayıb, göy qurşağının rənglərinin bərabər hissələrindən ibarət mürəkkəb tərkibə malikdir. Onlarla mübahisəyə girişən Nyuton özünü müdafiə edərək göstərirdi ki, bu əsərdə "Işıq – zərrəcikdir" ideyası qəti olaraq təsdiqlənmir, yalnız fərz olunur: "İşıq, çox güman ki, zərrəciklərdən ibarətdir". O çox ustalıqla işığın dalğa nəzəriyyəsinin çətinliklərini göstərirdi; məsələn, onun fikrincə, işığın düz xətt boyunca yayılmasını dalğa nəzəriyyəsi ilə izah etmək çox çətindir. Nyuton hətta kompromis variant da təklif etmişdir. Dalğvari xassələri korpuskulyar xassələrlə birləşdirərək, o, nazik təbəqələrdə rənglərin alınmasını işığın dalğvari xassəsi ilə izah edirdi. Buna baxmayaraq, bu diskussiyalar Nyutonla, başda Robert Huk (1635-1703) (Kral Cəmiyyətinin əsasını qoyanlardan biri olmuşdur) olmaqla, Kral Cəmiyyətinin başqa üzvləri arasında olan münasibəti uzun müddət korlamış oldu.

Kral Cəmiyyətinin üzvləri tərəfindən soyuq münasibət Nyutona çox pis təsir etmişdir. Optika ilə ömrünün axırına qədər məşğul olmasına baxmayaraq, onun optikaya aid ən böyük əsəri 30 il sonra, 1704-cü ildə, Hukun vəfatından sonra işıq üzü görmüşdür.



R.Hukun mikroskopu. "Mikroqrafiya" kitabına illüstrasiya. London. 1665-ci il.



İ.Nyuton. "Optika" kitabı. Titul vərəqəsi. Lozanna. 1740-cı il.

DÜNYA ŞÖHRƏTLİ "RİYAZİ ƏSASLAR"

Nikolay Kopernikllə başlanan və XVI əsrdə davam edən kosmoloji inqilab Kosmosda hərəkəti izah edən Aristotel fizikasının əsasını sarsıtdı. Hətta Kopernikin ideyasının doğru olub-olmamasından asılı olmayaraq, Yer artıq kosmosda fırlanmaların vahid mərkəzi ola bilməzdi. Qalileyin kəşf etdiyi Mediçi ulduzları – Yupiterin peykləri – Yupiter ətrafında fırlanırdı. Doğrudur, Saturn peykləri hələ aşkar edilməmişdirsə də, onun halqası o dövrdə peyk kimi qəbul edilirdi. Fərz olunurdu ki, Marsın da öz peykləri vardır. Kepler qanunları bu fırlanmaları yaxşı təsvir edirdi. Lakin bu qanunların dinamika ilə bağlılığı açılmamış qalırdı. Ümumdünya cazibə ideyası Qalileyin şagirdi, italiyalı həkim və təbiətşünas Covanni Alfonso Borelli (1608-1679) tərəfindən artıq irəli sürülmüşdür. Nyuton bura iki çox mühüm əlavələr etmişdir: birincisi,

yalnız ağır cisimlər yüngül cisimləri cəzb etmir, yüngül cisimlər də ağır cisimləri cəzb edir; ikincisi, cismin ağırlığı onun Yer tərəfindən cəzb olunması deməkdir. Bundan əlavə, Vulstorpda tənhalıq dövründə o, cazibə qüvvəsinin və mərkəzəqaçma qüvvələrinin bərabərliyinə, həmçinin Keplerin üçüncü qanununa əsaslanaraq, tərs kvadratlar qanununu kəşf etmişdir. Nyutonun mühakiməsinə görə, mərkəzəqaçma qüvvəsi bucaq sürətinin kvadratı və radiusla düz mütənasibdir.

$$F \sim \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2},$$

Keplerin üçüncü qanununa görə isə

$$T^2 \sim R^3,$$

deməli, qüvvə radiusun kvadratı ilə tərs mütənasib olacaqdır.

Beləliklə, Ay daim Yerə düşsə də, ona çata bilmir. Buna səbəb, Ayı saxlayan mərkəzəqaçma qüvvəsidir. Başqa sözlə, öz ətaləti hesabına Ay həmişə Yerin yanından ötüb keçir. Orbit üzrə hərəkəti izah etmək üçün Dekartın burulğan nəzəriyyəsinə ehtiyac qalmırdı.

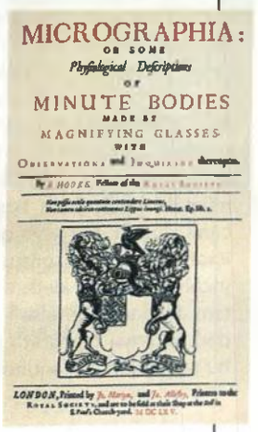
Nyuton başa düşürdü ki, bu cür izahat diqqətli yoxlamalar və hesablamalar tələb edir. İki mühüm hadisə ümumi ideyalardan tam və dolğun nəzəriyyəyə keçidi şərtləndirdi. Bunlardan birincisi, işığın təbiətinə dair diskussiyalar zamanı münasibəti korlanmış, demək olar ki, düşmənçilik səviyyəsinə çatmış Robert Hukun ona məktubu oldu.

Huk bu məktubu 1679-cu il dekabrın 9-da yazmışdır. London Kral Cəmiyyətinin katibi seçilməsinə razılıq verən Huk, adı çəkilən diskussiyalar səbəbindən fasilə verilmiş yazışmanı bərpa etməyi təklif edirdi. Özünün nöqteyi-nəzərincə fizikanın mühüm problemlərini sadalayan Huk bu haqda Nyutonun fikirlərini bilmək istəyirdi. Praktiki olaraq bütün bu problemlər ya kosmologiya, ya da astronomiya ilə bağlı idi: Qalileyin metoduna əsaslanaraq Yupiterin peyklərinin köməyi ilə obyektin coğrafi uzunluğunun təyini vasitəsilə Fransanın sahil xətlərinin çəkilməsi, Yerin Günəş ətrafında fırlanması hesabına yaranan ulduz parallaksının ölçülməsi, Kopernik nəzəriyyəsini yoxlamaq üçün sırf mexaniki üsullar və s.

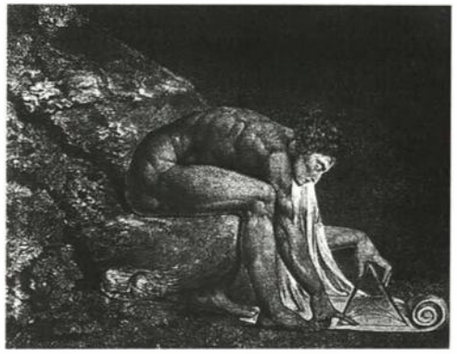
Bu məktublaşma zamanı hər iki tərəf bir-birinə hörmətlə yanaşmış və nəzakətli olmuşlar. Buna baxmayaraq, bu məktublarda qeyri-səmimiliyin təzahürləri hiss olunurdu. Nyuton çoxdandır ki, fizikanın və riyaziyyatın problemləri ilə məşğul olmadığını bildirsə də, yeni tədqiqatlar və kəşflər (Hukun işləri də daxil olmaqla) haqda onun ətraflı məlumata malik olması üzə çıxırdı. Huk, Nyutonun razılığı olmadan onun ideyalarının aşkarlanmamasına söz verməsinə baxmayaraq, Nyutonun mühakimələrində bir yanlışlıq tapdıqda, bu barədə dərhal Kral Cəmiyyətinin iclasında söz açardı. Lakin, bu yazışmalar hər iki tərəf üçün nə qədər xoşagəlməz olsa da, bunun onların hər ikisinə faydası da dəymişdir. Bunun sayəsində Nyuton öz ideyalarında müəyyən dəyişikliklər etmiş, Huk isə özünün təklikdə həll edə bilmədiyi bəzi məsələlərə cavab tapmışdır.

Nyutona ünvanladığı məktublardan birində Huk özünün yeni nəzəriyyəsi haqqında yazaraq iddia edirdi ki, o, bu nəzəriyyəni müstəqil olaraq yaradacaqdır: "Mən mexaniki hərəkətin indiyədək məlum olan müvafiq qanunlarından bir çox cəhətlərinə görə fərqlənən maddi aləmin sistemini quracağam. Bu sistem üç əsas fərziyyəyə əsaslanmışdır:

Dekarta görə, maddi aləm zərif gözəgörünməz materiya ilə doludur. Maneəsiz, yəni düzxətli hərəkət etmək imkanından məhrum olmuş bu materiyanın şəffaf axını kiçik və ya böyük burulğanlar sistemi yaradır. Adi maddənin daha böyük, görünən hissəciklərini özünə qatan burulğanlar göy cisimlərinin dövri hərəkətini formalaşdırır. Burulğanlar göy cisimlərini yaradır, fırladır və orbitlər üzrə hərəkət etdirir.



R.Huk. "Mikroqrafiya" kitabı. Titul vərəqəsi. London. 1665-ci il.



U.Bleyk. Nyuton. Alleqorik rəsm. 1795-ci il.

Birincisi, müxtəlifliyindən asılı olmayaraq, bütün göy cisimləri, öz mərkəzlərinə doğru yönəlmiş cazibə və ya qravitasiya qabiliyyətinə malikdir. Nəticədə onlar nəinki öz hissələrini cəzb edir və onları özündən uzaqlaşmağa qoymur [Yerdə biz bunu müşahidə edirik], həm də öz təsir dairəsində yerləşən digər göy cisimlərini də cəzb edirlər.

İkinci fərziyyə ondan ibarətdir ki, sadə (yəni bərabərsürətli) düzxətli hərəkətdə olan bütün cisimlər ona başqa cisimlər təsir edənədək düz xətt boyunca hərəkət edəcəkdir. Başqa cisimlərin təsiri ilə cisim düz xətt üzrə hərəkətdən kənara çıxır və çevrə, ellips və ya daha mürəkkəb əyri üzrə hərəkət edir.

Üçüncü fərziyyədə deyilir: cəzbetmə qüvvələri cəzb olunan cisim mərkəzdə yerləşdikdə daha da güclənir. Təsirin dərəcəsinə gəldikdə isə, mən onu təcrübədən hələ təyin etməmişəm. Əgər bu ideyaya ciddi yanaşsaq, göy cisimlərinin hərəkətini müəyyən qanunauyğunluqlara tabe etdirməklə, astronomlara kömək etmiş olarıq. Bu fərziyyənin köməyi olmadan məsələnin həllinə mən şübhə edirəm".

Nyuton, çox güman ki, bu prinsipləri artıq bilirdi və "təsirin dərəcəsi"nin hansı qanunla dəyişməsi də ona məlum idi. Ona görə də Hukun dahiyanə fərziyyələri onun heysiyyətinə toxunmaya bilməzdi.

İkinci mühüm hadisə Nyutonun gənc Edmund Halleylə (1656-1742) tanışlığı və onunla dostluğu olmuşdur. Edmund Halley sonralar krallığın astronomu (Qrinviç rəsədxanasının direktoru) olmuşdur. 1684-cü ilin yanvarında Halley, Kral Cəmiyyətinin iclasında iştirak edir. Bu iclasda memar, riyaziyyatçı və astronom Kristofer Ren ağır cisimlərin bir-biri ilə "təsir dərəcəsi"nin məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olaraq azalması fərziyyəsindən istifadə edərək, Keplerin bütün qanunlarını alan şəxsə bahalı mükafat – 2 funt dəyərində kitab təklif edir. Huk, bu məsələni iki ay müddətində həll edəcəyinə söz versə də, uzun müddət bu işin öhdəsindən gələ bilmir.

Həmin ilin avqustunda Halley Kembricə – Nyutona baş çəkməyə gedir. Şübhəsiz, təbrik etmək məqsədilə, cismi tərs kvadratlar qanunu ilə cəzb edən cismin nə cür hərəkət etməsi sualı ilə o, Nyutona müraciət etdikdə: – Ellips boyunca, – Nyuton fikirləşmədən cavab verir.

– Siz bunu haradan bilirsiz? – Halley təəccüblənir.

– Mən hesablamışam, – Nyuton təmkinlə cavab verir.

Halley Nyutonun hesablamaları ilə tanış olmaq istəyir və noyabr ayında doqquz səhifəlik "Orbit boyunca cisimlərin hərəkəti" traktatını əldə edir. Bu əsərdə həm bu, həm də bunun tərsi olan müddəa isbat olunmuşdur: Əgər cisim elliptik orbit boyunca hərəkət edirsə, deməli, ona məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olan cazibə qüvvəsi təsir edir. Burada həm də Keplerin digər iki qanununun da isbatı verilmişdir.

Halley başa düşür ki, onun qarşısındakı dahi bir əsərdir. O, yenidən Kembricə gəlir və Nyutonu inandırmağa çalışır ki, o, bu əsəri Kral Cəmiyyətinə göndərsin. Lakin Nyuton əsərə müəyyən əlavələr və dəqiqləşmələr etməyin zəruri olduğunu bəhanə gətirərək, bu təklifi rədd edir. 1684-cü ilin dekabrından Nyuton bu "əlavələr" üzərində dayanmadan işləyir və nəticədə traktat həcmcə 100 dəfə böyüyür, 1687-ci il iyulun 5-də Halleyin vəsaiti hesabına bu kitab dərc olunur.

"Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" kitabı bütün elmi ictimaiyyəti tərəfindən sevinclə qarşılanır. Bu əsər Nyutonu daha da şöhrətləndirir: 1689-cu ildə onu İngiltərə parlamentinə, 1699-cu ildə isə təbiət elmləri üzrə Paris Kral Akademiyasına üzv seçirlər. Nəhayət, 1703-cü ildə o, London Kral Cəmiyyətinin prezidenti seçilir, 1705-ci ildə isə kraliça Anna Stüart ona zadəgan rütbəsi verir.

NATURAL FƏLSƏFƏNİN MƏQSƏDİ

Natural fəlsəfənin əsas vəzifəsi – özündən hipotez uydurmamaqla hadisələrdən nəticə çıxarmaq, əsas səbəb də daxil olmaqla, hərəkətin səbəblərini öyrənmək, maddi aləmin mexanizmini açmaqla aşağıdakı suallara cavab verməkdir. Materiyanın olmadığı yerlər nədən təşkil olunmuşdur? Aralarında sıx materiya olmadığı halda Günəş və planetlər niyə bir-birini cəzb edir? Niyə təbiət heç nəyi səbəbsiz yaratmır və bizi əhatə edən bu nizam və gözəllik haradan yaranır? Kometalar nə məqsədə xidmət edir, niyə bütün planetlər konsentrik orbitlər üzrə eyni bir istiqamətdə hərəkət etdiyi halda, kometalar ekssentrik orbitlər üzrə bütün mümkün istiqamətlər üzrə hərəkət edirlər, tərpənməz ulduzların bir-birinin üzərinə düşməməsinə səbəb nədir? Canlı orqanizmlər nə üçün bu cür mükəmməl quruluşa malikdir və onların müxtəlif hissələri nə məqsədə xidmət edir? Göz optikanı, qulaq isə akustikanı bilmədənmi yaranmışdır?

Nəyə görə cisimlərin hərəkəti sərbəstdir və canlılarda instinkt haradan yaranır? Əşyaların bu cür müntəzəm quruluşa malik olmasından, müxtəlif hadisələrin baş verməsindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, canlı, şüurlu, hər şeyə qadir, qeyri-cismani bir varlıq mövcuddur ki, öz itaətində olan bu sonsuz məkanda, o, hər şeyi yaxından görür, hər şeyi incəliyinə qədər dərk edir və şeylərə daha yaxın olduğundan hər şeyi tam anlayır... Bu fəlsəfi yolda atılmış hər bir doğru addım ilkin səbəbi dərk etməyə bilavasitə gətirib çıxarmasa da, bizi ona yaxınlaşdırır və bu səbəbdən də təqdirəlayiqdir.

(İ.Nyutonun "Optika" kitabından.)



Halley kometası. 20 mart 1986-cı il.

Mexanikanın problemlərinin yaratdığı mürəkkəb riyazi məsələləri həll etmək üçün Nyuton, onun müasirlərinə məlum olmayan (o, öz riyazi tədqiqatlarını çap etdirmirdi) və ilk dəfə özü tərəfindən elmə gətirilmiş riyazi üsullardan istifadə etmişdir. Lakin həlli artıq bildiyi üçün, Nyuton bu məsələnin həllini onun müasirləri üçün daha aydın formada, həndəsi dildə şərh etmişdir.

Bu gün aydındır ki, əgər "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" yazılmasaydı, bəşər tarixi başqa cür olardı. Buna baxmayaraq, müasirləri Nyutonu təkcə onun elmi nailiyyətlərinə görə qiymətləndirmirdilər.

SOSİAL İSLAHATÇI

İngiltərə kralı II Yakov Stüart (1685-1688-ci illər) ölkəni inqilabdan əvvəlki vəziyyətə gətirməyə çalışırdı. Xüsusilə o, katolik dinini bərpa etməyə çalışırdı. Lakin onun planları anqlikan dininə xidmət edən əhalinin əksəriyyətinin etirazına səbəb oldu. 1688-1689-cu illər çevrilişi zamanı kral taxtdan salındı və onun qızı II Mariya Stüart və onun əri III Vilhelm Oranski taxt-taca sahib oldular. Qansız baş verdiyi və dinc yolla həyata keçdiyi üçün bu çevrilişi tarixdə "şanlı inqilab" adlandırırlar. İnqilab ölkənin iqtisadi inkişafına marağı olan tacir



İ.Nyutonun E.Halleyə məktubu.



Volter. "Nyuton fizikasının elementləri" kitabı. Titul vərəqəsi. Amsterdam. 1738-ci il.

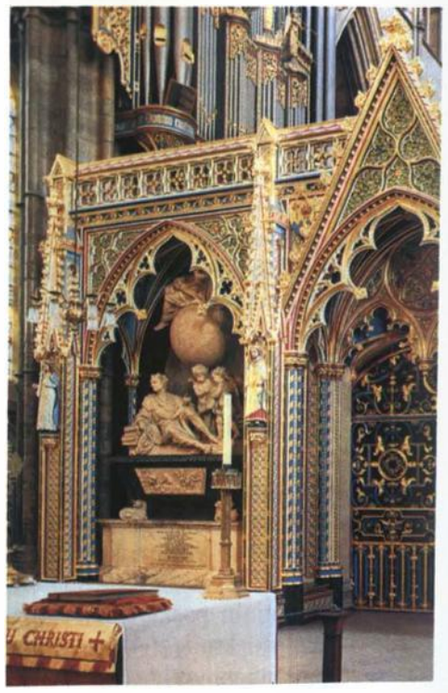
Anqlikançılıq – Böyük Britaniyada dövlət dini olmuş protestant cərəyanı. XVI əsrdə İngiltərə kralı VIII Henrixlə və Roma Papası arasında ixtilaf nəticəsində katolisizmdən ayrılmışdır.

və bankirlərin imtiyazlarını möhkəmləndirdi. İqtisadi inkişaf üçün pul islahatının aparılması zəruri idi.

1696-cı ildə Nyuton Kembrici tərk edir və Londona gəlir. O, yeni təyinat alır – əvvəlcə, Zərbxananın nəzarətçisi, sonra isə onun direktoru (1699-cu il) vəzifəsinə təyin edilir. Yenidən pul kəsilməsini həyata keçirmək üçün dahi alimin metallurgiya sahəsindəki biliyi kara gəldi. Əvvəllər hazırlanan sikkələr nə kənarlardan təraşlı, nə də ki düzgün formaya malik deyildi. Onların qıraqlarından qızılı kəsmək, sonra isə palçıqla çirkləndirmək çox asan idi. Belə əməliyyatlar İngiltərədə və digər ölkələrdə çoxdan məlum idi və "sikkələrin korlanması" adlandırılırdı. Buna görə ciddi cəzalar tətbiq olunurdu. Sikkələrin əksəriyyəti korlandığından ölkənin maliyyə sistemi bundan ziyan çəkirdi, çünki pul əsas vəzifəsini – mübadilə funksiyasını itirirdi. Köhnə pulları aradan götürməklə, xammal kimi metaldan istifadə edilməklə yeni pullar kəsildi.

Aparılan pul islahatları əhalini müflisləşdirdi. Köhnə xarab olmuş pulların yerinə yeni pullar dövriyyəyə buraxıldı. Pul mübadiləsi pulun çəkisinə görə aparılırdı, yəni nominalca insanlar daha az miqdarda pul almış olurdular. Belə ki, yeni düz çəkili sikkələr köhnə xarab olmuş sikkə ilə eyni dəyərə malik idi. Ölkədə nağd pulun həcmi azalmış, borclar və faizlər isə əvvəlki kimi qalmışdır. Daxili bazarda qiymətlər düşmüş, xarici bazarda isə əvvəlkitək dəyişməz qalmışdır. Ölkənin iqtisadi həyatı iflic vəziyyətinə düşürdü.

Nyuton Londona gəldiyi zaman İngiltərə məhz bu cür islahatın ərəfəsində idi. Birinci olaraq, Nyuton, öz mövqe və nüfuzu hesabına pulların çəkiyə deyil, nominala görə mübadiləsinə nail olur. Nəticədə, əvvəllər ödəmə qabiliyyəti olan sahibkarlar öz varını itirməmiş oldu. Nyutonun ikinci nailiyyəti ondan ibarət oldu ki, onun rəhbərliyi ilə heç bir texniki yenilik etmədən Zərbxananın istehsal gücü səkkiz dəfə artdı. Alim, sadəcə olaraq, ona qədər pis təşkil olunmuş istehsal prosesini yenidən qurdu. Ona qədər fəhlələr iş yerlərində kefli vəziyyətdə olur, bir-birilə dalaşır, gümüşü oğurlayır, qəlibi saxta pul kəsənlərə satırdılar.



▸ Nyutonun qəbrinin başdaşı.

NYUTONUN BAŞDAŞI YAZISI

Burada ser İsaak Nyuton uyuyur. O, ağlın ilahi qüvvəsi ilə ilk dəfə olaraq özünün riyazi metodu vasitəsilə planetlərin forma və hərəkətini, kometaların yolunu, okeanların qabarma və çəkilməsini izah etmişdir. O, işıq şüalarının fərqli olduğunu və bunun nəticəsi olaraq rənglərin müxtəlif xassələrini tədqiq edənlərdən biri olmuşdur. Ona qədər bu barədə heç kim güman belə etməmişdir. O, çalışqan, çox məharətli olmuş, təbiəti, keçmişi və Müqəddəs Kitabı düzgün şərh etməklə, öz fəlsəfəsi ilə hər şeyə qadir Yaradanın əzəmətini sübut etmiş, əxlaqı ilə tələb olunan Yevangelist sadəliyi yaymışdır. İnsanlar sevinsinlər ki, onların arasında bəşəriyyətin bəzəyi olan belə bir şəxs yaşamışdır.

Bunların olmaması üçün Nyuton güclü nəzarət və cəza sistemi tətbiq etdi. Zərbxananın nəzdində türmə və axtarış sistemi yaradıldı. İngiltərədə nəinki Skotlend-Yardda, hətta ondan kənarlarda da gizli agentlər peyda olmuşdur. Bu agentlər öz fəaliyyəti ilə ölkənin maliyyə sisteminə zərbə vuranları, xüsusilə də qəlp pul kəsənləri təqib edirdilər.

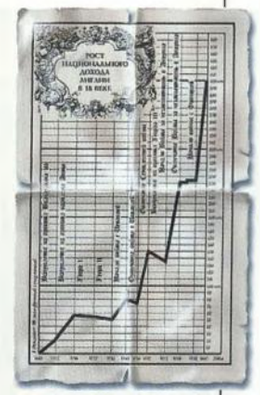
İslahatın aparılmasının maliyyələşməsi çətin problem olaraq qalırdı. Belə ki, nominal üzrə mübadilə zamanı, sikkələrin korlanması nəticəsində yaranmış inflyasiyanı aradan qaldırmaq lazım idi. Sikkələrdən kəsilmiş gümüşü hər hansı vasitə ilə ödəmək lazım idi. Nyuton tərəfindən irəli sürülən ideya XVII əsrdə əsil inqilabi ideya olsa da, XX əsrdə yaxşı məlum idi və tez-tez tətbiq olunurdu. Çatışmayan vəsaiti xaricdən almaq mümkün oldu, yəni vəsait borc şəklində xarici ölkələrdən, əsasən də, Niderlanddan alındı. Kifayət qədər yüksək olan faizlər yeni kreditorlar hesabına ödənilirdi.

XVIII əsrin ortalarında İngiltərənin dövlət borcu tarixində görünməmiş həcmə çatır, lakin maliyyə fəlakəti baş vermir. Bunda Nyutonun da müəyyən qədər xidməti olmuşdur. O, yeni və mühüm ideyaları özündə əks etdirən qanunların parlamentdə qəbul edilməsinə nail olmuşdur. Hökumət öz vətəndaşlarına məmnuniyyətlə kreditlər verirdi. Bu kreditlər o qədər ucuz idi ki, onu alan hər bir kəs öz şəxsi biznesini qura bilirdi. Aydındır ki, bu vəziyyət güclü rəqabətə gətirib çıxardı, nəticədə yeni yaranmış sahibkarlar müflisləşib dövlətə olan borcunu verə bilmirdilər. Buna baxmayaraq, bu siyasət özünü doğrultdu: ümumi milli məhsulun artım dərəcəsi xərcləri örtürdü və tezliklə, xəzinəyə edilən vergi ödəmələri, İngiltərənin əhalisinin Fransanın əhalisindən iki yarım dəfə az olmasına baxmayaraq, fransızlardakı qədər oldu.

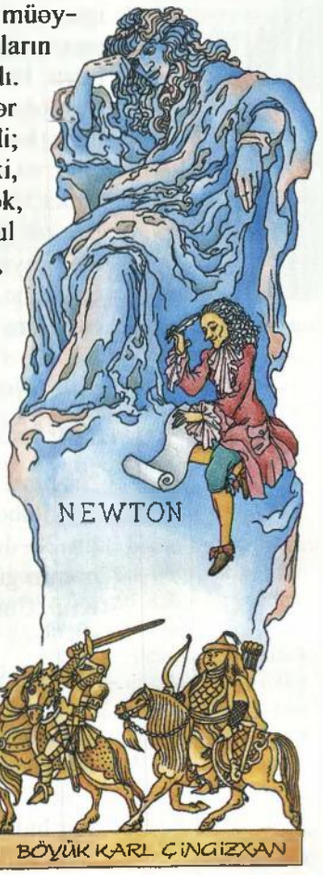
Proqnozlaşdırılması mümkün olmayan və ağır fəsadlarla nəticələnən sosial inqilabları törədən bir çox müasirlərindən və gələcək nəslin nümayəndələrindən fərqli olaraq Nyuton cəsarət tələb edən və bəzən də ağır fəsadlar törədən sosial islahatlar yolunu seçmişdir. XX əsrdə bu yolu Avstriya filosofu Karl Raymund Popper "sosial mühəndislik" adlandırmışdır.

Fizikanın tarixində Nyutonun rolu müstəsna dərəcədə böyükdür. İkiəsrlik elmi inqilab dövrü onun adı ilə tamamlanır. Nyutonun ən mühüm əsəri sonralar klassik elm adlandırılacaq yeni elmi praktikanın təməlini qoydu. Fizika ilə artıq təkcə monaxlar məşğul olmurdular. Fizikaya artıq müəyyən entuziastların və monaxların məşğuliyyəti kimi baxılmırdı. Onun əzəməti hamının və hər kəsin göz qabağında idi; insanlar başa düşürdülər ki, övladlarına fizikanı öyrətmək, fizikanı öyrədənlərə isə pul ödəmək lazımdır. Beləliklə, elm peşəyə çevrilirdi.

İsaak Nyutonun nəzəriyyəsi Yeni dövrün – aləmin mexaniki mənzərəsi dövrünün ilk elmi dünyagörüşünün əsasını təşkil etmişdir.



XVIII əsrdə Böyük Britaniyanın milli gəlirinin artım qrafiki.



"NATURAL FƏLSƏFƏNİN RİYAZİ ƏSASLARI"



Qrinviç rəsədxanasının direktoru Con Flemstid.



Kristofer Ren.

İsaak Nyutonun "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" əsəri bəşəri bilik xəzinəsinin ən mühüm incilərindən biridir. Bəzi alimlər əhəmiyyətinə görə onu hətta, Bibliyadan sonra ən mühüm kitab sayırlar. Məsələn, Cozef Lui Laqranj "Riyazi əsasları" "insan zəkasının yaratdığı ən böyük əsər" adlandırmışdır. Volter, adətən, ona xas olan istehza və kinayəni bir kənara qoyaraq, əsərin müəllifinə tərifli epitetlər söyləmişdir: "...İsaak Nyuton ən yüksəkdə durur... belə ki, əgər həmin ucalıq göylərin bəxşiş kimi sənə verdiyi güclü istedadı öz biliyini artırmağa və başqalarının maariflənməsi işinə sərf etməkdən ibarətdirsə, onda cənab Nyutona tay insan on əsrlər boyu bir dəfə təsadüf edilə bilər. O, doğrudan da, böyükdür, belə ki, hamı hər bir əsrdə yaşamış siyasətçilər və istilaçılar adi adlı-sanlı cinayətkarlardan başqa bir kəs deyildir. Biz zor gücünə qullar ordusu yaradan və dünyanı eybəcərləşdirənləri deyil, öz ağlına hakim kəsilərək Kainatı dərk edənlərə ehtiram bəsləyirik".

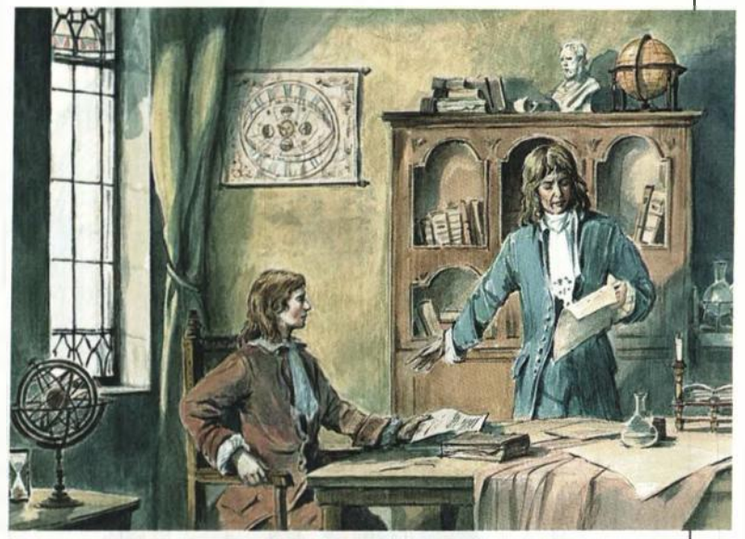
EDMUND HALLEY VƏ "ƏSASLAR"

"Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" adlı üç kitabdan birincisi 1686-cı il aprelin 28-də yazılıb qurtarmışdır və elə həmin gün Nyuton bu barədə London Kral Cəmiyyətinin iclasında məruzə ilə çıxış etmişdir. Onun bu əsəri və hansısa bir cənab Uilloubinin "Balıqların tarixi" adlı kitabı bəyənilir və Kral Cəmiyyətinin vəsaiti hesabına hər iki əsərin dərc olunması qərara alınır. Lakin təəssüflər olsun ki, bu niyyət, hər halda, "Riyazi əsaslar"a olan münasibətdə, maliyyə vəsaiti çatışmazlığı səbəbindən həyata keçirilə bilmir. Əgər Kral Cəmiyyətinin katibi Edmund Halleyin maliyyə köməyi olmasaydı, bu böyük əsərin çapı təxirə salınacaqdı.

Edmund Halleyin rolu təkcə bir maliyyə yardımı ilə bitmir. Hələ 1684-cü ildə Londonda onun təhrikilə "dördlərin yığıncağı" keçirilmişdir. Bu yığıncaqda Nyutonun daimi elmi opponenti olmuş Robert Huk, arxitektor (Londondakı Müqəddəs Pavel kilsəsinin memarı), riyaziyyatçı və astronom Kristofer Ren (1632–1723) və Edmund Halleyin özü iştirak etmişdir. Bu yığıncaqda alimlər, məsafənin kvadratının tərsi qanunu ilə mərkəzi cisim (Günəş) tərəfindən cəzb olunan digər cismin (planetlər) trayektoriyası haqqında müzakirə aparmışlar. Robert Huk bu məsələnin həllinin ona məlum olduğunu bildirsə də, çox təəssüf ki, bu həlli Edmund Halleyə təqdim edə bilməmişdir.



Edmund Halley.



Nyuton Halleyə öz əlyazmasını oxuyarkən.

Halley, İsaak Nyutona baş çəkəndə, onun sevincinin həddi-hüdudu yox idi, Nyuton məsələnin tam həllini bilirdi və sübut edərək göstərmişdir ki, planetlər elliptik orbitlər boyunca fırlanır və Günəş ellipsin fokuslarından birində yerləşir. Halleyin xahişi ilə Nyuton əvvəlcə "Cisimlərin orbit üzrə hərəkəti" adlı kiçik bir əsərini, daha sonra isə "Riyazi əsaslar"ın birinci kitabını bu məsələyə həsr etmişdir. Tezliklə o, ikinci və üçüncü kitabı da tamamlayır və 1687-ci ildə onun bu əsəri bütövlükdə çapdan çıxır. Halleyin xidmətlərini yüksək qiymətləndirən Nyuton "Riyazi əsaslar"ın birinci nəşrinin müqəddiməsində yazırdı: "Bu kitabın nəşrinə hazırcavab, elmin bütün sahələrindən xəbərdar olan Edmund Halley kömək etmişdir. O, mətbəə xətalarını təshih etməklə bərabər, şəkillərin hazırlanmasının qeydinə də qalmışdır. Şəxsən onun təkidi ilə mən əsərin nəşrinə başladım. Göy cisimlərinin orbitləri ilə bağlı məndən sübutlar aldıqdan sonra o, daim israr edirdi ki, mən bu haqda Kral Cəmiyyətinə bildirim və nəhayət, o özünün diqqət və qayğısı ilə əsərin çap olunmasına məni inandıra bildi".

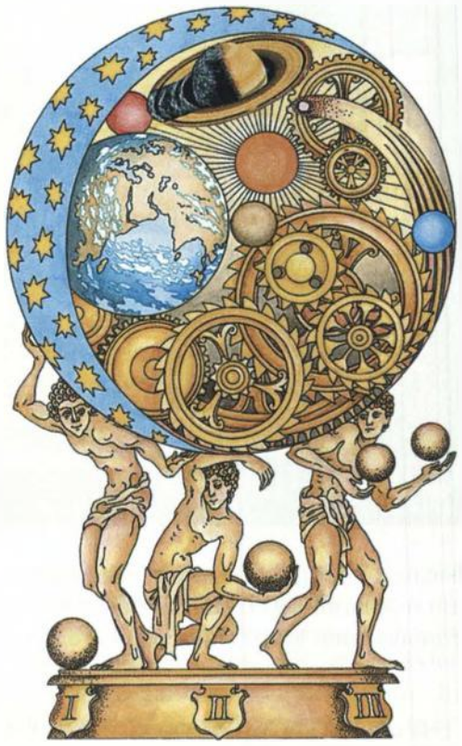
NYUTONUN "ƏSASLAR"I NƏLƏRDƏN İBARƏTDİR

"Riyazi əsaslar" yeni elmin əsaslarından ibarət əsərdir. Bu əsər müşahidə, eksperiment və riyazi hesablamaya əsaslanır və bununla da, sübutları alimin nüfuzu ilə bağlayan köhnə sxolastik elmdən köklü surətdə fərqlənir. "Riyazi əsaslar" əsərini yazarkən Nyuton, Qrinviç rəsədxanasının ilk direktoru olmuş Con Flemstidin müşahidə məlumatlarından istifadə etmişdir. Eksperimentator – Nyutonun məharət və bacarığı təcrübəyə müasir yanaşmanın əsaslarını təşkil edir: təbiəti dərk etmədə onun təklif etdiyi üsullar daha

NYUTON "RİYAZİ ƏSASLAR" HAQQINDA

...Bizim tərəfimizdən təqdim olunan bu əsər fizikanın riyazi əsaslarını təşkil edir. Göründüyü kimi, fizikanın problemi müəyyən hərəkət növünə görə qüvvəni təyin etmək, sonra isə bu qüvvəyə əsaslanaraq, digər hadisələri izah etməkdir. Bu məqsədlə birinci və ikinci kitabda şərh olunmuş ümumi hökmlər verilmişdir. Üçüncü kitabda maddi aləmin sistemini izah edərək, biz nümunələr gətiririk. Əvvəlki kitablarda isbat olunmuş hökmlərin köməyi ilə səma hadisələrindən – Günəş və digər planetlərlə cisimlər arasında cazibə qüvvəsi riyazi olaraq alınır. Sonra bu qüvvələrə görə və riyazi hökmlərin köməyi ilə planetlərin, kometaların, Ayın hərəkəti, dənizlərin qabarma və çəkilməsi izah olunur. Yaxşı olardı ki, mexanikanın əsasları vasitəsilə, bu cür mühakimə etməklə, digər təbiət hadisələrini də izah etmək mümkün olsun. Fərz olunur ki, bütün bu hadisələr müəyyən qüvvələrin təsiri ilə baş verir. Bu qüvvələrin təsiri vasitəsilə cismin hissəcikləri qeyri-müəyyən səbəblər nəticəsində ya bir-biri ilə ilişərək düzgün fiqurlar əmələ gətirir, ya da qarşılıqlı itələnərək bir-birindən uzaqlaşırlar. Belə ki, bu qüvvələrin təbiəti məlum olmadığından, təbiət hadisələrini filosoflar tərəfindən izah etmək cəhdləri indiyədək heç bir nəticə verməmişdir. Mən ümid edirəm ki, mühakimənin bu üsulu və ya daha doğru digər üsulu vasitəsilə burada şərh olunmuş əsaslar müəyyən aydınlıq gətirmiş olacaqdır.

(İ.Nyuton. "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları".)



da təkmilləşdirilməklə və tamamlanmaqla indi də tətbiq olunur. Riyazi hesablamalara gəldikdə isə, bu dahi əsərini yazarkən özünün yaratdığı (və ondan asılı olmayaraq Qotfrid Vilhelm Leybnislə bərabər) riyazi analiz metodlarına yiyələnməsinə baxmayaraq, Nyuton həm də özünü mahir həndəsəçi kimi də göstərmişdir.

Nyutonun bu kitabının sərlövhəsi, orada riyazi hesablamalardan əlavə, çox mühüm başqa bir cəhətin də əks olunduğunu göstərir: "Natural fəlsəfə"nin (fizikanın) əsaslarını şərh edən Nyuton, Evklidin "Başlanğıclar" əsərində təsbit edilmiş riyazi qaydalara əsaslanmışdır.

Baxmayaraq ki, fizika induktiv elmdir, yəni qanunauyğunluqların axtarışında olan fizik xüsusidən ümumiyə doğru hərəkət edir, "Riyazi əsaslar"da "naturfəlsəfə" deduktiv şəkildə – ümumidən xüsusiyə doğru şərh olunmuşdur.

Riyazi əsərlərə xas olaraq, Nyutonun "Əsaslar"ı təriflərlə (müəllifin fikrincə, bu tərifl ərdən birinin izahata ehtiyacı olduğundan o, xüsusi "Nəsihət" adlı bölmədə verilmişdir), aksiomlarla və ya hərəkət qanunları ilə başlanır. Bunlar fizikaya aid bütün məktəb dərsliklərində yer almış Nyutonun məşhur hərəkət qanunlarıdır.

Əgər birinci iki qanun bu və ya başqa şəkildə Nyutonun sələflərinin işlərində rast gəlinirsə də, üçüncü qanuna müəlliflərdən heç birində əvvəllər rast gəlinməmişdir. Öz ifadə tərzinə görə çox sadə olan Nyutonun bu üç qanunu nəinki Yerdə, hətta bütün Kainatda baş verən bir çox hadisələrə tətbiq oluna bilir. Nyuton tərəfindən kəşf edilmiş ümumdünya cazibə qanunu ilə birlikdə bu qanunlar, harada olmasından asılı olmayaraq, istənilən cismə tətbiq oluna bilir. Belə ki, qədim dövrlərdə maddi aləm iki yerə – ayaltı və ayüstü oblastlara bölündüyündən və hər oblastın öz qanunları olduğundan, Nyutonun universal qanunları, ən əvvəl, layiqincə qiymətləndirilməmişdir. Lakin elmi ictimaiyyət Nyutonun verdiyi dünyanın vahid mənzərəsini dərk etdikdə (özünün digər əsəri olan "Optika"da, alim bu barədə yazırdı: "Təbiət öz-özü ilə uzlaşan və öz-özünə oxşardır") bu

ÜÇ QANUN

I qanun. Əgər cismə öz halını dəyişməyə vadar edən qüvvə təsir etməzsə, o, sükunət halını və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət halını saxlayacaqdır.

II qanun. Hərəkət miqdarının dəyişməsi təsir edən qüvvə ilə düz mütənasibdir və qüvvənin təsir istiqamətində yönəlir.

III qanun. Təsir həmişə əks təsirə bərabərdir, başqa sözlə, qarşılıqlı təsirdə olan iki cisim bir-birlərinə qiymətcə bərabər, istiqamətcə əks olan qüvvələrlə təsir edir.

(İ.Nyuton. "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları".)

"FİZİKADA MÜHAKİMƏ QAYDALARI"

I qayda. *Həyatda hər hansı bir hadisəni izah etmək üçün doğru və kifayət olan səbəblərdən artıq səbəb axtarma.*

Bu haqda filosoflar iddia edirlər ki, təbiət heç nəyi əbəs yerə etmir. Az etmək lazım olan yerdə çox etmək əbəsdir. Təbiət bəsitdir və şeyləri artıq səbəblərlə yükləməklə israfçılıq etməyin.

II qayda. *Əgər mümkünsə, eyni növ təbiət hadisələri eyni səbəblərlə izah edilməlidir.*

Məsələn, insanların və heyvanların tənəffüsü, Avropada və Afrikada daşın müəyyən hündürlükdən düşməsi, Günəşin və mətbəx ocağının işığı, Yerdə və digər planetlərdə işığın əks olunması.

III qayda. *Üzərində təcrübə aparılan və nə artırılması, nə də azaldılması mümkün olmayan cisimlərin xassələri, ümumiyyətlə, bütün cisimlərə şamil edilməlidir.*

Cisimlərin xassələri yalnız təcrübə yolu ilə əldə edilməlidir; ona görə də, ümumi xassələr olaraq elə xassələr götürülməlidir ki, təcrübələr zamanı həmişə müşahidə olunsun və sayı azaldılmaqla aradan qaldırmaq mümkün olmasın. Aydındır ki, müəyyən təcrübələrə qarşı olaraq, özündən sərsəmləmələr uydurmaq lazım deyil, təbiətdə uyğunluqdan uzaqlaşmaq yolverilməzdir, belə ki, təbiət həmişə həm bəsitdir, həm də öz-özü ilə uzlaşandır.

IV qayda. *Təcrübi fizikada, baş vermiş hadisələrdən induktiv olaraq çıxarılmış hər hansı bir hökm, onu daha da dəqiqləşdirən və ya istisna edən hadisələr müşahidə olunmayana qədər ya dəqiq, ya da təxminən doğru nəticə kimi qəbul edilməlidir.*

İnduksiya nəticəsində əldə edilmiş sübutlar fərziyyələrlə əvəz olunmasın deyə bu cür hərəkət etmək lazımdır.

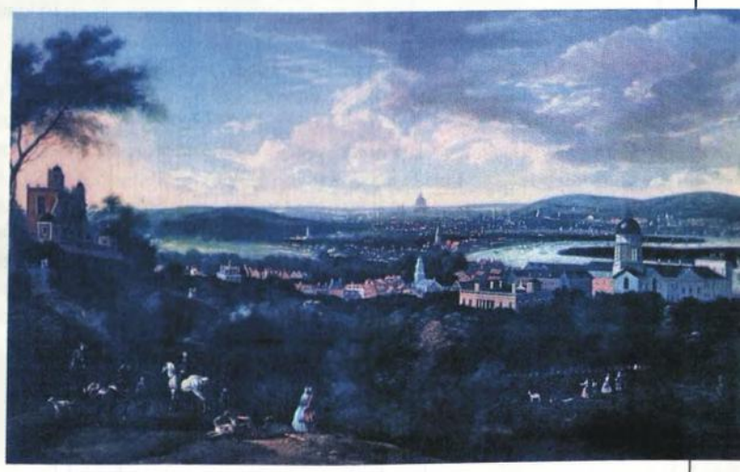
(İ.Nyuton. "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları".)



ideya müasir dünyagörüşün mühüm əsaslarından birinə çevrildi.

Üç sadə qanuna əsaslanaraq təşəkkül tapmış maddi aləm incəliklə düzəldilmiş dişli çarxlı saat mexanizminə oxşardır: bu aləmdə hər bir sonrakı hal özündən əvvəl gələn halla təyin olunur. Əgər Kainatda hər hansı fövqəltəbii məxluqa bütün zərrəciklərin cari vəziyyətləri və sürətləri məlum olarsa, onda o, nəinki gələcəkdə baş verəcək istənilən hadisəni qabaqcadan xəbər verə bilər, həm də keçmişi təfsilatı ilə təsvir edə bilər. Əgər insan bunu edə bilmirsə, buna səbəb onun bütün zərrəciklərin vəziyyəti və sürətlərini bilməməsi, başqa sözlə, informasiyanın tam olmamasıdır. Kvant mexanikası və qeyri-xətti dinamika yaranana qədər fiziklər məhz bu cür düşünürdülər: kvant mexanikası zərrəciklərin trayektoriyasını ehtimal bu-

Qrinviç rəsədxanasının görünüşü.



Afeli – Günəş ətrafında fırlanan göy cisimlərinin orbitinin Günəşdən ən uzaq nöqtəsi.

ludu ilə əvəz etdi, qeyri-xətti dinamika sayəsində müəyyən olundu ki, bir çox sistemin daxili dayanıqsızlığı üzündən özünü nə cür aparmasını təyin etmək mümkün deyildir. Amma işıq sürətindən çox-çox kiçik sürətlə hərəkət edən böyük (makroskopik) cisimlər üçün Nyuton mexanikası çox dəqiqlə ödənilir. Gündəlik həyatımızda bizim hamımız "nyutonçular"ıq.

Öz kitabının məqsədini Nyuton "cisimlərin həqiqi hərəkətini zahiriliyi, hərəkətlərin müxtəlifliyi, onların təzahürü və onları yaradan səbəbə görə tapılmasında və ya əksinə, həqiqi və ya zahiri hərəkətə görə onların yaranma səbəblərini tapmaqda görürdü. "Riyazi əsaslar"ın "Cisimlərin hərəkəti haqqında" adlı birinci kitabı 14 hissədən ibarətdir və oxucuları mərkəzi qüvvənin təsiri ilə cisimlərin hərəkəti məsələsinin və buna oxşar məsələlərin Nyuton tərəfindən tapılmış halları ilə tanış edir. Eyniadlı, yəni "Cisimlərin hərəkəti haqqında" adlı ikinci kitabı müqavimətə malik mühitdə cisimlərin hərəkəti məsələsinə həsr olunub və doqquz hissədən ibarətdir.

Nəhayət, "Riyazi əsaslar"ın üçüncü – "Dünyanın sistemləri haqqında"kı sonuncu kitabı göy cisimlərinin hərəkətinə Nyuton mexanikasının tətbiqindən bəhs edir. Bu kitab məşhur "Fizikada mühakimə qaydaları" ilə başlanıb, "Ümumi nəsihətlər"lə qurtarır. Burada İsaak Nyuton Günəş sisteminin quruluşu və cazibənin təbiəti haqqında öz fikirlərini şərh edir: "Altı əsas planet Günəşin ətrafında eyni istiqamətdə, təxminən eyni bir müstəvidə, mərkəzi Günəş olmaqla, təxminən çevrə boyunca hərəkət edir. Yer, Yupiter və Saturn ətrafında on dənə "Ay" (peyk) konsentrik çevrələr boyunca, eyni istiqamətdə, təxminən planetlərin orbit müstəvisində fırlanır...

Günəş, planetlər və kometaların belə sistemi fövqəltəbii və aqil bir varlığın hökmü və arzusu olmadan yarana bilməz. Əgər tərpənməz ulduzlar bu cür sistemlərin mərkəzi olarsa, onda eyni bir istəklə qurulmuş bütün bunlar yeganə bir Varlığın hökmünə tabedir: xüsusilə nəzərə alsaq ki, tərpənməz ulduzlardan və Günəşdən gələn işıq eyni təbiətə malikdir, bütün sistemlər bir-birinə işıq şüalandırır, tərpənməz ulduzlar sistemi öz cazibələri hesabına bir-birinin üzərinə düşməsin deyə, Tanrı onları bir-birindən çox böyük məsafələrdə yerləşdirmişdir. O, hamını cahanın qəlbi kimi deyil, Kainatın hakimi kimi idarə edir və bu hökmranlığına görə o, hər şeyə qadir Allah kimi adlandırılmalıdır.

CAZİBƏ VƏ EFİR

Nyuton cazibənin təbiətinin onun üçün naməlum qaldığını qeyd edərək vurğulayırdı ki, o, cazibənin necə təsir etdiyini bilsə də, nə üçün belə təsir etdiyinə cavab tapa bilmir.

Nyuton yazırdı: "Bu vaxtadək mən səma hadisələrini və dənizlərin qabarma və çəkilməsini cazibə qüvvələrinə əsaslanaraq izah etmişəm. Lakin cazibənin səbəbini göstərməmişəm. Bu qüvvə müəyyən bir səbəbdən yaranaraq, öz qabiliyyətini zəiflətmədən Günəşin və planetlərin mərkəzinə qədər nüfuz edir və zərrəciyin səthinin qiymətilə yox (adətən mexaniki səbəblər üçün belə olur), bərk maddənin miqdarı ilə mütənasib olaraq təsir edir. Həm də onun təsiri çox böyük məsafələrə qədər yayılaraq məsafənin kvadratı ilə mütənasib olaraq azalır. Günəşin cazibəsi onun ayrı-ayrı hissələrinin cazibəsi hesabına yaranır və Günəşdən uzaqlaşdıqca, hətta Saturnun orbitinədək, bu cazibə məsafənin kvadratı ilə mütənasib olaraq azalır.

Bu isə planetlərin afelilərindən və hətta kometaların sükunətdə olan afelilərindən nəticə kimi alınır. Cazibənin bu xüsusiyyətini mən indiyə qədər hadisələrdən nəticə kimi çıxara bilməmişəm, hipotezlər isə, uydurmağa lüzum görmürəm. Hər halda, hadisələrdən nəticə kimi alınmayan hər hansı bir ideya hipotez adlandırıl-

ROCER KOTS NYUTONUN METODU HAQQINDA

Fizikanı şərh etmək istəyənləri, ümumiyyətlə, üç kateqoriyaya ayırmaq olar. Ən əvvəl, müxtəlif növ əşyalara xüsusi gizli xassələr şamil edənlər seçilirlər. Onların fikrincə, müxtəlif növ cisimlər arasındakı qarşılıqlı təsirlərin mahiyyəti və nə üçün baş verməsi məlum deyildir. Başlanğıcını Aristoteldən və peripatetiklərdən [Aristotel fəlsəfəsinin tərəfdarları] götürən skolastik təlimin mahiyyəti bundan ibarətdir. Onlar iddia edirdilər ki, cisimlər arasındakı ayrı-ayrı təsirlər onların öz təbiətinin xüsusiyyətlərindən irəli gəlir. Bu xüsusiyyətlərin nələrdən ibarət olduğunu onlar açıqlaya bilmirdilər. Buna görə də, onlar mahiyyətcə yenilik gətirməmişlər. Beləliklə, onları şeylərin mahiyyətini aydınlaşdırmaq deyil, ayrı-ayrı şeylərin adlandırılması maraqlandırmışdır, başqa sözlə, bu filosoflar fəlsəfəni deyil, fəlsəfi dili yaratmışlar.

Digərləri (Dekartın davamçıları nəzərdə tutulur) boş yığın sözlərdən yaxa qurtararaq, öz fəaliyyətləri ilə daha çox fayda verməyi əsas tuturdular. Onlar iddia edirdilər ki, Kainatda olan bütün maddələr bircinsdir, cisimlərin növ müxtəlifliyi, bu cisimləri təşkil edən zərrəciklərin bəzi sadə və anlaşılan xassələrinin nəticəsidir. Onların fikrincə, sadədən mürəkkəbə doğru bu cür yanaşma tərzi o zaman doğru olardı ki, ilkin zərrəciklər bu və ya başqa xassələrə deyil, təbiətin bəxş etdiyi xassələrə malik olsunlar. Lakin onlar özlərindən qeyri-müəyyən vəziyyətə və hərəkətə malik müxtəlif növdə və sayda zərrəciklər uydurur, cisimlərin məsamələrindən sərbəst keçən, müəyyən incəliyə və gizli hərəkətə malik müxtəlif növ qeyri-real mayelər icad edirdilər.

Beləliklə, onlar, dəqiq müşahidələr aparmaqla yoxlanılması mümkün olduğu halda, yalançı fərziyyələrlə araşdırılması mümkün olmayan şeylərin mahiyyətini nəzərə almadan fantaziyalara qapılırdılar. Hətta, əgər onlar, mexanikanın qanunlarına dəqiq əməl etsələr belə, öz mühakimələrinin əsasını hipotezlərdən götürdükləri üçün onların yaratdıqları, çox gözəl və qəşəng nağıldan başqa bir şey deyildir.

Qalır üçüncü kateqoriya – bunlar eksperimental fəlsəfənin (yəni təbiət hadisələrinin tədqiqində eksperimental metod) davamçılarıdır. Onlar da sadə başlanğıclardan mümkün olan səbəbləri almağa çalışırlar. Lakin onlar baş vermiş hadisələr tərəfindən izah olunursa, başlanğıc kimi heç nəyi götürmürlər. Onlar, doğruluğu tədqiqatlar vasitəsi ilə yoxlanılması vacib olan fərziyyələri fizikaya daxil etmir, özlərindən hipotezlər uydurmurlar... Bu təbiəti tədqiq etməyin ən yaxşı üsuludur və bizim məşhur müəllif (yəni Nyuton) tərəfindən istifadə olunmuşdur.

(İ.Nyutonun "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" kitabının ikinci nəşrinə naşir tərəfindən yazılmış müqəddimə.)

GÖZLƏNİLMƏZ TAPINTI

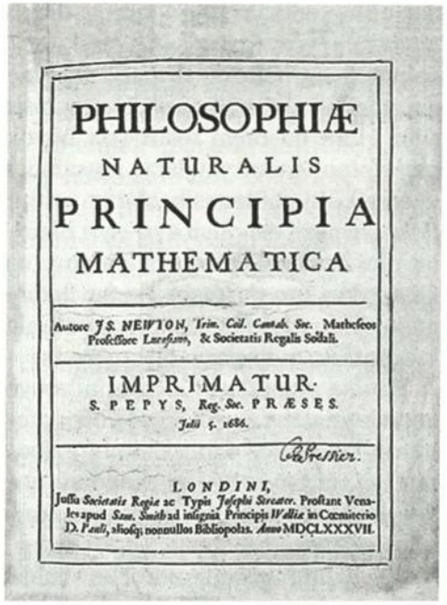
"Riyazi əsaslar"ın nüsxələri Rusiyaya hələ XVII əsrin sonu – XVIII əsrin əvvəllərində gəlib çıxmışdır. Bu kitablar M.V.Lomonosov, L.Eyler və başqa rus akademiklərinin kitabxanalarında saxlanılırdı. Lakin rəsmi məlumatlara görə Rusiyada böyük kitab kolleksiyalarında "Riyazi əsaslar"ın birinci nəşrinin bir dənə də olsun nüsxəsinə rast gəlinməmişdir. Bu nəşrin bizə məlum olan birinci nüsxəsi 1943-cü ildə London Kral Cəmiyyəti tərəfindən SSRİ Elmlər Akademiyasına hədiyyə edilmişdir; bu vaxt Kazanda təxliyyədə olan akademiya təntənəli şəkildə İsaak Nyutonun anadan olmasının 300 illiyini qeyd edirdi.

Elm tarixçisi V.S.Kirsanov Moskva Dövlət Universitetinin kitabxana fondunda təsadüfən birinci nəşrin başqa nüsxəsini tapdıqda, bu onu heyrətləndirmişdir! Araşdırmalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu nüsxə 1697-1698-ci illərdə Böyük elçilik zamanı I Pyotrun saray həkimi Robert Erskin tərəfindən alınmış böyük kitabxananın tərkibində Rusiyaya gəlib çıxmışdır.

Sonralar bu kitab Peterburq Elmlər Akademiyasının kitabxana fonduna daxil edilmişdir. Lakin, səhv olaraq, Nyutonun əsəri fəlsəfə üzrə traktat kimi qeydə alınmışdır. 1812-ci ildə yanğından sonra bu əsər Moskva universitetinin kitabxanasına verilmişdir.

Həmçinin məlum olmuşdur ki, Kirsanov tərəfindən tapılmış "Riyazi əsaslar"ın nüsxəsində Nyutonun dostu Devid Qreqorinin qeydləri də olmuşdur və çoxdan elm tarixçiləri tərəfindən axtarılırdı.

"Natural fəlsəfənin riyazi əsasları". London. 1687-ci il.


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA

Autore J.S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostant Venales apud Sam. Smith ad insignia Principis Walliæ in Coemeterio D. Pauli, aliosq; nonnullos Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

malıdır. Metafiziki, fiziki, mexaniki və gizli xassələrə malik hipotezlərə isə eksperimental fizikada yer yoxdur.

Bu fəlsəfədə hökmlər hadisələrdən nəticə kimi çıxarılır və induksiyanın köməyilə ilə ümumiləşdirilir. Nüfuzetmə qabiliyyəti, hərəkətlilik və cisimlərin təsiri, hərəkət və cazibə qanunları məhz bu cür öyrənilmişdir.

Kifayətdir ki, cazibə qüvvəsi həqiqətən mövcuddur və təklif etdiyim qanunlara uyğun təsir edir və göy cisimlərinin və dənizlərin bütün hərəkətlərini izah etmək üçün kifayətdir".

Nyutonun üçüncü kitabını onun efir – bütün fəzanı dolduran hipotetik incə materiya haqqındakı mühakimələri yekunlaşdırır: "İndi də bütün bütöv cisimlərə və onların tərkib hissələrinə nüfuz edən incə materiya olan efir haqqında nə isə söyləmək lazım gəlir. Onun təsiri ilə cisimlərin zərrəcikləri bir-birini çox qısa məsafələrdə cəzb edir, toxunduqda isə bağlanır. Elektriklənmiş cisimlər isə kiçik cisimləri gah özündən itələyərək, gah da özünə cəzb edərək, böyük məsafələrə qədər təsir edir, işıq yayılır, əks olunur, sınır, öz yolundan kənara çıxır və cisimləri qızdırır, həmin bu efirin rəqsləri vasitəsi ilə hissiyyat orqanlarından beyinə və beyindən əzələlərə ötürülən müxtəlif duyğu hisslərimiz həyəcanlanır və bunun sayəsində hər hansı bir hissiyyatımız oyanır və canlıların müəyyən üzvləri öz iradəsinə uyğun olaraq hərəkət edir. Lakin bu qısaca şərh oluna bilməz. Həm də efirin təsir qanunlarını təyin etmək və göstərmək üçün kifayət qədər təcrübələr də yoxdur".


Triniti-kollec. Kembric. İngiltərə.

***

İsaak Nyutonun sağlığında "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" əsəri üç dəfə – 1683, 1713 və 1725-ci illərdə nəşr olunmuşdur: 1727-ci ildə o dövrün elmi ünsiyyət dili olan latın dilində yazılmış bu əsərin originalı ingilis dilinə tərcümə olundu.

Nyutonun yaşayıb-yaratdığı dövrdən bizi üçəsrlik bir dövr ayırır. Onun möhtəşəm və çoxsahəli elmi irsində "Riyazi əsaslar" ən şərəfli yer tutur. Alimlərin yeni nəsli "Əsaslar" əsərini dərin hörmət və ehtiramla oxuyur. Bu əsərdə Nyuton bəşəriyyətə təbii elmi tədqiqatların metodunu vəsiyyət etmiş, əsas problemləri göstərmiş və maddi aləmin vahid mükəmməl mənzərəsini vermişdir.

Fizikanın sonrakı inkişafı, nisbilik nəzəriyyəsinin və kvant mexanikasının təşəkkülü Nyuton mexanikasını dəqiqləşdirərək, onun sərhədlərini daha da genişləndirmiş, amma onun əsas məzmununu inkar etməmişdir. Zamanın sınağından keçən bu kitab indi də bugünkü təbiətşünaslığı və maddi aləmin müasir mənzərəsinin əsasını təşkil edir.

CEYMS KLARK MAKSVELL

Ceyms Klark Maksvell Maykl Faradeyin elektromaqnit induksiyası hadisəsini kəşf etdiyi ildə anadan olmuşdur. Sonralar o, elektromaqnit hadisələrini, indi onun adını daşıyan tənliklərlə təsvir etmişdir. Lüdviq Bolsman, hətta öz mühazirələrinin müqəddiməsində bu tənliklər barədə İohann Şillerə istinad edərək epiqraf vermişdir: "Bu yazıları Allahmı yazmışdır?" Özünün qısa ömründə məşğul olduğu fizikanın bütün sahələrində: elastiklik nəzəriyyəsi, statistik mexanika, qazların kinetik nəzəriyyəsi, ən əsas da elektromaqnit sahə nəzəriyyəsi və s. Maksvell dərin iz buraxmışdır.

ƏCDADLARI BARƏDƏ

Edinburq (Şotlandiya) şəhərinin Hindistan küçəsi 14 nömrəli evin fasadında kiçik bir xatirə lövhəsi asılmışdır:

"Ceyms Klark Maksvell
Təbiətşünas
burada 1831-ci il
iyunun 13-də
anadan olmuşdur".

Klark-Maksvell – bu ikili familiya, qədim şotland ənənəsinə uyğun olaraq yaranmışdır. Böyük fizikin gələcək atası Con Klarka əmisinin vəfatından sonra Cənubi Şotlandiyada Middlbi malikanəsi miras qalır. Klarklara qədər bu malikanənin sahibləri Maksvellər olmuşdur və Con, varis kimi, bu malikanəyə sahib olduqdan sonra, şotland ənənəsinə sadiq qalaraq öz familiyasına əvvəlki sahiblərin familiyasını da əlavə edir. Maksvellin bioqraflarından birinin qeyd etdiyi kimi, əgər bu malikanə olmasaydı, "biz Ceyms Klark adlı şəxs barəsində yazardıq və bütün dünyada məşhur olan "Maksvell tənliklər"i əvəzinə, "Klark tənliklər"i deyərdik".

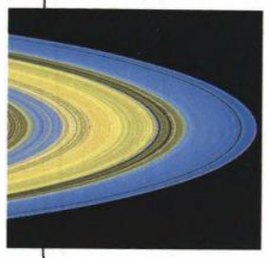
Middlbi malikanəsində Ceyms öz uşaqlığının əksər hissəsini keçirmişdir. Onun üç yaşı belə olmadıqda anasının qohumlarından birinə yazdığı məktub indiyədək saxlanılmışdır: "Bu uşaq çox xoşbəxtdir... O, qapılar, qıfıllar, açarlar və s. bu kimi şeylərlə maraqlanır, ən çox sevdiyi söz, "Göstər mənə, bunu necə edirlər?" cümləsidir. O, zənglərin məftillərinin gizli yollarını nohurdan, bənddən keçməklə Urra çayına qədər uzanan kanalın yolunu öyrənir..."

Yaxınlarının söylədiyinə görə, Ceyms uşaq olarkən ətrafdakılarına xitabən ən çox: "Bu nə cür baş verir?" sualını verərmiş. Cavab onu qane etmədikdə isə, o, israrla "Bunun mahiyyəti nədən ibarətdir?" sualı ilə müraciət edərmiş.


Ceyms Klark Maksvell.


V.Days. C.Maksvellin anası ilə portreti. Fraqment.

Oval əyrilər – ellipsin ümumiləşməsini ifadə edir. Ellips isə fokuslar adlanan iki nöqtəsindən məsafələrinin cəmi sabit olan nöqtələrdən ibarət əyridir. Maksvell fokusların birindən olan məsafə ilə digər fokusdan olan məsafənin üç mislinin cəmi sabit olan nöqtələrdən ibarət əyriyə aid məsələni həll etmişdir.



Saturnun halqası. Şəkil "Voyacer" kosmik aparatı vasitəsilə çəkilmişdir. ABŞ. 1981-ci il.

ELMDƏ İLK ADDIMLAR

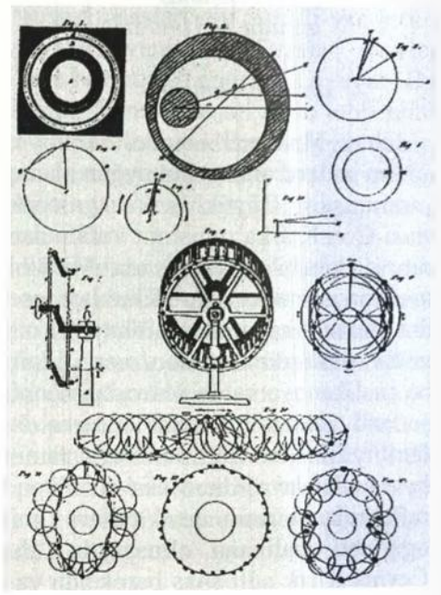
Maksvellin on yaşı olduqda, atası onu oxumaq üçün Edinburq akademiyasına göndərir. O, burada altı il – universitetə daxil olanadək oxuyur. Akademiyada səylə oxuyan Maksvell xüsusi qabiliyyət göstərməsə də, müəllimlərin məzəmmətini də qazanmamışdır. Bu illər ərzində onun həyatında ən əlamətdar hadisə bir məktəbdə oxuduğu, sonralar ikicildlik "Natural fəlsəfəyə dair traktat" adlı əsərin (Uilyam Tomsonla birgə) müəllifi olmuş Piter Qutri Teytlə tanışlığı olmuşdur. Akademiyada təhsil aldıqları illərdə yaranmış dostluq əlaqələri və sonrakı elmi maraqlar onların ömürlərinin sonunadək davam etmişdir.

14 yaşında Maksvell oval əyrilərinin həndəsəsinə aid özünün ilk elmi əsərini yazır. Əsərin qısa xülasəsi 1846-cı ildə "Edinburq Kral Cəmiyyətinin əsərləri"ndə çapdan çıxır. Gənc müəllifin bu əsəri tam şəkildə bu nüfuzlu cəmiyyətin iclaslarının birində professor Forbs tərəfindən təqdim olunur: o dövrdə yeniyetmənin adlı-sanlı alimlər qarşısında çıxış etməsi nəzakətsizlik sayılırdı.

1847-ci ildə Maksvell Edinburq universitetinə daxil olur və burada riyaziyyatı dərindən öyrənməyə başlayır. Ənənəyə uyğun olaraq əsas fənlər olan fizika, kimya ilə yanaşı, universitetin tələbləri məcburi olaraq, bilavasitə seçdikləri ixtisasa dəxli olmayan "kənar fənlər"i də öyrənməli idilər. Təbiətşünaslıq sahəsində oxuyan gələcəyin mütəxəssisləri arasında fəlsəfə daha çox dəbdə idi. Maksvellin bioqraflarının qeyd etdiyi kimi, "fəlsəfə üzrə mühazirələr onu çox maraqlandırırdı... Onun on altı yaşı olmasına baxmayaraq, məntiq kursunu keçərkən, o, böyük əmək sərf etməklə bu fənni dərindən öyrənirdi... metafizika kursundan isə onda bir çox stabil anlayışlar formalaşmışdır. Onun sərhədi bilinməyən maraq dairəsi bitib-tükənməyən erudisiyası üçün mənbə idi..."

Bu müddətdə istedadlı tələbənin daha iki əsəri "Edinburq Kral Cəmiyyətinin əsərləri"ndə çapdan çıxır. Məqalənin birini (yellənmə əyrisi barədə) cəmiyyət üzvlərinə professor Kelland, o birini isə (bərk cisimlərin elastiklik xassələri haqqında) ilk dəfə olaraq müəllifin özü təqdim edir.

1850-ci ildə Ceyms Maksvell məşhur Piterhausda Kembric universitetinin Müqəddəs Pyotr kollecində, sonra isə Müqəddəs Üçlük – Triniti-kollecində təhsilini davam etdirir. Riyazi hazırlığa olan tələbat Kembric universitetində Edinburq universietinə nisbətən daha yüksək idi. Yəqin elə buna görə də, bakalavr dərəcəsi almaq üçün riyaziyyatdan imtahan – "Kembric matematikal traypos" müsabiqəsində o, ikinci yerə layiq görülür. Keçmişdə imtahan götürən qaşqabaqlı halda üçayaqlı stulda əyləşərdi. "Traypos" (üçayaq) sözü məhz buradan götürülmüşdür. Birinci yeri tutan şəxsin adı Kembric universitetinin salnaməsinə daxil edilirdi.



▶ C.Maksvellin "Saturnun halqasının fırlanmasının dayanıqlığı haqqında" əsərindən götürülmüş şəkillər.

FİZİKA PROFESSORU

Tam təhsil alandan sonra Maksvell Kembric universitetinin Triniti-kollecinin üzvü seçilir və "don" (burada müəllim belə adlandırılırdı) vəzifəsinə layiq görülür. 1855-ci ildə isə o, Edinburq Kral Cəmiyyətinin tərkibinə daxil olur. Kollecdə tələbələr az olduğundan müəllimlərin elmi tədqiqatla, idmanla məşğul olmaq (məsələn, kriket oynamaq), mütaliə üçün kifayət qədər vaxtları olurdu. Kembricdə bir çox məşhur alimlər çalışırdı və hər axşam "hündür" (müəllim üçün) stol ətrafında edilən nahar, gözəl yeməklər və əla şərab maraqlı ünsiyyətin yaranmasına səbəb olurdu. Buna baxmayaraq, Maksvell tezliklə qonaqpərvər Kembrici tərk edir və doğma Şotlandiyaya qayıdır: professor Forbs ona xəbər verir ki, Aberdində Marişal kollecində fizika üzrə boş professor yeri var və Maksvellin bu yeri tutmaq üçün böyük şansı vardır. Maksvell bu təklifi qəbul edir və 1856-cı ilin aprelində (24 yaşında) yeni vəzifəni tutur. Təəssüf ki, onun atası oğlunun bu uğuruna sevinə bilmir: bu əlamətdar gündən bir neçə gün əvvəl o, dünyasını dəyişir.

Gənc professor Aberdində çox qalmır: 1860-cı ildə kollecin bir hissəsi Aberdin universitetinə birləşdirilir, nəticədə bəzi kafedralar ləğv edilir.

İxtisara düşən professorlar arasında Maksvell də var idi. Yerini itirdiyinə görə o, heç də təəssüflənmir. Hələ 1857-ci ilin dekabrında o, gələcək bioqrafı Lüis Kempbelə təbiət kafedralarını ləğv etmək istəyənlərin motivləri haqqında yazmışdı: "Onlar müəyyən qrup insanların maraqlarına xidmət edən, özlərinin istədiyi professorları görmək istəyirlər. Böyük kollecdə daha təhsilli, daha yüksək maaşlı müəllimlərə nisbətən bələlərini valideynlərin və yerli mətbuatın təsirinə tabe etdirmək daha asandır".

Elə həmin ildə, yəni 1860-cı ildə Maksvell London Kral Kollecindən dəvət alır və beş il orada professor vəzifəsində çalışır. O, yaxşı mühaziröçi deyildi, mühazirə oxumağı o qədər də sevmirdi. Ona görə də tədrisdə yaranan fasilələr onun üçün daha arzu edilən olurdu və o, bütün vaxtını nəzəri fizikanın müxtəlif sahələrinə aid maraqlı problemlərin həllinə sərf edirdi.

İngilis bir quru mili 1,609 km-ə bərabərdir.

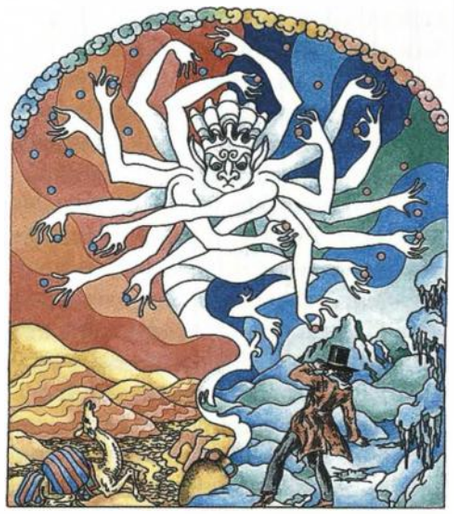
SATURNUN HALQASI VƏ DİGƏR BAŞQA MƏSƏLƏLƏR

Hələ Triniti-kollecinin tələbəsi olduğu vaxtlarda Maksvell bir çox tədqiqatçıların marağına səbəb olan və o dövrədək aktuallığını itirməyən problemin – Saturn halqasının quruluşu məsələsinin həlli ilə məşğul olmuşdur. Maksvellin 1859-cu ildə Kembric universitetində apardığı tədqiqatlarına həsr olunmuş monoqrafiyası çapdan çıxır. Məsələn, o müəyyən etmişdir ki, Saturnun halqaları nə maye, nə də sərt bərk cisim olmayıb, planet ətrafında fırlanan bərk daş parçalarının "sel"indən ibarətdir. 1857-ci il avqustun 28-də L. Kempbelə ünvanladığı məktubda o yazırdı: "Mən yenidən Saturnla məşğul oluram... Mən artıq bərk halqaya "zərbə endirmişəm, indi isə qəribə simvol və işarələr aləminə salınmış maye mühitə baş vuracağam. Tezliklə mən, Sevastopolun mühasirəsi zamanı [Maksvell burada Krım müharibəsini (1853-1856-cı illər) nəzərdə tutur] ətrafı bürümüş dumanlığı xatırladan, təsəvvür edin ki, tərəfləri 100 və 30000 mil olan düzbucaq formalı



C.Maksvell həyat yoldaşı ilə. 1875-ci il.

"Maksvell iblisi".



sahədə yerləşdirilmiş toplar "meşəsi" 170000 mil radiuslu dairədə dayanmadan mərmi yağdıran, dumanlığın dərinliyinə girəcəyəm".

Aberdin dövründə aldığı elmi nəticələr həm müxtəlifliyinə, həm miqdarına, həm də əhəmiyyətinə görə Maksvellin həyatında ən məhsuldar illər olmuşdur.

O, rəngli görmə problemi ilə məşğul olmağa başlayır və rənglərin qavranılmasına dair öz nəzəriyyəsini qurur. Bu nəzəriyyə ilə tanış olan məşhur alim, fizik və riyaziyyatçı Corc Qabriel Stoks (1819-1903) 7 noyabr 1857-ci il tarixli məktubunda ona yüksək qiymət verərək yazırdı: "Sizin aldığınız nəticələr üç əsas rəng duyğusu konsepsiyasının doğruluğunu sübut edən ən gözəl və ciddi nəzəriyyədir. Mənə məlum olan nəzəriyyələrdən Siz və yalnız Siz bu məsələnin kəmiyyətcə dəqiq şərhini vermisiniz".

Maksvell həm də elektromaqnit sahəsinin təsviri probleminin həllinə girişir. Sahə anlayışını elmə, kəşflərinə görə borclu olduğumuz dahi Maykl Faradey daxil etmişdir. Özbaşına öyrəndiyindən o, riyaziyyatı yaxşı bilmirdi, ona görə də xəyalında canlandırdığı qüvvə xətlərinin fəzada paylanma mənzərəsini riyazi düstur şəklində ifadə edə bilməzdi. 1857-ci il noyabrın 13-də Faradey öz gənc həmkarına (Maksvell Faradeydən 40 yaş cavan idi) yazmışdır: "Çox istərdim ki, Sizə bir sual verim. Tutaq ki, riyaziyyatçı müəyyən bir fiziki hadisənin tədqiqi ilə məşğul olur və müəyyən nəticələr əldə edir. Bu nəticələri riyazi formullara nisbətən daha tam, daha aydın və konkret, hamı üçün anlaşılan şəkildə ifadə etmək olmazmı? Əgər mümkündürsə, bizim üçün heroqliflər dilindən çevrilmiş bu ifadələrin alınması çox gərəklidir, onda biz bunlardan təcrübələrdə istifadə edə bilərik. Mən belə fikirləşirəm ki, bunu həyata keçirmək olar. Belə ki, Sizin mühakimə tərziniz təfsilatı ilə mənə aydın olmasa da, aldığınız nəticələrin ideyası mənə tamamilə aydındır".

Maksvell haqlı olaraq qazların kinetik nəzəriyyəsinin banilərindən biri sayılır. 1859-cu ildə o, Britaniya elmi həvəsləndirmə assosiasiyasına məqalə təqdim edir. Bu məqalədə o, nəzəri mülahizələr əsasında qaz molekullarının sürətlərə görə paylanma funksiyasını – məşhur Maksvell paylanmasını almışdır. Daha sonra (1866-cı il) o, molekulların düz və tərs toqquşmalarını təsvir edən ikinci paylanma funksiyasını alır. Maksvell paylanması çox mühüm nəticədir və buna görə də Maksvell statistik mexanikanın yaradıcılarından biri olan Lüdviq Bolsmanla bir səviyyədəki alim sayıla bilər. Bu paylanma konkret bir zərrəciyin fərdi hərəkətini deyil, çoxsaylı zərrəciklərin ("dəstə" və ya "ansambl") hərəkətini təsvir edən statistik qanunauyğunlara aid bir nümunədir. Qaz molekullarını sürətlərə görə qruplaşdırmaq qabiliyyətinə malik və "Maksvell iblisi" adını almış qeyri-maddi varlığın, yəni xəyali təcrübələrin köməyi ilə o, 1867-ci ildə termodinamikanın ikinci qanununun statistik təbiətə malik olduğunu göstərmişdir. Amerika mühəndisi və riyaziyyatçısı Klod Elvud Şennon (1916-2001) tərəfindən tam əsaslandırılmış "informasiya" məfhumunun yaranması ilə halhazırda "Maksvell iblisi" informasiya nəzəriyyəsinə aid kitabların daimi personajına çevrilmişdir.

HENRİ KAVENDİŞ

Elm tarixində qeyri-adi şəxsiyyətlərdən biri də Henri Kavendiş (1731-1810) olmuşdur. O, varlı aristokrat idi və onun hersoq Devonşirski ilə qohumluq əlaqəsi də var idi. Müasirləri onu "varlılar içərisində ən müdrik, müdriklər içərisində ən varlı" sayırdılar.

Onun anası ikinci oğlunu dünyaya gətirərkən vəfat etmişdir. Henrinin o vaxt iki yaşı var idi. 18 yaşında o, Kembric universitetinə daxil olur və alimlik dərəcəsi almadan universiteti tərk edir. Müəyyən müddətdən sonra gənc Henri atasının – lord Çarlzın, yanında yaşamağa başlayır. Çarlz çox savadlı adam idi və o dövr üçün dəbdə olan sahə – elektrik ilə maraqlanırdı. Məşhur amerikalı maarifçi, dövlət xadimi, təbiətşünas Bencamin Franklin ser Çarlz haqqında yazırdı: "Çox istərdim ki, bu cür hörmətli alim çox dəqiqliklə apardığı təcrübələr barədə daha çox məlumat versin".

Atasının nəinki maraqları, həm də elmi işlərinin nəşrinə olan təmkinli münasibəti irsən ser Henriyə də sirayət etmişdir. O, tərki-dünya həyat tərzi keçirərək, özünü büsbütün elmi tədqiqata həsr etmişdi. Kavendiş tərəfindən edilən elmi kəşflər o dövrdə elmi bir qədər qabaqlayırdı, lakin bu kəşflərin əksəriyyətindən elmi ictimaiyyət xəbərsiz idi. Belə ki, 1771-ci ildə Kavendiş müəyyən etmişdir ki, elektrik yükləri arasında yüklərin hasili ilə düz, aralarındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olan qüvvə təsir edir. Düz 14 il sonra fransız mühəndisi və fiziki Şarl Oqyusten Kulon (1736-1806) da həmin bu kəşfi etmişdir və bu qanun onun adını daşıyır. Hələ Faradeyə qədər Kavendiş mühitin kondensatorun tutumuna təsirini müəyyən etmiş və bəzi maddələrin dielektrik nüfuzluğunu ölçmüşdür. 1766-cı ildə hidrogen və karbon qazını almış və müəyyən etmişdir ki, hidrogen qazı havadan 11 dəfə (əslində isə 14,3 dəfə) kiçikdir. 1871-ci ildə o, havanın, 1784-cü ildə isə suyun tərkibini müəyyən etmişdir. 1785-ci ildə yazdığı məqalədə Kavendiş göstərmişdir ki, havanın 1/120 hissəsi heç nə ilə qarşılıqlı təsirə girmir. Beləliklə, o, havanın tərkibində təsirsiz qaz olan arqonun mövcudluğunu müəyyən etmişdir. Arqon isə XIX əsrin sonlarında ser Uilyam Ramsey tərəfindən kəşf edilmişdir.



Kembricdə Kavendiş laboratoriyası.

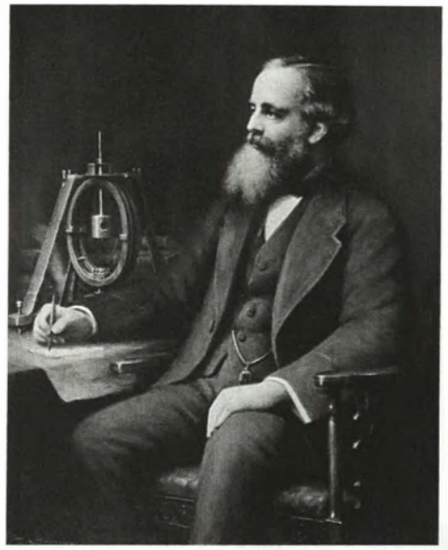
1798-ci ildə Kavendiş Nyutonun ümumdünya cazibə qanununu təsdiqləmiş, özünün və Con Miçelin ixtira etdikləri burulma tərəzisi vasitəsilə iki kürə arasındakı qravitasiya qüvvəsini ölçmüşdür. Tarixdə ilk dəfə olaraq o, qravitasiya sabitini, Yerin kütləsini və orta sıxlığını (növbəti daha dəqiq nəticələr 1837-ci ildə alınmışdır) təyin etmişdir.

1871-ci ildə Kavendişin gələcək nəsli öz dahi əcdadının xatirəsini əbədiləşdirmək məqsədi ilə Kembricdə (ser Henri Kembric universitetini bitirmişdir) onun adını daşıyan laboratoriya açmağı qərara alır. Bu laboratoriya ilk ingilis müstəqil fiziki tədqiqat və tədris mərkəzi olur. Onun direktoru Ceyms Klark Maksvell olmuşdur və onun təşəbbüsü ilə ser Henri Kavendişin əlyazmalarının ilk nəşri həyata keçirilmişdir. Onların qoyduqları bu ənənə onun məşhur sələfləri – Con Uilyam Reley, Cozef Con Tomson, Ernest Rezerford, Uilyam Lorens Breqq və başqaları tərəfindən davam etdirilərək daha da inkişaf etdirilmişdir. Kavendiş laboratoriyasının divarları arasında görkəmli fiziklər pleyadası yetişmişdir. Onların arasında rus akademiki Pyotr Leonidoviç Kapitsa da vardır.



Henri Kavendiş.

C.Klark Maksvell.



ELEKTRODİNAMİKA

Aberdində olduğu müddətdə Maksvellin etdiyi kəşflər nə qədər böyük olsa da, onun ən böyük nailiyyəti Londonda yaşadığı dövrdə (1860–1865-ci illər) qəti olaraq tamamladığı elektromaqnit sahə nəzəriyyəsidir.

Maksvell elektrodinamikasını hazır şəkildə əxz etmiş və Nyutonun dediyi kimi, "nəhənglərin çiynində" duran indiki nəslə görə, onun ikicildlik "Elektrik və maqnetizm haqqında traktat" (1873-cü il) əsərində verilmiş nəzəriyyəsinin müasirləri üçün nə qədər yeni olduğunu təsəvvür etmək çox çətindir. Nobel mükafatı laureatı Maks fon Laue "Fizika tarixi" əsərində Maksvellin "Traktat"ını inadla, lakin səmərəsiz olaraq təhlil etmək istəyən və nəticədə əsəb pozğunluğuna düçar olan bir alman fizik-professoru haqqında yazmışdır. Həkim həmin fizikə müvəqqəti olaraq fizika ilə məşğul olmamağı və mineral sularla müalicə olunmağı tövsiyə edir. Professorun yaxınları, nəyi isə yaddan çıxardıb-çıxarmadığını yoxlamaq məqsədi ilə onun yol çantasını açdıqda, ən üstdə Maksvellin "Traktat"ını aşkar etmişlər.

Əhəmiyyətinə görə "Traktat" Nyutonun "Əsaslar"ı ilə bir səviyyədə durur. Sadə və anlaşılan Maksvell tənlikləri elektromaqnit hadisələri ilə zəngin olan bir aləmi təsvir edir. Alim öz nəzəriyyəsinə "dəyişmə cərəyanı" və "elektromaqnit sahə"si kimi yeni anlayışlar daxil etmiş, elektromaqnit dalğalarının varlığını və onların işıq sürətilə yayıldığını qabaqcadan söyləmişdir. Bununla da o sübut etmişdir ki, işıq elektromaqnit dalğasının bir növüdür.

1910-cu ildə ingilis riyaziyyatçısı Henri Beytmen Maksvell tənliklərinə dəqiq riyazi məna verdi, Maksvell tənliyinin şəklini dəyişməz saxlayan çevirməni tapdı (bu çevirmə 15 parametrli konform qrup təşkil edir). Bu çevirmənin bir hissəsi (xətti) Lorens qrupunu təşkil edir (1904-cü ildə Hendrik Anton Lorens tərəfindən kəşf edilmiş və onun şərəfinə adlandırılmışdır). Sonralar alman fiziki German Minkovskinin göstərdiyi kimi, Lorens qrupu dördölçülü fəza-zamanda bütün mümkün olan fırlanmaların yığımıdır. Buradan isə nəticə olaraq çıxır ki, Maksvell tənliklərində Albert Eynşteynin sonralar verdiyi nisbilik nəzəriyyəsi gizli şəkildə ehtiva olunur.

***

1879-cu ildə Maksvellin səhhəti kəskin pisləşir. O bilirdi ki, onun yaşında anası da bu xəstəliyə düçar olmuş və vəfat etmişdir. Diaqnoz heç bir ümid yeri qoymadı – o, xərçəng idi. Onun həkimi olmuş Paqet xatırlayaraq yazırdı: "Ölümlə üzbəüz olduğu müddətdə, o, əvvəllərdə olduğu kimi görünməyə çalışırdı. Ruh sakitliyi onu heç vaxt tərk etmirdi. Kembricdən qayıtdıqdan bir neçə gün sonra onun əzabları daha da artmışdır... Lakin

o heç zaman şikayətlənməzdi... Hətta ölümünün yaxınlaşdığı anlarda belə o, soyuqqanlılığını itirmirdi... Ölümünə bir neçə gün qalmış o, məndən neçə günlük ömrü qaldığını soruşdu. Görünür o, son illər səhhəti pisləşmiş həyat yoldaşından nigaran idi. Son nəfəsinədək o, aydın zəkaya malik idi... Mənim çoxsaylı pasiyentlərimdən heç kim özünün ölümə məhkum olduğunu bu qədər ayıq, öz ölümünü bu qədər sakit qarşılamamışdır. 5 noyabr (1879-cu il) o, gözlərini əbədi yumdu".

Maksvelli tanımaq şərəfinə nail olan hər bir kəs, onu parlaq zəkaya malik olmaqla bərabər, yüksək insani keyfiyyətlərə sahib bir şəxs kimi xatırlayırdı. Elmdə və həyatda o həqiqi centlmen olmuşdur.

ALBERT EYNŞTEYN

Albert Eynşteyn 1879-cu il martın 14-də Ulm (Almaniya) şəhərində anadan olmuşdur. Onun Ceyms Klark Maksvellin vəfat etdiyi ildə anadan olmasında nə isə bir simvolika var idi, belə ki, Nyuton da Qalileyin vəfat etdiyi ildə doğulmuşdur.

Eynşteyn öz atasını "son dərəcə xeyirxah, həlim və müdrik adam" kimi xatırlayırdı. Atasının yumşaqlığının mənfi cəhəti də var idi: o, ən ağlagəlməz layihələrə qoşulur və nəticədə müvəffəqiyyətsizliyə düçar olurdu. Anası isə əksinə, iradəli və güclü qadın idi və şübhəsiz, evdə onun "sözü daha keçərli" idi. Onda öz hisslərini aşkar ifadə etmək vərdişi yox idi və o, oğlunda atasına nisbətən daha güclü iradə formalaşdırmağa çalışırdı.



Albert qaradinməz, dalğın və xəyalpərvər uşaq kimi böyüyürdü. O, səsküylü oyunları sevməzdi, lakin əvəzində beş yaşından anasının royalda Bethovenin musiqisini necə çalmasına dalğın halda qulaq asardı. Tezliklə o, gələcək həyatının atributu olan skripkada çalmağı öyrənir. Uşaqlıqdan Eynşteynin ən sevimli bəstəkarı Motsart olmuşdur. Motsart onun üçün dünyanın harmoniyasına nüfuzetmənin simvoluna çevrilmişdir.

Onda kim deyə bilərdi ki, çox gec danışmağa başlayan balaca Albert gələcəkdə təbiətşünaslıq sahəsində böyük islahatlar edəcəkdir?

"Ruhdan düşmə, Albert! – yüksək təhsilli mühəndis olan onun sevimli dayısı (ya əmisi) Yakob uşaqda riyazi qabiliyyəti oyatmaq üçün onu ruhlandırardı. – Hamı professor olmur axı!"



German Eynşteyn.



Polina Eynşteyn.

GƏNC AZADFİKİRLİ

9 yaşında Eynşteyni katolik ibtidai məktəbə qoyurlar. Onun ailəsi 1880-ci ildə Münxenə köçür və o, 12 yaşında Münxendəki Luitpold gimnaziyasına

Sürix politexnikumunda fizikadan praktikum fənnini tədris edən professor Perne gənc Albert Eynşteynin bacarığına şübhə ilə yanaşaraq, ona fizika əvəzinə tibb, hüquq və ya filologiya ilə məşğul olmağı tövsiyə etmişdir.

daxil olur. Məktəbdə hökm sürən kazarma intizamı onda nifrət yaratmışdır. Burada mənasını anlamadan yunan, latın dillərini və qrammatikanı əzbərləmək tələb olunurdu.

Bismark Almaniyasında məktəblərdə azadfikirlilik qadağan idi. Albert tezliklə başa düşür ki, "məktəbin köməyilə uşaqların beyninə zorla dini ehkamları yeritməklə bilərəkdən gəncləri aldadırlar".

Lakin təsir əks təsirə bərabərdir. Bu cür kortəbii tərbiyəyə cavab olaraq, onda azadfikirlilik formalaşır.

Albertin əlinə, gimnaziyada qadağan edilmiş, alman həkimi təbiətşünası və filosofu Lüdviq Bühnerin "Qüvvə və materiya" kitabı keçir. Bu kitabda dünyanı Yaradan – Tanrı haqqında deyil, Kainatda daim mexaniki dövrana səbəb olan stabil və aşkar təbiət qanunları barəsində danışılırdı. Sonralar Eynşteyn bu haqda yazırdı: "Təəssürat çox böyük idi". O, Aaron Bernşteynin müxtəlif elmlərə aid rəsmli, sadə dildə yazılmış kitablarını da oxuyurdu. Albert üçün "bu kitablar əsil kəşf idi. O, bu kitabları adi uşaqlar hindular barəsində yazılmış kitabları necə həvəslə oxuyurdularsa, o cür acgözlüklə oxuyurdu". 12 yaşında olan gənc Eynşteyni Evklidin "həndəsəyə aid müqəddəs kitabı" olan "Başlanğıclar"ı sarsıtdı. Bu kitab ona doğru mühakimənin bütün gücünü göstərmiş oldu.



A.Eynşteyn – Sürix Politexnikumunun tələbəsi.

Mütaliənin nəticəsi "...onda fantastik dərəcədə azadfikirliyin yaranmasına səbəb oldu. O, başa düşürdü ki, dövlət bilərəkdən gəncləri aldadır. Bu çox güclü nəticə idi". O, öz təəssüratını gizlədə bilmirdi və gimnaziyada dərslərdən aldığı qiymətlər o qədər də yüksək deyildir. Yalnız riyaziyyatdan o, həmişə öndə gedirdi. Bu fəndə Albert harmoniyanı hiss edirdi; dərslərini qurtaran kimi o, böyük həvəslə Motsartın sonatalarını çalırdı.

Bir dəfə sinif rəhbəri Eynşteynə direktorun qərarını çatdırır: "Mənə tapşırıblar ki, Sizə deyim: Siz dərhal gimnaziyanı tərk etməlisiniz!" Albertin: "Mənim günahım nədir?" – sualına "Təkcə sizin sinifdə olmanız kifayətdir ki, müəllimləri nüfuzdan salasınız" – cavabı söylənilmişdir.

Çox sonralar Eynşteyn təkcə özünün uşaqlığı haqqında deyil, ümumiyyətlə, təhsil sistemi barədə yazırdı: "Mənə uşaqlıqdan bu sual rahatlıq vermirdi: niyə Ay Yerin üzərinə düşmür? Lakin bu sualla müraciət etdiyim böyüklər buna heç əhəmiyyət vermirdilər. Bizim məktəbimiz uşaqlarda təəccübləndirmək qabiliyyətini inkişaf etdirmirdi. Əksinə, o mexaniki əzbərləmə üsulları ilə bu qabiliyyəti zəiflədirdi. Həqiqətən, qeyri-adidir ki, onlar insanlarda təbiəti tədqiq etmək istəyini sonadək öldürməmişlər".

Orta təhsil haqqında attestatı almadan gimnaziyadan kənarlaşdırılmış Albert çox keçmədən Münxeni tərk edir və valideynlərinin məskunlaşdığı italyan şəhəri Milana gəlir. Onların maliyyə vəziyyətinin pisləşməsi və-



▸ A.Eynşteyn Patent bürosundakı iş otağında. Bern.



tənlərini tərk etməyə məcbur etmişdir. Burada o, alman vətəndaşlığından imtina etdiyini və yəhudi dini icmasını tərk etmək qərarına gəldiyini atasına söyləyir. Beləliklə, həyatının 16-cı ilində Eynşteyn öz əcdadlarının vətənindən və dinindən imtina edərək öz gələcək taleyini müəyyən edir. O, kosmopolit olur və özünün yaratdığı kosmik dini təbliğ etməyə başlayır.

Dini fanatik olmayan German Eynşteyn oğlunun qərarına mane olmur, ona müflisləşdiyini və ona uzun müddət maddi cəhətdən kömək edə bilməyəcəyini söyləyir. Atası ona məsləhət verərək deyir: "Tez müəyyən bir peşəyə yiyələn. Bizim zəmanədə astronomlar və skripaçlar çox da lazım deyil. Yaxşı diplomlu mühəndislər və müəllimlər gərəklidir..."

TƏBİƏT ELMLƏR SAHƏSİNDƏ İSLAHATÇI

1895-ci ilin payızında Albert sənədlərini tədrisinin keyfiyyətinə görə bütün Avropada məşhur olan Sürix politexnik institutuna (Politexnikum) verir. Birinci dəfədən bura qəbul olunmaq ona qismət olmur: müvəffəqiyyətlə riyaziyyatı verib, fransız dilindən və botanikadan kəsilir. Albert Aarauda kanton orta məktəbinin sonuncu sinfini qurtarmaq məcburiyyətində qalır və 1896-cı ildə riyaziyyat və təbiət elmləri üzrə müəllimlər hazırlayan Politexnikumun pedaqoji fakültəsinə qəbul olunur. 1900-cü ildə o, çoxdan gözlədiyi diplomu ala bilir. Həmçinin həmin ildə İsveçrə Konfederasiyasının vətəndaşlığını qəbul etməsi gimnaziyada minimum müəllim vəzifəsini tutmağa ona təminat verirdi. Alberti professor rütbəsi almaq üçün Politexnikumda saxlaya da bilərdilər. Lakin bunların heç biri ona qismət olmur. Yeniyetməni qabiliyyətinə görə tərifləyən alimlərdən heç biri onu özünə assistent kimi götürmür. Öz gəncliyini xatırlayaraq Eynşteyn yazırdı: "Mənim professorlarım mənə xor baxırdılar, məni sərbəstliyimə görə sevmirdilər və elmdə mənim yolumu kəsmişdilər..."

İnstitutu bitirdikdən sonra iki il müddətində Albert daimi iş yeri tapa bilmir. Hətta məktəbin qapıları da onun üzünə qapanmışdır. Sonralar alim yazırdı: "Ehtiyac o qədər böyük idi ki, mən bir il ərzində heç bir abstrakt problem haqqında belə düşünə bilməmişdim". Məhz bu illərdə pis qidalanma üzündən onda mədə xəstəliyi yaranır və bu xəstəlikdən o, ömrünün sonunadək əziyyət çəkir. Nəhayət, 1902-ci ildə xoşbəxtlik onun üzünə gülür: institut dostu Marsel Qrossmanın köməyi sayəsində o, Bern şəhərinin Patent bürosunda III dərəcəli texniki ekspert vəzifəsinə işə qəbul olunur.

1905-ci ildə, artıq Broun hərəkətinin nəzəriyyəsinin, işığın foton nəzəriyyəsinin, xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin yaradıcısı olan 26 yaşlı Eynşteyn əvvəlki kimi ixtira ərizələrini araşdırmaqla və patent forması tərtib etməklə ekspert vəzifəsində çalışırdı. Avropa nəzəri fizikanın rəhbəri Maks Plank onu "müasir dövrün dahi fiziki" adlandırmışdır və onu Bern universitetində, heç olmasa, privat-dosenti vəzifəsinə məsləhət görür. Eynşteynə

◂ A.Eynşteynin 50 illik yubileyi. M.Plank yubilyara fəxri nişan təqdim edir.



A.Eynşteyn Berlində. 1916-cı il.



F.Lenard. "Alman fizikası" kitabı. Münxen-Berlin. Titul vərəqəsi. 1936-cı il.

rədd cavabı verirlər və bunda qeyri-adi heç nə yox idi. Belə ki, o, universitetə özünün nisbilik nəzəriyyəsini təqdim etmişdir, amma bunu heç kim başa düşməmişdir (hətta sonralar fransız fiziki Pol Lanjeven zarafatyana qeyd edirdi ki, nisbilik nəzəriyyəsini dünyada 12 nəfər başa düşür). Yalnız 1909-cu ildə Sürix universitetində nəzəri fizika üzrə ekstraordinar professor (keçmişdə ali məktəblərdə ştatdankənar professorun tutduğu vəzifə) Albert Eynşteynin mühazirə kursu barəsində elan asılır. Lakin ekstraordinar – ştatlı professor deyildir; Sürixdə Bernə nisbətən ona daha çox ehtiram bəslənilirdisə də, məvacib çox aşağı idi. Eynşteyn ümumi nisbilik nəzəriyyəsini həm yataq, həm uşaq otağı olan kiçicik iş kabinetində yaratmışdır. O dövrdə Eynşteynə qonaq gələn alman fiziki Maks fon Lauenin xatırlamasına görə "onun iş otağında ip çəkilmişdi və bu ipdə uşaq əsgiləri qurudulurdu".

Nəhayət, işlər qaydasına düşür: 1911-ci ildə o, Praqadakı alman universitetinin müstəqil kafedrasına baş-

EYNŞTEYNİN AİLƏSİ

Sürix Politexnikumunda Eynşteyn kursda yeganə qız olan Mileva Mariç ilə tanış olur. O zaman qızların Avropanın aparıcı texniki təhsil müəssisələrində oxuması cəmiyyətdə çox böyük mənfi rəy yaradırdı və möhkəm iradə və qətiyyət tələb edirdi. Milevanı tanıyan insanlar onu "mülayim, utancaq, xoşməramlı, qeyri-iddialı və ciddi" insan kimi təsvir edirdilər.

Eynşteynin bu balaca, axsaq, həm də özündən dörd yaş böyük qıza meyil salması onun tanışlarını təəccübləndirirdi: öz xarici görkəmi və ağlı ilə gənc Eynşteyn daha gözəl qızların xoşuna gələ bilərdi. Lakin Eynşteyn Milevanı onun maraqlarını bölüşdürməyə qadir arxadaş kimi görürdü.

O dövrdə Eynşteyn özünü "yerli sakinlərin" (bürgerlərin, Qərbi Avropada şəhərlilərin) əhatəsində tənha hiss edirdi. O hesab edirdi ki, yalnız Mileva həqiqətən qəlbən ona yaxındır və yalnız onunla dərin ünsiyyət mümkündür. Eynşteynin ailəsi bu izdivaca razı deyildir. Gənclərin dolanmaq üçün maddi imkanları yox idi.

Yalnız Albert Berndə Patent bürosunda işə düzəldikdən sonra onlar evlənirlər. Artıq onların bir qızı da var idi. Eynşteyn, çox güman ki, bu qızını heç vaxt görməmişdir.



A.Eynşteyn və Mileva Mariç.



A.Eynşteyn ikinci həyat yoldaşı Elza ilə.

Uşağı başqaları tərbiyə etmişdir. Belə ki, Eynşteyn dövlət qulluğunda çalışırdı və qeyri-qanuni doğulmuş körpə üzündən o, öz işini itirə bilərdi. Mileva ərini hədsiz dərəcədə sevirdi və körpə qızı ilə ayrılmaq ona çətin olsa da, bu addımı atmağa razılıq verir. Zaman keçdikcə bu günah hissi ona daha çox əzab verirdi. Qızından imtina etməklə o, psixi sarsıntı keçirir və bundan özünə gələ bilmir. Ona görə də səbirsizliklə gözlənilən nikah onlara xoşbəxtlik gətirmir. Bəzi bioqraflar Milevanı az qala nisbilik nəzəriyyəsinin həmmüəlliflərindən biri sayırlar. Lakin bu nəzəriyyənin yaranmasında Milevanın əsil rolu tam başqadır. Eynşteyn bir dəfə demişdir ki, o, kiçik bir adada mayak keşikçisi kimi yaşayıb işləyə bilərdi. Əslində isə özünün bütün elmi fəaliyyəti ərzində, əməkdaşlarının köməyinə onun ehtiyacı olmuşdur. Onlardan bir çoxunun xatırlamasına görə, alim öz ideyalarını onu həvəslə və diqqətlə dinləməyə hazır kimsə söyləməli idi. Eynşteyn nisbilik nəzəriyyəsi üzrə çalışıb əlləşəndə bu cür dinləyici məhz Mileva olmuşdur. Nəinki bütün fiziklərin, hətta bütün bəşəriyyətin qəbul etdiyi maddi aləmin mənzərəsinə qarşı çıxmaq üçün cəsarət və qətiyyət tələb olunurdu. Milevanın məhəbbəti və ona olan hədsiz inamı Eynşteynə güc verirdi.

1904-cü ildə Eynşteyn və Milevanın Hans Albert adında, 1910-cu ildə isə Eduard adında oğlanları dünyaya gəlir. Eynşteyn mehriban və qayğıkeş ata olmuşdur, lakin onun oğulları ilə münasibətində müəyyən problemlər var idi. Hans Albert hələ yeniyetmə ikən atasının qarşısına tələb qoyur ki, o, mühəndis olacaqdır. Təpədən dırnağa qədər nəzəriyyəçi olan Eynşteyni oğlunun bu seçimi çox kədərləndirir. Lakin sonralar alim öz oğlunun uğurlarına sevinərdi. Ömrünün sonlarında o, Hans Albertə yazmışdır: "Necə varsansa, o cür də qal. Öz yumor hissini itirmə, insanlara qarşı mərhəmətli ol, lakin onların nə dediklərinə və nə etdiklərinə fikir vermə. Sənin atan".

Kiçik oğlu Eduardın taleyi isə faciəli olmuşdur. Bir çox müasirləri belə düşünürdülər ki, Tanrı vergisi Eynşteyndən məhz Eduarda irsən verilmişdir. Öz müasirləri içərisində o, qeyri-adi fitri-istedadı və istənilən replikaya cəld və ağıllı cavabı ilə seçilirdi. Eduard riyaziyyat və fizika ilə deyil, ədəbiyyat və incəsənətlə maraqlanırdı. O, çox istedadlı musiqiçi idi. O, öz dahi atasına layiqli övlad olduğunu sübut etmək arzusunda idi, psixologiya və psixiatriya sahəsində uğurlar qazanmağa çalışırdı. O, Ziqmund Freydin əsərlərinə valeh idi. Bədbəxtlikdən, Eduard psixoanalitik əvəzinə psixiatrların pasiyenti olmağa məhkum olunmuşdur. Təhsili dövründə onda güclü depressiyalar yaranır. Atası oğlunu ruhlandırmağa çalışır, anası onu İsveçrədə və Avstriyada ən məşhur mütəxəssislərə göstərir. Lakin bunların heç bir köməyi olmur. Eduardı psixiatrik klinikaya yerləşdirirlər. Burada onu barbarcasına, xüsusilə də elektroşokla müalicə edirlər. Eduard dəfələrlə klinikada yerləşdirilmiş və nəhayət, burada o öz həyatına qəsd etmişdir.

Mileva ilə Eynşteynin münasibətləri get-gedə pisləşirdi. Milevanın sədaqəti xüsusiyyətçilik hissləri ilə əvəz olunurdu. Nə vaxtsa Eynşteyn Milevanı inandırmağa çalışırdı ki, onlar ikisi başdan-başa insanlarla məskunlaşmış dünyanın qalan hissəsinə qarşı dura bilərlər. İndi isə, o, şöhrətin zirvəsində olarkən və hamının onunla ünsiyyətdə olmağa çalışdığı bir vaxtda Mileva onun başqa insanlara olan marağını xəyanət kimi qiymətləndirirdi.

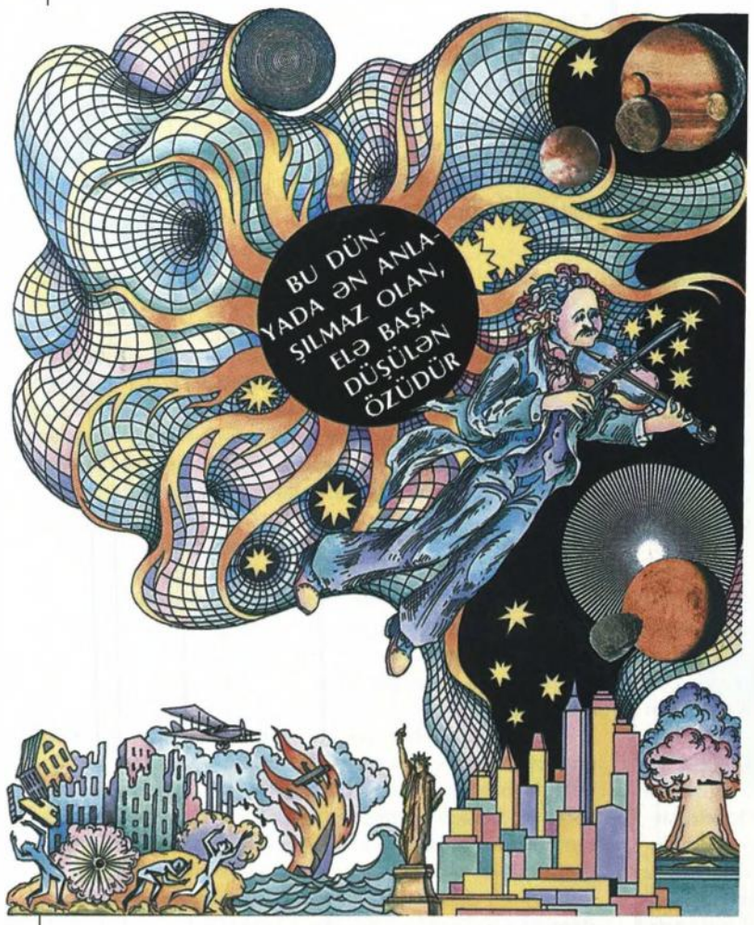
1912-ci ildə Eynşteyn özünün uzaq qohumu olan Elza adlı bir qadınla məktublaşmağa başlayır. O, Elzaya vurulur və 1916-cı ilin fevralında Milevaya boşanma təklifini verir. Bu xəbər Milevanı sarsıdır və o, ağır xəstəliyə düçar olur. Onun həyatı üçün təhlükə yaranır. Hər ikisi üçün bir neçə əzablı ildən sonra, nəhayət, Mileva boşanmağa razılıq verir, lakin uşaqlar onunla qalır. 1919-cu ildə Eynşteyn və Elza evlənirlər. Daha iki il sonra, Nobel mükafatı laureatı olduqdan sonra, o, mükafatın hamısını Mileva və uşaqlarına verir.

Elza Eynşteyni onunla maraqlanan kütlənin hər cür həmlələrindən fədakarcasına qoruyurdu. Qapının astanasında dayanaraq, o, hər təzə gələn müsafiri lornetinin altından uzun və şübhəli nəzərlərlə süzərək nə məqsədlə gəldiyini soruşardı. Eynşteynin daimi müsafirlərindən biri onu Serberlə – yeraltı dünyanı qoruyan üçbaşlı itlə – müqayisə edirdi.

Elzanın həyatı heç də xoş keçmirdi. Onun qeybətini edənlər, Eynşteynə layiq kifayət qədər ağıllı olmadığını vurğulayırdılar. Avstro-amerikan filosofu və fiziki Filipp Frank bu barədə yazmışdır: "Ətrafdakılar ona həddən artıq tənqidi yanaşırdılar. Sanki, könülsüz olaraq, onun ərinə göstərdikləri ehtiramı kompensasiya etmək məqsədi ilə, onun ərinə demək istədikləri məzəmmət və tənələri onun üzərinə yağdırırdılar". Elza ağır böyrək və ürək xəstəliyindən əziyyət çəkirdi. Eynşteynin əməkdaşı polyak fiziki Leopold İnfeldin sözlərinə görə, o, həyat yoldaşına "böyük qayğı və şəfqət" göstərir, lakin bu zaman "öz təmkinliyini itirməyərək işini davam etdirirdi".



Mileva övladları ilə.





Albert Eynşteyn və İsrail dövlətinin əsasını qoyan David Ben-Qurion.

çılıq etmək üçün gözlənilməz dəvət alır. 1912-ci ildə, ona vaxtı ilə tələbə kimi parta arxasında oturduğu Sürix Politexnikumunun nəzəri fizika kafedrasına rəhbərlik etmək təklif olunur. 1913-cü ildə isə Plankın və Valter Nernstin təşəbbüsü ilə o, Berlindəki Kayzer Vilhelm İnstitutunun direktoru vəzifəsinə təyin olunur və Prussiya Elmlər Akademiyasının üzvü seçilir. Ümumi nisbilik nəzəriyyəsinin tamamlanmasına hələ üç il qalırdı. Akademik adını qazanmaq üçün kim onun qədər çalışmışdır ki?

1919-cu ildə, günəş tutulmasının müşahidəsindən sonra, onun qravitasiya nəzəriyyəsi öz təsdiqini tapır və o, nəinki Avropada, bütün dünyada məşhurlaşır. 1921-ci ildə onu Nobel mükafatına layiq görürlər. Maraqlıdır ki, bu mükafat ona nisbilik nəzəriyyəsinə görə deyil (çox güman ki, Nobel Komitəsi bu nəzəriyyəyə ehtiyatla yanaşırmış) hələ 1905-ci ildə yaratdığı fotoeffekt nəzəriyyəsinə görə verilmişdir. Həmin vaxtdan Eynşteynin adı dillər əzbəri olur.

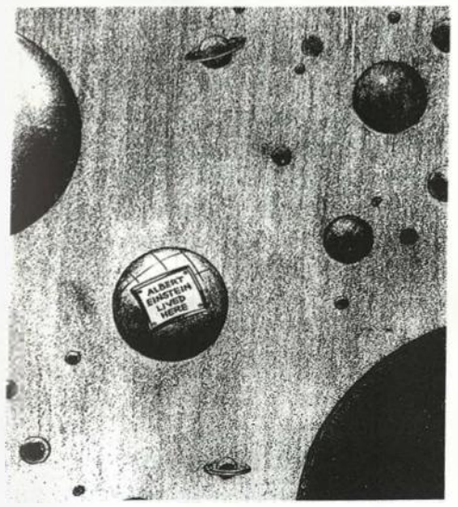
SÜRGÜN

1920-ci ildə Avropada, özünü "anti-eynşteyn liqası" adlandıran təşkilat yaranmışdır. Bu təşkilata heç də cahil insanlar daxil deyildir: təşkilatın başında iki Nobel mükafatı laureatı – alman fizikləri Filipp Eduard Anton Lenard və YohannesŞtark dururdu. "Qəhvəyi vəba"nın – faşizmin yaxınlaşması ərəfəsində Lenard "Alman fizikası" adlı dərslik dərc etdirir. Bu dərslikdə "həqiqi alman fizikası" bütün "qeyri-ari" (ari-hind, Avropa dillərində danışan xalqlara verilən qeyri-elmi ad) nəzəriyyələrə qarşı qoyulurdu.

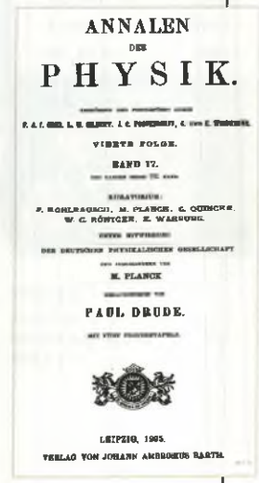
Kosmopolit, pasifist (hər cür müharibənin əleyhinə çıxan adam) və yəhudi olan, dünya şöhrəti qazanmış Eynşteyn nasistlərin nifrətini qazanmışdır. Prussiya Elmlər Akademiyası da alimin bu böhtan kampaniyasına qoşulmuşdur. Bu şəraitdə Eynşteyn akademik adından imtina etdiyini bildirir və 1933-cü ildə Almaniyanı tərk edir. Eynşteynin olmadığı müddətdə onun villası gestapo tərəfindən talan edilir.

Acı tale ondan Amerikada olduğu vaxtda da əl çəkmir. 1939-cu ildə fransız fiziki İren Jolio-Kürü və alman radiokimyaçısı Otto Han, birbirindən asılı olmayaraq, uranın bölünməsini kəşf edirlər. İtalyan Enriko Fermi neytronların köməyi ilə zəncirvari nüvə reaksiyası ideyasını irəli sürür. Beləliklə, alimlər atom bombası yaranması imkanını kəşf edirlər və bundan bərk təşvişə düşürlər. 1939-cu il avqustun 2-də amerikan fizikləri Leo Stsilard və Edvard Teller Eynşteynin yanına xahişlə gəlirlər: o, ən dahi və nüfuzlu alim kimi amerikan prezidenti Franklin Delano Ruzveltə bütün bəşəriyyət üçün yaranmış təhlükə barəsində məktubla müraciət etsin! Əgər Almaniya bu cür dağıdıcı silah əldə etsə, onda bəşəriyyəti nə gözləyir? Eynşteyn bu müraciətnaməni imzalayır. Onda onun özü güman etmirdi ki, imzaladığı bu bəyannamə dünyanı dağıdan "bomba" olacaqdır.

Altı il sonra ABŞ Xirosima və Naqasaki şəhərlərinə atom bombaları atır. Eynşteyn bunda özünün də günahı olduğunu zənn edir. O, dərhal hərbi məqsədlər üçün atom enerjisindən istifadə edilməsinin əleyhinə mübarizəyə qoşulur, lakin "cin artıq şüşədən çıxmışdır". SSRİ və ABŞ, demək olar ki, eyni vaxtda hidrogen bombası ixtira edirlər. Onda Eynşteyn



"Fizika salnaməsi" jurnalı, 1905-ci il, №17. Titul vərəqəsi.


ANNALEN
DER
PHYSIK.
VIERTE FOLGE.
BAND 17.
M. PLANCK
PAUL DRUDE.
LEIPZIG, 1905.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

◄ Herblok. Burada Eynşteyn yaşamışdır. 1955-ci il.

BAŞ ÜÇÜN TƏYİN OLUNMUŞ 50 MİN MARKA

1943-cü ildə amerikalı antifaşistlərə nisbilik nəzəriyyəsinə dair Eynşteynin 1905-ci ildə yazdığı əsərin əlyazması gərək olmuşdur: belə ki, könüllülərə dəstək olmaq məqsədi ilə qeyri-hökumət vəsaiti toplamaq üçün xeyriyyə auksionu keçirmək nəzərdə tutulurdu. Eynşteyn satış məqsədi ilə öz məqaləsinin orijinalını auksiona çıxarmağa razılıq verir, lakin unudur ki, bu 30 səhifəlik məqalənin arxasına başqa məqalənin qaralamasını yazmışdır. O, yenidən itirilmiş orijinalı bərpa etmək məqsədi ilə məqaləni yenidən yazır. Onun katibəsi Ellen Dükas köhnə mətni diktə etmiş, Eynşteyn isə yazmışdır. Bəzən Eynşteyn Ellenə onun düzmü oxuduğunu soruşaraq: "Mən bunu daha sadə şəkildə deyərdim!" – deyə vurğulayarmış.

Əlyazma 6 mln dollara satılmışdır və bununla da nasistlərin darmadağın edilməsində müəyyən qədər töhfə vermişdir. Nasistlər nisbilik nəzəriyyəsini "yəhudilərin hoqqası" adlandırmış və alimin başına 50 min marka mükafat təyin etmişdilər. Eynşteyn qürbətdə olarkən özünün başına qoyulan məbləğin miqdarını bildikdə, zarafatcasına bunun çox böyük olduğunu vurğulamışdır. Yalnız onun belə zarafat etməyə haqqı çatırdı.



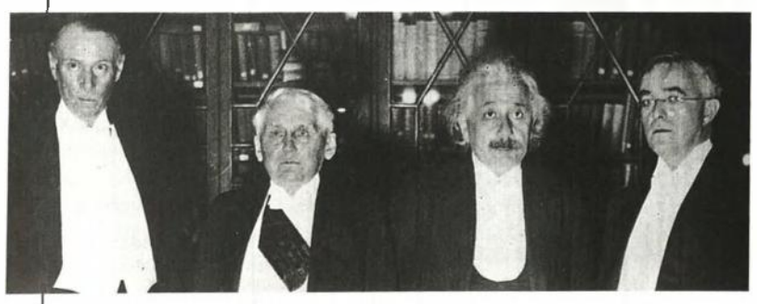
A.Eynşteyn və katibəsi E.Dükas. 1940-cı il.

1912-ci ildə Eynşteynin Prussiya Elmlər Akademiyasına üzv seçilməsi məqsədilə verilmiş təqdimatda M.Plank, V.Nernst, Q.Rubens və O.Varburq yazmışdılar: "Özünün mücərrəd mühakimələrində bəzən, çox güman ki, o həddini aşır, məsələn, işıq kvantlarına dair hipotezində olduğu kimi, lakin bunu ona ciddi irad kimi tutmaq olmaz, belə ki, riskə getmədən hətta dəqiq təbiət elmlərində belə mühüm nəticələr əldə etmək mümkün deyildir".

Nyu-York televiziyasında çıxış edərək demişdir: "Amerikanı faşizmə və müharibəyə aparırlar". Beləliklə o, çəkic və zindan – bolşevizm və makkartizm (XX əsrin 50-ci illərində ABŞ-da "soyuq müharibə"ni gücləndirməyə çağıran siyasi cərəyan) arasında qalmışdır. Amerikada onu kommunist rejimi ilə əlbir olmaqda günahlandırırdılar və beləliklə də yeni böhtan kompaniyasına rəvac verilir. Sovetlər Birliyində isə onun nəzəriyyəsi "burjua", "idealist", hətta "sionist" (İsrail dövləti yarandıqdan sonra dahi fizikə bu ölkənin prezidenti olmaq təklif olunsa da, Albert Eynşteyn öz minnətdarlığını bildirərək bundan imtina etmişdir) nəzəriyyə kimi qələmə verilirdi.

EYNŞTEYN İNQİLABI

Eynşteynin kiçik oğlu 9 yaşlı Eduard bir dəfə atasından soruşur: "Ata, niyə məhz sən bu qədər məşhursan?". 1919-cu il idi. Həmin ilin yayında və payızında poçtalyon Eynşteynin evinə kisə dolu məktublar, dəstə-dəstə teleqramlar, yığın-yığın açıqcalar gətirirdi. Bəzi məktublarda çatdırılma ünvanı çox qısa olurdu: "Avropa. Eynşteynə". Çox güman ki, hətta başqa planetlərdə yaşayanlar həmin ərəfədə ona ünvanlandırdıqları "kosmoqrammalar"ın ünvan yerində "Yer kürəsi Eynşteynə..." sözlərini yazmış olsaydı, məktub doğru ünvana yetişərdi. Eduard gülümsəyən atasından gözlənilməz "uşaq" cavabı eşidir: "Bilirsənmi, kor böcək kürənin səthi üzrə hərəkət edən zaman getdiyi yolun əyri olduğunu hiss etmir. Mənə isə bunu görmək nəsib olub".



Nobel laureatları: C.Frank, F.Kelloq, A.Eynşteyn, İ.Lanqmür.

1955-ci il aprelin 18-də Eynşteyn gözlərini əbədi olaraq yumur. Onun tabutunun arxasınca on nəfər, ona ən yaxın olan on nəfər gedirdi. Onun vəfatından sonra onun yeni, bu dəfə əbədi həyatı başlandı. Dahi fizik Albert Eynşteynin şöhrəti həm Almaniyada, həm ABŞ-da, həm də Rusiyada zaman ötdükcə artır.

* * *

Elm tarixi insanların dünyaya baxışını kökündən dəyişən və standart düşüncə tərzinə malik olmayan bir neçə alim tanıyır. Onlar bunlardır: Pifaqor, Aristotel, Arximed, Kopernik, Qaliley, Nyuton, Bor; yalnız bu alimləri Eynşteynlə bir sıraya qoymaq olar.

Məhz, 1919-cu il mayın 29-da, Yer kürəsinin iki müxtəlif nöqtəsində – Braziliyanın Sobral kəndində və Afrikanın qərb sahillərində yerləşən Prinsipi adasında – ingilis astronomlarından ibarət iki ekspedisiya Eynşteynin qabaqcadan söylədiyi həqiqətə bənzəməyən bir ideyanın doğru olub-olmadığını müəyyən etmək üçün tam Günəş tutulmasını diqqətlə öyrənirdilər. Eynşteynin fikrincə, ulduzlardan gələn işıq şüalarının trayektoriyası Günəşin cazibə sahəsinin təsiri ilə əyilməlidir. Düz xətdən kənara çıxmanın qiyməti də göstərilmişdir: Nyutonun verdiyi 0,88″ əvəzinə 1,75″. İlk baxışda fərq bir o qədər böyük deyildir, elə buna görə də astronomların fotoölçmələri yüksək dəqiqliklə aparılmalı idi. Payıza yaxın bütün hesablamalar sona

çatdıqdan sonra alınmış meyiletmə bütün elm ictimaiyyətini heyrətləndirmiş oldu: 1,64″. Nəzəriyyənin və təcrübənin nəticələrinin bir-birinə bu qədər yaxın olması, başqa cür ola da bilməzdi, – deyən Eynşteyni təəccübləndirmədi. Həmin ilin payızında o, yaşca böyük olan dostu, məşhur alman fiziki Maks Planka yazırdı: "Tale mənim üzümə güldü və bu günü görmək mənə nəsib oldu".

MÖHTƏŞƏM İL

1919-cu ildən etibarən nisbilik nəzəriyyəsinə olan inam möhkəmləndi. Bu nəzəriyyənin yaradıcısını isə gah yeni Kopernik, gah da yeni Nyuton adlandırırdılar. Lakin maddi aləmin yeni fiziki mənzərəsinin əsası Eynşteyn tərəfindən çox əvvəllər – 1905-ci ildə, onun 26 yaşı olduğu vaxt qoyulmuşdu. Sonralar öz qısa tərcümeyi-halından ibarət essedə (ədəbi, fəlsəfi, ictimai problemləri sistematik elmi şəkildə deyil, sərbəst şəkildə şərh edən oçerk) alim bu haqda yazmışdır: "Nyuton, məni bağışla!"

Eynşteynin bütün bioqrafları və onun elmi yaradıcılığı haqqında yazan bütün müəlliflər – 1959-cu ildə, dahi alimin anadan olmasının 80 illiyi qeyd olunan zaman ona aid 5 mindən çox kitab, kitabça və məqalə yazılmışdır – 1905-ci ili fizikanın və bütünlüklə elmi fikrin tarixində qeyri-adi məhsuldar il adlandırmışdılar. Həmin il alman jurnalı olan "Fizika salnaməsi"ndə (*alm.* "Annalen der Physik") Berndən olan heç kəsin tanımadığı nəzəriyyəçinin – Patent bürosunun II dərəcəli eksperti Albert Eynşteynin bir-birinin ardınca beş problematik əsəri dərc olundu. Bütün bu məqalələr vaxtilə öz layiqli qiymətini almasalar da, çox böyük əhəmiyyətə malik idi. Bu əsərlərdə relyativistik inqilabın



Nyu-Yorkun sakinləri A.Eynşteyni salamlayırlar.

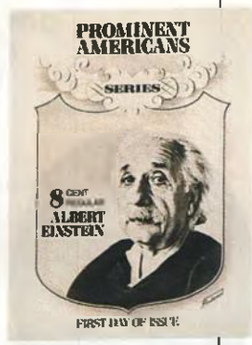
başlanğıcı, kvantlanma inqilabının davamı öz əksini tapmışdı. Eynşteynin həyatında 1905-ci ili dünya mədəniyyəti tarixində fenomen olan digər şəxsiyyətin – Puşkinin Boldino payızı dövrü ilə müqayisə edilə bilərdi.

Gənc alimin beş məqaləsindən birincisi onun "Molekulların ölçülərinin yeni təyin üsulu" adlı doktorluq dissertasiyası idi. Sürix universitetində dissertant tərəfindən təqdim olunmuş elmi işi əvvəlcə resenzent həcmcə çox kiçik dissertasiya (21 səhifədən ibarət idi!) hesab etmişdir. Lakin sonra Eynşteyn yeni fəsil əlavə etdikdən sonra dissertasiya müdafiə olunmaq üçün qəbul edilmişdir.

"Salnamə"yə ünvanlanan ikinci məqalə daha tez – martın 17-də göndərilsə də, iyul ayında çap olunmuşdur. Onun mürəkkəb adını ("İşığın yaranmasına və yayılmasına dair evristik baxış") üç sözlə əvəz etmək olardı: "İşığın kvant nəzəriyyəsi". Öz yaxın dostuna yazdığı məktubda Eynşteyn bu əsəri "son dərəcə inqilabi" adlandırsa da, elm aləmindəki həmkarlarının çoxu ilk vaxtlar belə düşünmürdülər. Bu inqilabiliyi layiqincə qiymətləndirmək üçün Nobel Komitəsinə düz 17 il gərək olmuşdur: Eynşteyn 1921-ci ildə "nəzəri fizika sahəsindəki, xüsusilə fotoelektrik effekti qanununun kəşfindəki xidmətlərinə görə" Nobel mükafatına



Nikaraqua. Eynşteynin şərəfinə buraxılmış marka. 1981-ci il



A.Eynşteyn. "Məşhur amerikalılar" seriyasından açıqca.

A.Eynşteynin büstü.
S.T.Konyankovun işi.
1936-1937-ci illər.



layiq görülmüşdür. Çoxları belə düşünür ki, o, Nobel mükafatını nisbilik nəzəriyyəsinə görə almışdır. Əgər Eynşteyn bu mükafatı daha iki dəfə: həm xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinə görə, həm də ümumi nisbilik nəzəriyyəsinə görə alsaydı belə, bu ədalətli sayılmış olardı. Lakin Nobel komitəsi bu məsələyə başqa cür yanaşmışdır və onu yalnız bir dəfə "Kvant mükafatı"na layiq görmüşdür. Bu isə elm tarixində yol verilmiş növbəti haqsızlıq idi!

İşığın kvant nəzəriyyəsinin inqilabiliyinin əsas xüsusiyyəti onun ikili təbiətə malik olmasında idi: işıq həm elektromaqnit dalğasıdır, həm də zərrəciklər selindən – elektromaqnit enerji kvantlarından ibarətdir. Beləliklə, Albert Eynşteyn ilk dəfə olaraq, təbiətin mənzərəsinə, klassik fizikaya yad olan dalğa-zərrəcikdən ibarət paradoksal obrazı və ya "mikrokentavrı" daxil etmiş oldu. O, etiraf edirdi ki, kvant haqqında düşüncələr onu az qala dəli edəcəkdi. Özünün son məktublarının birində o yazırdı: "Müasir zamanda hər bir tələbə bunu tam dərk etdiyini düşünür. Lakin o səhv edir".

B.Spinoza.
Qravüra. XVIII əsr.



"Salnamə"yə üçüncü məqalə 1905-ci il mayın 11-də göndərilmiş və iki ay sonra dərc edilmişdir. Bu məqalə də mürəkkəb və uzun ada malik idi ("İstiliyin molekulyar kinetik nəzəriyyəsinə əsasən sükunətdə olan mayedə asılmış hissəciklərin hərəkəti"). Qısaca olaraq bu məqalə belə adlandırıla bilərdi – "Broun hərəkətinin nəzəriyyəsi". Bu təbiətşünaslığın tarixində nadir, bəlkə də, yeganə hadisədir ki, öz nəzəriyyəsini yaradarkən Eynşteyn bilmirdi ki, çox əvvəl müşahidə olunan, lakin fiziklərə aydın olmayan bir hadisəni izah etmişdir. Lap sonralar özünün ensiklopedik savada malik dostu, italiyalı mühəndis Mikelancelo Bessodan, bu hadisənin – 1827-ci ildə şotlandiyalı Robert Broun tərəfindən kəşf olunmuş, mayedə asılı halda olan mikrohissəciklərin nizamsız ziqzaqşəkilli hərəkətinin – adını eşidir. İxtiyari mühitdə atom və molekulların istilik hərəkətini və bütövlükdə atom nəzəriyyəsini təkzibedilməz faktlarla sübut etmək üçün Eynşteyn broun hərəkətini "uydurmalı" olmuşdur.

Onun dördüncü məqaləsi "Salnamə"nin redaksiyasına 30 iyun tarixində çatmış və sentyabrın 26-da işıq üzü görmüşdür. Əsər çox qısa ada malik idi – "Hərəkət edən cisimlərin elektrodinamikası haqqında" – və nisbilik nəzəriyyəsinə dair (sonralar onu xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi adlandırmışlar) 30 səhifədən ibarət bir əsər idi. Karl Zeligin Eynşteynə ünvanladığı: "Nisbilik nəzəriyyəsinin yarandığı günü dəqiq söyləmək mümkündürmü?" sualına cavab olaraq Eynşteyn qeyd etmişdir ki, rüşeym halında olan ideyanın yaranmasından məşhur məqalənin axırıncı səhifəsini tamamlayana qədər ona beş-altı həftə lazım olmuşdur. Heç də həmişə böyük kəşflər belə tezliklə tamamlanmır.

Eynşteynin israr edirdi ki, onun nəzəriyyəsi fizikanın inkişaf prosesində təbii olaraq yaranmışdır və 1905-ci

EYNŞTEYNİN ETİQADI VƏ METODU

Musiqinin məqsədi musiqi olduğu kimi,
məsləkin məqsədi elə məsləkdir.

A.Eynşteyn

Ahıl yaşında Eynşteyn xatırlayaraq deyirdi: "Mənim valideynlərim dindar olmasalar da, ənənəvi tərbiyənin nəticəsində mən mövhumata qapılmışdım. Lakin 12 yaşımda hər şey dəyişdi. Elmi-populyar kitabların mütaliəsi nəticəsində məndə belə bir inam formalaşdı ki, Bibliyada yazılanların çoxu həqiqət ola bilməz... Belə təəssürat məndə hər növ mötəbər şəxslərə qarşı inamsızlıq yaratmış, həmin dövrdə məni əhatə edən sosial mühitdə yaranmış inam və etiqada skeptik münasibət formalaşdırmışdır: Bu skentizm daha məni heç vaxt tərk etməmişdir".

Ənənəvi etiqadla təlqin edilməklə o, gəncliyində dini cənnəti itiməklə, digər cənnəti – elmi həqiqəti tapmış oldu. "Bu cənnətin yolu dini cənnətin yolu ilə müqayisədə rahat və cəzbedici deyildir, lakin etibarlıdır və mən bu yolla getdiyim üçün heç vaxt heyfsilənməmişəm".

Eynşteyn yazırdı: "Dünyada ən anlaşılmayan elə şeydir ki, onu gələcəkdə başa düşmək olar". Onun fikrincə, bizim dünyanı dərk etmək üçün etdiyimiz hər bir cəhd "varlığın tam harmonik quruluşuna malik olması inamına əsaslanır". İndi bizim, bu şəraitdə, dindən uzaqlaşmağı özümüzə rəva bilməkdə daha az əsasımız var".

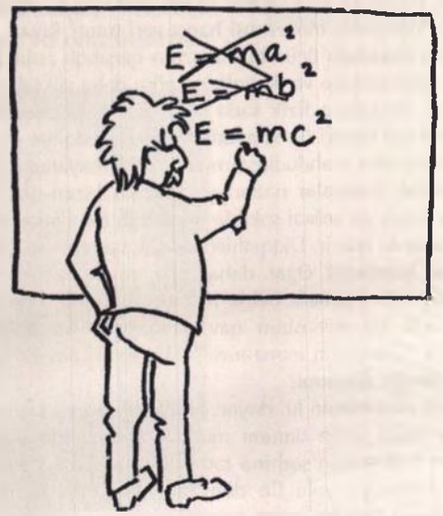
Bibliya Tanrısına olan inamı itirən Eynşteyn Kainatın harmoniyasında özünə inam tapmışdır. Qədim yunanlar üçün maddi aləm, riyazi əsaslara söykənən harmoniyadan – Kosmosdan ibarətdir. XX əsrdə Eynşteyn çoxdan unudulmuş yeni Kosmosa, – bütün təbiətin və bütün qarşılıqlı təsirlərin vahid riyazi təsvirinə nail olmağa çalışırdı.

Eynşteynin fəlsəfi dünyagörüşünə çox böyük təsiri olan niderlandlı filosof Benedikt Spinoza (1632-1677) göstərmişdir ki, təkcə riyazi düşüncə tərzi həqiqətə aparır. Təbiətdə onun qanunlarına zidd heç nə yoxdur, qanunlar isə zəkanın məhsulu olan riyaziyyat vasitəsi ilə dərk edilir, ona görə də insanın zəkası və ruhu vahid şüurlu substansiyanın hissəsidir. Bu substansiyadan kənarda nə təbiət, nə Allah vardır. Tanrı – elə hər şeyi əhatə edən təbiətin özüdür; təbiəti dərk etməklə insan özünü və Allahı dərk edir. Təbiət əbədidir və şüurludur, çünki o, əbədi və şüurlu Tanrı ilə eyniyyət təşkil edir. Lakin Spinozanın iman gətirdiyi Tanrı Müqəddəs Kitabda təsvir edilən Tanrı deyildir.

1930-cu ildə Eynşteyn öz fikrini belə ifadə edirdi: "Mən mükafatlandıran və cəzalandıran Tanrıya inanmıram..." Daha sonra o, öz fikrini dəqiqləşdirərək yazırdı: "Mən insanların taleyi və fəaliyyəti ilə məşğul olan Allaha deyil, Kainatın nizamında təzahür edən Spinozanın Allahına inanıram. Təbiətin və Allahın eyniləşdirilməsi panteizm adlanır və bu fransız filosofu və maarifçisi, Volterin qeyd etdiyi kimi, "ateizmin nəzakətli formasıdır". Lakin Eynşteyn Kainatın quruluşundakı "hədsiz nizamın" onun idrakında "mistik həyəcanlar" və "böyük fərəh" oyatdığını da qeyd edirdi: "Kainatın quruluşundakı yüksək məntiqi nizama olan dərin emosional inam – mənim Allah ideyamdır".

Eynşteyn iddia edirdi ki, o, ümumi nisbilik nəzəriyyəsini Kainatın dərin daxili gözəlliyinə və məntiqliyinə hədsiz inam nəticəsində yaratmışdır. 1918-ci ildə "Plank" çıxışında o demişdir: "Fizika nəzəriyyəsinin əsas müddəaları məntiqi yolla deyil, "təcrübi duyma hissinə" əsaslanan intuisiya nəticəsində əldə edilir". "Təcrübi duyma hissi" "insan ruhunun azad yaradıcılığına" əsaslanaraq təbiətin dərkini ifadə edir. Fiziki nəzəriyyə idrakın monoton, daxili qanunauyğunluqları ilə deyil, intuisiyanın "azad yaradıcılığı"na əsaslanaraq yaranır. 1921-ci ildə Prinston universitetində (ABŞ) oxuduğu mühazirələrində o, elmə "insanın sərbəst ideya və mühakimələrinə əsaslanan zəkanın məhsulu kimi" baxırdı. Anlayış – zəkanın azad məhsuludur, postulatlar və nəzəri qanunlar – təcrübənin nəticələrinə əsaslanaraq məntiqi və ya induksiya yolu ilə alınması mümkün olmayan fərziyyələrdir.

Sərbəst ideyaların doğulmasına inam insan idrakının gücünə olan inamdan doğur. Bu fikri Eynşteyn Spinoza ilə bölüşdürürdü. Qravitasiya nəzəriyyəsini yaratdıqda o, təcrübəyə arxalanırdı ("təcrübəni duyurdu"). Eyni zamanda o, israr edirdi ki, sərbəst ideyalarsız və dərin fəlsəfi analizsiz heç bir təcrübə, bilavasitə hisslər vasitəsilə qavranılmayan fəza və zamanın mahiyyətinə nüfuz etməyə imkan vermir. Eynşteyn rəssam, filosof və dini mütəfəkkir idi – məhz ona görə də o, təbiətşünaslıq sahəsində islahatçı olmuşdur.





A.Eynşteyn
Sürixdə. 1912-ci il.

ildə bu nəzəriyyə tam hazır idi. Sonralar o, dəfələrlə böyük minnətdarlıq hissilə holland fiziki Hendrik Anton Lorensi və fransız riyaziyyatçısı Jül Anri Puankareni yad edərək hansı məqamların onların və özünün müasirlərinin diqqətindən və nəzərindən qaçdığını qeyd edirdi.

Eynşteyn alman fiziki, Nobel mükafatı laureatı Ceyms Franka xitabən deyirdi: "Bəzən mən öz-özümdən soruşuram: "Necə oldu ki, nisbilik nəzəriyyəsini məhz mən yaratdım?". Məncə, bunun səbəbi aydındır. Yaşa dolmuş normal insan fəza-zaman problemləri barədə çətin ki, düşünər. Çünki güman edir ki, bunları uşaq ikən o, saf-çürük etmişdir. Mən isə, əksinə, əqli cəhətdən çox ləng inkişaf etdiyimdən, yetkinlik yaşına çatandan sonra fəza və zaman haqqında düşünməyə başlamışam. Ona görə də uşaqlıqda normal inkişaf edən insanlara nisbətən, mən bu problemi daha dərindən dərk etmişəm".

16 yaşında olarkən gənc Alberti belə bir sual maraqlandırırdı: işıq şüasına çatmaq olarmı? Çox güman ki, Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsi başlanğıcını bu ideyadan götürmüşdür. İşıq şüasına çatmaq, şüanın müəyyən bir nöqtəsində lokallaşmaqla (məsələn, elektromaqnit dalğasının ya qabarıq, ya da çökük nöqtəsində olmaqla) onunla bərabər hərəkət etmək deməkdir. Lakin bu zaman müşahidəçi dalğanı görməyəcəkdir, müşahidəçiyə görə dalğa mövcud olmayacaqdır. Başqa sözlə, işıq sürəti ilə hərəkət edən hər bir obyekt üçün işıq, əslində heç hara itməyərək, mövcud olmayacaqdır.

Bu ziddiyyəti həll etmək üçün qəbul etməliyik ki, işıq sürəti ilə hərəkət elə yalnız işığa xasdır. İşığa çatmaq, onu ötmək mümkün deyildir; işıq sürəti – fiziki mümkün olan ən böyük sürətdir. Bu isə heç cür klassik mexanika ilə uzlaşmır. Bu zaman bəzi qəribəliklər meydana çıxır. Belə ki, bütün müşahidəçilər üçün sürətin son həddi

DÜNYANIN NƏZƏRİYYƏÇİ FİZİK TƏRƏFİNDƏN QURULMUŞ MƏNZƏRƏSİ

Bütün mümkün mənzərələr içində nəzəriyyəçi fizikin yaratdığı dünyanın mənzərəsi hansı yeri tutur? Riyazi dildən istifadə olunduğu üçün bu mənzərə qarşılıqlı asılılıq ifadəsinin konkretliyinə və dəqiqliyinə görə daha yüksək tələblər ödəyir. Əvəzində fizik sadə və bizim başa düşdüyümüz hadisələrin təsviri ilə kifayətlənərək öz tədqiqat obyektini güclü surətdə məhdudlaşdırmalıdır, baxmayaraq ki, bütün mürəkkəb hadisələr nəzəriyyəçi fizikə lazım olan səviyyədə dəqiq və ardıcıl şəkildə insan ağlı tərəfindən xəyalda canlandırıla bilmir. Diqqətlilik, səlislik və əminlik – tamamlanma hesabına? Əgər daha incə və mürəkkəb olanlar ürəksiz və cəsarətsiz halda nəzərə alınmırsa, onda təbiətin kiçik bir hissəsinin qavranılmasının nə əhəmiyyəti vardır? "Dünyanın mənzərəsi" – bu kimi məsələ ilə məşğul olmağa dəyərmi?

Mən düşünürəm ki, dəyər. Nəzəri fizikanın nəzəri əsaslarını təşkil edən ümumi müddəalar təbiətdə baş verən bütün hadisələrin şərhinə tətbiq oluna bilər. Təmiz məntiqi deduksiya yolu ilə dünyanın mənzərəsini, əgər bu deduksiya prosesi insan təfəkküründən yaradıcılıq imkanlarından kənara çıxmırsa, həyat da daxil olmaqla, bütün təbiət hadisələrini nəzəri təsvir etmək olar. Beləliklə, dünyanın fiziki mənzərəsinin tamlığından imtina etmək prinsipcə mümkün deyildir.

Buradan belə nəticə çıxır ki, fiziklərin ali məqsədi ümumi elementar qanunları tapmaqdır. Bu qanunların köməyilə deduksiya yolu ilə dünyanın mənzərəsini yaratmaq olar. Bu qanunları məntiqi yolla deyil, intuisiyaya əsaslanaraq almaq olar. Metodikanın qeyri-müəyyənliyi bizdə belə bir fikir formalaşdırır ki, nəzəri fizikanın istənilən qədər eyni əhəmiyyətə malik sistemləri mövcuddur: prinsipcə bu fikir şübhəsiz doğrudur. Lakin tarix sübut edir ki, bu mümkün olan nəzəriyyələrdən yalnız biri üstünlüyə malik olur. Həqiqətən də bu mövzu ilə dərindən məşğul olan hər bir kəs inkar edə bilməz ki, nəzəri sistem müşahidələrlə birqiymətli təyin olunur, baxmayaraq ki, heç bir məntiqi yol müşahidədən nəzəriyyənin əsas prinsiplərinə aparmır.

(A.Eynşteynin "Elmi tədqiqatlar metodu" məqaləsindən.)



A.Eynşteynin ümumi nisbilik nəzəriyyəsinə həsr olunmuş elmi əsərinin əlyazmasından səhifə.

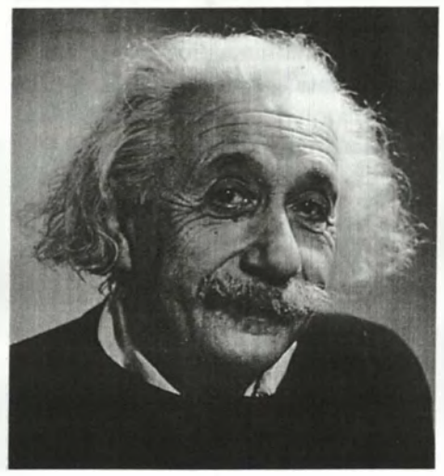
eyni olub – 300 000 km/san-yə bərabərdir. Bəs bu zaman müşahidəçinin özü hərəkət edirsə, onun sürəti hara olur? Bir halda bu sürət işığın sürəti ilə toplanılıb, başqa halda çıxılmalı deyilmi? Xeyr, işıq sürəti bütün hallarda dəyişməz qalır. Hərəkət edən müşahidəçi üçün fəzadakı məsafə və zaman anları başqa cür olur ("uzun" və ya "qısa"). Şüanın qət etdiyi yolun buna sərf olunan zamana nisbəti kimi təyin olunan işığın sürəti isə dəyişməz qalır.

Eynşteynin kiçik bacısı Mayyanın xatırlamasına görə, Sürix universitetində gənc alim tərəfindən dissertasiya işi kimi təqdim olunmuş nisbilik nəzəriyyəsi "avtoritetlərə münasibətdə hörmətsizlik" kimi qiymətləndirilməklə rədd edilmişdir. Əslində isə Eynşteyn "sağlam düşüncə"nin xəyali avtoritetinə – adi məntiqə qarşı "hörmətsizlik" etmişdir. Belə ki, həqiqət onun üçün hər şeydən əsas idi.

Onun 1905-ci ilin sentyabrında "Salnamə"də dərc olunan beşinci məqaləsi çox qısa – cəmisi üç səhifədən ibarət idi. Onun sərlövhəsində belə bir sual qoyulmuşdur: "Cismin ətaləti onun enerjisindən asılıdırmı?" O dövr üçün bu gözlənilməz sual idi, cavab isə müsbət idi; hə, asılıdır. İlk dəfə olaraq məhz bu məqalədə məşhur $E = mc^2$ düsturu verilmişdir. Məhz bu düstur fizikanı təbiətşünaslıq sferasından çıxarıb tarixin salnaməsinə saldı. Üç kəmiyyətin – enerji, kütlə və işıq sürətinin birləşməsi bəşəriyyət üçün taleyüklü məsələyə çevrildi. Bütün faydalı və müdhiş imkanları ilə bu ideya atom energetikasının əsasını qoydu. Eynşteynin özü bu düsturu nisbilik nəzəriyyəsinin mühüm nəticəsi kimi qiymətləndirmişdir.

AYDINLIĞA APARAN YOL

Leonardo da Vinçi haqqında yazılmış qədim tərcümeyi-halların birində deyilir: "Onda bir-birinə zərif tellərlə bağlanmış tükənməz güc ehtiyatı var idi". Leonardo əsərləri üzərində uzun müddət işləyərdi. O, Santa-Mariya delle Qratsiye monastırında "Məxfi axşam" freskası üzərində işləyərkən, hər şeyə irad tutan prior (katoliklərdə monastır başçısı) onu bekarçılıqda təqsirləndirərək deyirdi: "Leonardo sənə eyib deyilmi, saatlarla freska qarşısında durub baxırsan və əlini ağdan-qaraya vurmursan? Milan sənə pul verir, sən isə heç bir iş görmürsən!" Leonardo cavabında demişdir: "Öz ağlı ilə yeniliklər axtaran və onu əllərinin



A.Eynşteyn.
1946-cı il.

"1923-cü ildə nisbilik nəzəriyyəsi barədə nə düşünürsünüz?" – sualına Ernest Rezerfordun cavabı: "Cəfəngiyatdır... Bizim işimiz üçün bu gərəksizdir".

Periheli – Günəş ətrafında fırlanan göy cisimlərinin orbitinin Günəşə ən yaxın nöqtəsi.

İDEYALAR DRAMI

Ömrün sonlarında daha bir problem Eynşteynin həyatında müəyyən çətinlik yaratmışdır. 1947-ci ildə onun məşhur alman fiziki Maks Borna yazdığı məktubunda belə bir fraza nəzərə çarpır. "Sən Allahın zər oyunu oynadığına, mən isə obyektiv varlığın tam qanunauyğunluğuna inanıram..." Bu sözlərdən belə məlum olur ki, Eynşteynin fikrincə, Təbiət, kvant mexaniki təsəvvürlərin ziddinə olaraq, təsadüf qanunların hökm sürdüyü ehtimallı aləm ola bilməz.

Qəribədir: o, başlanğıcını dalğa-zərrəcik dializminin tədqiqindən götürən və yaranmasında Eynşteynin özünün də əməyi olan bu "mikrokentavr" [qədim yunan əsatirində insan başlı at] mexanikasına deyil, birmənalı klassik səbəbiyyətə inanmışdır. 1927-ci ildə Brüsseldə keçirilən Solve konqresində onun Nils Borla qarşıdurması – "əsrin qarşıdurması" – fizikanın tarixinə yazılmışdır.

1911-ci ildə belçikalı kimyaçı-texnoloq və sahibkar Ernest Solve (1838-1922) və görkəmli alman fiziki və kimyaçısı Valter Nernst (1864-1941) fizikanın problemlərini müzakirə etmək məqsədilə Brüsseldə məşhur fiziklərin toplantısını keçirmək qərarına gəlirlər. Bu təşəbbüsü Solve maliyyələşdirdiyindən bu konqres Solve konqresi adı ilə tarixə düşmüşdür.

Hər gün Albert Eynşteyn kvant nəzəriyyəsinin əsas prinsipinə – qeyri-müəyyənlik münasibətinə qarşı dəlillər gətirir və hər dəfə də müvəffəqiyyətsizliyə uğrayırdı. Qızğın mübahisələr nəticəsində məlum oldu ki, Borun tərəfində mikroaləmin paradoksal reallıqları, Eynşteynin tərəfində isə dərkedilən maddi aləmin klassik ənənələri və inam dururdu. Burada fizika qurtarır, fəlsəfə başlanırdı. Fizikanın tarixi barədə Eynşteyn əbəs yerə deməmişdir: "Bu dram – ideyalar dramıdır!"



I Solve konqresinin iştirakçıları. 1911-ci il.

köməyilə həyata keçirən, kamil ideyalar yaradan yüksək zəka az işlədikdə daha çox nailiyyətlər qazanmış olur". Şükürlər olsun ki, sifarişçi Sfortsa hersoqu Lodoviko Moro onunla razılaşmışdır və prior bununla hesablaşmalı olmuşdur.

Eynşteyn də özünə xas olan yumorla bir dəfə demişdir: "İndi mən başa düşürəm ki, niyə bu qədər insan böyük həvəslə odun yarır... Çünki dərhal öz işlərinin nəticəsini görürlər". Dərhal nəticə verməyən yaradıcılıq işləri haqqında o, məqalələrinin birində yazırdı: "Yalnız başına gələnlər bilir ki, qaranlıqda uzun sürən axtarışlar, həyəcan və həsrətli gözləmələr, özünə inamdan yorğunluğa keçid və nəhayət, aydınlığa çatmaq üçün edilən sıçrayışla nəticələnən qabaqcadan hissetmə nədir!"

Görkəmli fizik Mariya Küri-Sklodovskayanın kiçik qızı Yevanın uşaqlıq xatirəsinə görə, 1913-cü ildə yayda Alp dağlarında ailəvi gəzinti zamanı onlara, artıq on yaşına qədəm qoymuş böyük oğlu Hans Albertlə birgə Eynşteyn də qoşulmuşdur. Böyüklərin söhbətinə qulaq asan uşaqlar, Eynşteynin Mariyaya ünvanlandığı: "Mən bilmək istəyirəm ki, boşluğa düşən liftin sərnişinlərinin başına nə iş gəlir?" – sualını eşitdikdə gülümsəmişlər.

Yeva yazırdı: "Biz onda güman edə bilərdikmi, liftin xəyali düşməsi nisbilik nəzəriyyəsinin (ümumi nisbilik nəzəriyyəsinin) əsas problemlərinə aid olan bir məsələdir". Alpda gəzintilər zamanı liftlə bağlı sualın cavabını Eynşteyn çox güman ki, bilmirdi. Söhbət isə cazibə sahəsində cisimlərin sərbəst düşməsindən gedirdi. Cazibənin təbiəti problemi həll olunurdu – onun özü nədən ibarətdir?

Klassik mexanikada ümumdünya cazibəsi – Nyuton qanununa əsasən kütləyə malik cisimlərin qarşılıqlı cəzb olunması – boşluq vasitəsilə həyata keçirilir. Klassik təsəvvürlərə görə bir-birini cəzb edən cisimləri heç nə

bir-birinə bağlamırdı və cazibə sahəsi – cisimləri bir-birinə bağlayan qravitasiya enerjisinin daşıyıcıları barədə təsəvvürlər belə yox idi. Evklid aksiomları ilə ifadə olunan fəzanın həndəsi xassələri klassik təsəvvürlərə görə qravitasiya məsələsində heç bir fiziki rola malik deyildi.

Eynşteynin ümumi nisbilik nəzəriyyəsinə görə isə, bütün cisimlər öz kütləsi hesabına, ətrafındakı fəzanı, sanki, öz ağırlığı ilə basaraq əyir. Daha az kütləyə malik cisim daha ağır cismə doğru əmələ gəlmiş təbii əyri xətt boyunca hərəkət edir (bu cazibənin obrazlı modelidir).

Eynşteyn maddi aləmin quruluşunu – Kainatdakı bütün cisimləri bir-birinə bağlayan qravitasiyanın təbiətini – "duymaq şərəfinə nail olmuşdur". Qravitasiya kütləyə malik cisimlər arasında qarşılıqlı təsir kimi özünü büruzə versə də, əslində o, fəza həndəsəsinin, daha dəqiq desək, fəza-zamanın xassəsidir, bizim dünyanın əyilmə xassəsinin doğurduğu nəticədir. Əyilmə isə öz növbəsində ona görə yaranır ki, maddi aləm boşluqdan deyil, materiyadan – maddə və sahədən ibarətdir. Əgər başlanğıcı 1905-ci ildən götürsək, ümumi nisbilik nəzəriyyəsini yaratmaq üçün ona on il gərək olmuşdur. Həlledici addım 1915-ci ildə atılmışdır. Günlərin bir günü ona aydın oldu ki, onun yazdığı tənlik Nyuton mexanikası üçün müəmmalı qalan məsələləri izah edə bilər. Belə ki, ümumi nisbilik nəzəriyyəsi uzun müddət astronomları düşündürən bir problemi, Merkurinin orbitinin perihelinin (Günəşə ən yaxın olan nöqtəsinin) yerdəyişməsini (yüz ildə 43″) izah edə bildi. Eynşteynin sevincinin həddi-hüdudu yox idi. Dostu Paul Erenfestə etiraf edərək yazırdı: "Mən bir həftə ekstazda oldum".

ÇƏTİN DÖVR

Dahi danimarkalı fizik Nils Bor haqqında Eynşteyn deyirdi ki, o hələ gənclik illərindən özünün yeni ideyaları ilə hipnoz edilmişdir. Bunu Eynşteynin özünə də şamil etmək olar. Eynşteynin dostu olmuş həkim Yanoş Plesç yazırdı: "Onun zəkası heç nə ilə məhdudlaşmamışdır... və qabaqcadan müəyyən olunmuş heç bir qaydaya tabe deyildir: o, onu oyatmayana qədər yatır, ona yatmaq vaxtıdır deməyənədək oyaq qalır. Onun iştahı yemək süfrəyə verilərkən açılır və o, bəsdir deməyənədək yeyir. Onu körpə uşaq təki nəzarət altında saxlamaq lazım idi..." Özü haqqında Eynşteyn yazırdı: "Sizlər mənə gülməyəsiniz deyə əlavə edirəm: mənə yaxşı məlumdur ki, mən şən alacəhrəyəm".

Böyük nüfuz qazanmasına baxmayaraq, Eynşteyn bəzən, xüsusilə də

◄◄ A.Eynşteynin Fundamental Tədqiqatlar İnstitutunda iş yeri. Priston. 1955-ci il.

▼ Vaşinqtonda A.Eynşteynin heykəli.







A.Eynşteyn Pristonda.

həyatının çətin anlarında uzaq bir mayakın tənha nəzarətçisi yerində olmağı arzulayırdı. Çox güman ki, məişət zəminində onun həyatının ən çətin illəri hələ tələbəlik illərindən taleyini bağladığı birinci həyat yoldaşı, onun iki oğlunun anası Mileva Mariçlə aralarında olan ixtilaflı illər olmuşdur.

Çətinliklər yalnız onun şəxsi həyatı ilə bağlı deyildir. 1933-cü ildə, Hitler hakimiyyətə gəldikdən sonra, Eynşteyn Belçikada kraliça Yelizaveta və kral Albertin himayəsi altında müvəqqəti sığınacaq tapmışdır. Burada Eynşteyn gizli olaraq qorunulurdu. Belə ki, nasistlərin ona divan tutacaqları barədə hədələri Belçikaya qədər çatmışdır. İki agent 54 yaşlı professoru hər yerdə müşayiət edirdi.

Eynşteynə Parisdə və Madriddə fəxri professorluq təklif olunmuşdur, amerikanlar onu Pristona, Fundamental Tədqiqatlar İnstitutuna (*ing.* İnstitute for Advanced Study) dəvət edirdilər. Alim Pristonu seçir və yanılmır. 1955-ci ilin aprelinədək, onun vəfatınadək, 22 il müddətində bu sakit "alimlər şəhəri" Eynşteyn üçün arzu olunan iqamətgah olmuşdur. O, burada azadlıq və müstəqillik əldə etmişdir. Onun yalnız bir vəzifəsi var idi: xoşuna gələn işlə məşğul olmaq. Pristonda yaşadığı illərdə Eynşteyn üçün ən əhəmiyyətlisi vahid sahə nəzəriyyəsi qanunlarının axtarışı olmuşdur. O inanırdı ki, təbiətdə bunun kütlələr və yüklər arasındakı qarşılıqlı təsirləri, qravitasiya və elektromaqnetizmin bütün təzahür formalarını izah edən və onları vahid bir tam şəklində birləşdirən qanunlar mövcuddur.

Alimin Pristondakı kabinetində buxarı üzərində belə bir kəlam həkk edilmişdir: "Allah çox bicdir, amma qərəzkar deyildir". Bu kəlam Eynşteynin təbiətin məntiqi quruluşuna inamını əks etdirirdi. Bu inam isə vahid nəzəriyyə axtarışında onu ruhlandırırdı. Lakin bu nəzəriyyəni qurmaq ona nəsib olmurdu, onun yolunda, aradan qaldırılması mümkün olmayan çətinliklər yaranırdı. Bu illər də onun üçün asan keçməmişdir. Ona böyük hörmət bəsləyənlər və digər nəzəriyyəçilər bu üzücü axtarışları təqdir etmirdilər.

İllər boyu Eynşteyn, doğrudan da, müasirlərinin əksəriyyətinin fikrincə, "sonu bəlli olmayan yol"u işıqlandıran tənha mayak gözətçisi olmuşdur. O, öz ümidlərində, bəlkə də, haqlı idi? Belə ki, vahid nəzəriyyə axtarışı, doğrudur, sonralar bir çox fiziklər tərəfindən bir az başqa üsullarla aparılsa da, hələ də bir nəticə verməmişdir. Mahiyyətcə, indi elmdə məhz Eynşteyn proqramı həyata keçirilir...



N.Bor doktorluq dissertasiyasının müdafiəsində. "Daqbladet" qəzeti. Aprel, 1911-ci il.

NİLS BOR VƏ KVANT İNQİLABI

Düşüncələrə qərq olmuş, adi həyatda adi nemətlərdən imtina edən tərkidünya şəxs – "əsil alim"in bu cür xrestomatik obrazından Nils Bor çox uzaq idi. Dostları onu qarlı yamaclarda şütüyən misilsiz xizəkçi; uşaqları, sonralar isə nəvələri ilə əhatə olunmuş xoşbəxt ailə başçısı; ehtiraslı mübahisəçi və hər hansı bir kompaniyanın bəzəyi kimi xatırlayırdılar. Onun məzmunlu və uzun ömrü bir neçə insana bəs edərdi.

BAŞLANĞIC

Nils Henrik David Bor 1885-ci il oktyabrın 7-də anadan olmuşdur. Onun ailəsi əsil elm sülaləsi idi: görkəmli fizikin atası Xristian Bor fiziologiya üzrə professor idi, kiçik qardaşı Harald

Avqust (1887-1951) görkəmli riyaziyyatçı, Nils Borun oğullarından biri Oqe (1922-ci ildə anadan olmuşdur) isə fizik, Nobel mükafatı laureatı olmuşdur.

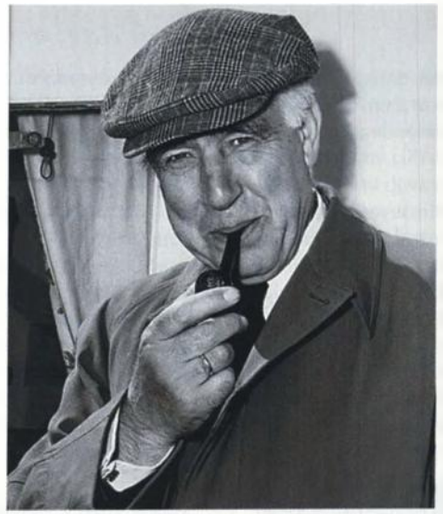
Xristian və Ellen Borlar ailədə sərbəstlik və qarşılıqlı ehtiram ab-havası yaratmağı bacarmışdılar. Onlar övladlarında möhkəm elmi fundament yaratmış və özlərinə inam formalaşdıra bilmişdilər. Məhz bunun sayəsində onların istedadı tezliklə özünü büruzə verdi. Oğlanlar evlərində təşkil olunmuş ənənəvi görüşlərin daimi iştirakçıları idilər. Bu görüşlərdə müxtəlif mövzularda qızğın diskussiyalar aparılırdı. Atasının dostları olan alimlərdən savayı burada rəssamlar, yazıçılar, musiqiçilər iştirak edər, digər ölkələrdən də qonaqlar gələrdilər.

Saf qəlbli, utancaq Nils və diribaş, masqaraçı Harald uşaqlıqda həmişə bir yerdə böyümüş, bütün ömür boyu bir-birinə çox yaxın insanlar olmuşlar. Bir il fərqlə qardaşlar Kopenhagen universitetinə daxil olurlar; Nilsi fizika və fəlsəfə, Haraldı isə riyaziyyat maraqlandırırdı. Qardaşlar futbolla da çox maraqlanırdılar, onlar hətta, Danimarka milli komandasının heyətinə daxil edilmişdilər.

Sonralar Nils Bor Nobel mükafatı aldıqda, Danimarkada idman qəzetləri bu cür başlıqla çap olunmuşdur: "Bizim qapıçıya Nobel mükafatı təqdim olunmuşdur!"

"ELMLİ ATA"

1908-ci ildə metalların elektron nəzəriyyəsinə dair dissertasiya müdafiə edən Nils Bor elmlər doktoru adına layiq görülür. Bir qədər istirahətdən sonra o Kembricə, elektronu ilk dəfə kəşf edən ingilis fiziki, Kavendiş laboratoriyasının rəhbəri Cozef Con Tomsonun (1856-1940) yanına gəlir.



Nils Bor.

Əvvəldə onun işləri o qədər də uğurlu getmirdi. Lakin bir neçə aydan sonra Bor Ernest Rezerfordla (1871-1937) tanış olur. Dünya şöhrətli alim gəncdə böyük təəssürat yaradır və Bor yəqin edir ki, o, yalnız fövqəladə elmi intuisiyaya malik şən və hay-küylü Rezerfordla işləmək istəyir. Rezerford da özünə məxsus uzaqgörənliklə danimarkalı gəncin elmi potensialını qiymətləndirərək əməkdaşlarına deyərdi: "Bor mənim rastlaşdığım şəxslər içərisində ən istedadlısıdır". 1912-ci ilin aprelində Bor Rezerfordun laboratoriyasının yerləşdiyi Mançester şəhərinə gəlir. Artıq o dövrdə bu laboratoriyada atom fizikası sahəsində bir çox ixtiralar edilmişdir.

Bor burada özünü çox xoşbəxt hiss edirdi. Laboratoriyada sürətli inkişaf üçün gənc alimə lazım olan hər şey – fizikanın ən mühüm problemlərinə aid mühazirələr, yeni eksperimentlər, elmi mübahisələrlə müşayiət olunan ənənəvi axşam çayiçmələri var idi. Rezerford Bor üçün sadəcə elmi rəhbər deyil, onun elmdə "atası", dostu olmuş, həmişə onu başa düşmüş, dəstəkləmiş, tələsik qərarlardan qorumuş və onun nailiyyətlərinə çox sevinmişdir.



Borun atom nəzəriyyəsinin 50 illiyi münasibəti ilə Danimarkada buraxılmış marka.

BORUN AİLƏSİ

Nils və Marqaretin nikahı son dərəcə xoşbəxt və uğurlu alınmışdır. Həyat yoldaşı Boru daim başa düşər və onun hər bir təşəbbüsündə onu ruhlandırardı; o məqalənin hazırlanmasında Bora kömək edir, məqaləni ingilis dilinə tərcümə edir və məktublara cavab verirdi.

Ən başlıcası isə – Marqaretin sayəsində evdə xoş əhvali-ruhiyyə, xeyirxahlıq və səmimiyyət hökm sürürdü. Onlara yeni gəlmiş istənilən şəxs tezliklə həyəcanını boğar və uyğunlaşar, evdən uzaq düşən kəslər, tələbələr və Borun əməkdaşları isə özlərini yalqız hiss etməzdilər. Bir neçə il sonra onların ilk övladı dünyaya gəlir və sonra bir-birinin ardınca daha dörd oğlu anadan olur. Vaxtilə atasının etdiyi kimi, Bor övladları ilə vaxt keçirməyi sevər, onlara müxtəlif şeyləri – odun yarmaqdan xizəkdə gəzməyə qədər – öyrədərdi. Xarici səfərlərdə hər dəfə onu bir oğlu müşayiət edərdi – o istəyirdi ki, övladları dünyanı görsünlər.

Borun xoşbəxt ailə həyatına 1934-cü ildə baş vermiş bir faciə kədər gətirdi. Onun böyük oğlu, 19 yaşlı Xristian, atasının gözü önündə vəfat etmişdir; birdən qopan şiddətli qasırğa onu gəzinti yaxtasının göyərtəsindən aparmışdır.

Bor həmişə övladlarının maraqlarına hörmətlə yanaşmış və öz həyat yollarını seçməkdə onlara sərbəstlik vermişdir. Hans həkim, Erik mühəndis, Ernest vəkil olmuşdur, təkcə Oqe atasının yolu ilə getmiş və onunla birgə çalışmışdır. Ailə şənliklərində və məktəb tətilləri zamanı çoxsaylı nəvələri Borun evinə təşrif buyurardılar və Nils, bir vaxtlar öz övladları ilə olduğu kimi, onlarla vurnuxardı.



N.Bor ailəsi ilə birlikdə Moskvada (solda P.L.Kapitsa). 1937-ci il.

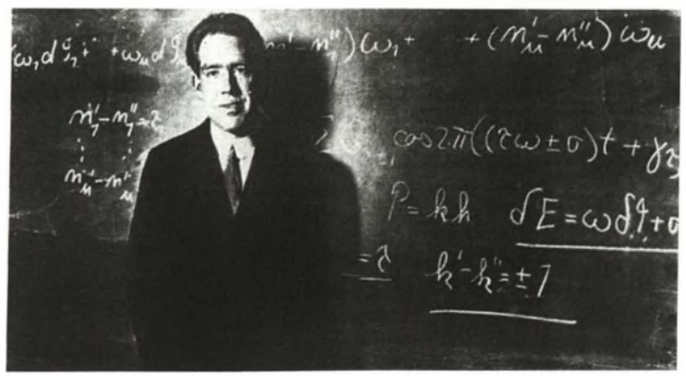


N.Bor həyat yoldaşı ilə. N.Borun 100 illiyi münasibəti ilə Danimarkada buraxılmış marka.



O.Bor. Dominikan Respublikasında buraxılmış marka.

Nils Borun Mançesterə ilk gəlişi yalnız dörd ay çəkir. Məhz bu zaman onda gələcək "kvant inqilabının" əsasları ilə bağlı ideyalar formalaşır. Mançester Borun ikinci vətəni olur. Öz həyatının ən məhsuldar və ən çətin anlarında o, bu şəhərə dəfələrlə gəlmişdir.



N.Bor. 1920-ci illər.

XİLAS OLUNMUŞ ATOM

Nils Bor əbəs yerə Kopenhagenə dönməyə tələsmirdi – orada onu nişanlısı Marqaret gözləyirdi. Bu xoşbəxt ilin əlamətdar hadisələrindən biri də onların toyu olmuşdur.

Bor doğma universitetdə dosent vəzifəsində çalışır və bütün asudə vaxtını yeni ideyaların təkmilləşdirilməsinə sərf edirdi. Daim Rezerfordla məktublaşan Bor gərgin əməklə dolu bu bir il ərzində öz məşhur trilogi-

yasını yaradır – özünün atomun quruluşu nəzəriyyəsinin əsas ideyalarını əks etdirən üç məqalə yazır.

Atomun quruluşu artıq Rezerfordun təcrübələrində müəyyən olunmuşdur. Ağır nüvə ətrafında yüngül elektronlar fırlanır. Əsas problem onda idi ki, Maksvellin elektrodinamikasının qanunlarına əsasən, mərkəzəqaçma təcili ilə hərəkət edən elektronlar elektromaqnit dalğaları şüalandırmalı idi və enerjisini tədricən itirərək, nüvənin üzərinə düşməli idi. Rezerfordun atomu dayanıqlı deyildir və heç bir yolla onu "xilas etmək" mümkün deyildir. Məhz bu mənfi nəticə Borun axtarışlarının istinad nöqtəsi oldu. Atomun dayanıqlıq məsələsini "artıq məlum olan üsullarla heç cür həll etmək mümkün deyildir. Bundan ötrü atom modelini deyil, fizikanın özünün prinsiplərini dəyişmək lazımdır.

1900-cü ildə alman fiziki Maks Plank buna oxşar problemi həll etmişdir. Klassik fizikanın qanunlarına görə, istənilən cisim, demək olar ki, ani olaraq özünün istilik enerjisini şüalandırmalı və mütləq sıfıra qədər soyumalı idi (*ultrabənövşəyi fəlakət*). Plank bu ziddiyyəti həll etmişdir (eyni zamanda cisimlərin istilik şüalanmasının spektri üçün düstur da vermişdir). Plankın fərziyyəsinə görə enerji kəsilməz deyil, porsiyalarla – kvantlar şəklində şüalanır. Plankın oğlunun sözlərinə görə, atası o vaxt deyirdi ki, o, ya Nyutonun kəşfləri ilə müqayisə oluna biləcək dərəcədə kəşf etmiş, ya da tamamilə səhvə yol vermişdir.

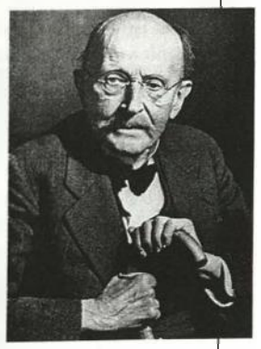
1905-ci ildə Eynşteyn kvant ideyasının köməyilə fotoeffekt hadisəsini izah etdi. Elektromaqnit şüalanmasının kvantı özünü bölünməz zərrəcik kimi aparır, ona görə də metaldan elektronu vurub çıxara bilir. Bor kvant ideyasını atoma tətbiq etdi. Əgər elektronun orbital momenti L – Plankın kvantlarının (yəni Plank sabitinin) tam misillərinə bərabərdirsə, $L = n\hbar$ (n = 1, 2, ...), onda elektron tədricən fırlanma momentini itirərək kəsilməz şüalana bilməz. O, yalnız bir stasionar orbitdən digər aşağı stasionar orbitə sıçrayaraq porsiyalarla şüalana bilər. Ən aşağı orbit (n = 1) daha dayanıqlı hala uyğundur, elektronun momenti $\hbar$-dən kiçik ola bilməz.

Borun nəzəriyyəsinə görə elektronun şüalanma tezliyi, klassik elektrodinamikaya zidd olaraq, elektronun fırlanma tezliyindən asılı deyildir. Bu tezlik başlanğıc və son orbitlərin enerji fərqləri ilə təyin olunurdu və bununla da çox asanlıqla atomun spektrləri izah olunurdu. Eynşteyn Borun nəzəriyyəsini "nəzəri düşüncə sahəsində ən yüksək məlahət" adlandırmışdır. O qeyd edirdi ki, onda "bu cür fikirlər ya-

BORUN ÜSLUBU

Borun məqalələrində nə giriş, nə də nəticəyə rast gəlinir. Qısa təsvirdən sonra o, dərhal işin mahiyyətinə keçir. Bu cür üslub ona yeniyetməlik dövründən miras qalmışdır. Məktəbdə oxuyarkən Nils bir dəfə müəllimini "Limanda gəzinti" adlı iki cümlədən ibarət inşası ilə heyrətləndirmişdir: "Mən və qardaşım gəzmək üçün limana getmişdik. Orada biz gəmilərin sahilə necə yan aldığını seyr edirdik". Onun digər, metallara aid inşası belə bir cümlə ilə tamamlanır: "Sonda mən alüminium haqqında qeyd etmək istəyirəm". Kopenhagen universitetində ardıcıl partlayışları eşidən kimya müəllimi başını qaldırmadan: "Bu, Borun işidir" – demişdir. O, səhv etməmişdir, eksperimentator kimi Bor hər şeylə maraqlanırdı.

Bor hər şeyi gec qavrayırdı, lakin dərindən və paradoksal düşünürdü. Çox güman ki, kvant inqilabı dövründə məhz belə düşüncə gərəkli idi. Üç onillik ərzində alimlər tərəddüdlə həqiqətə aparan yanlış, lakin nəzəriyyə üçün zəruri olan "laxlayan körpü üzərində" vurnuxurdular. 1920-ci ildə atomun kvant modelinə aid suallara Borun nə cür cavab verdiyini xatırlayaraq, məşhur alman fiziki Ceyms Frank (1882-1964) qeyd edirdi: bir çox suallar cavablanmamış qaldı. Borun özünün də etirafına görə, onun nəzəriyyəsi hələ tamamlanmamış şəkildədir. "Bəzən o, donuq sifətində ümidsizlik və süstlük ifadəsi alaraq hərəkətsiz otururdu. Bu zaman onun gözləri heç bir məna kəsb etmir, qolları iradəsiz olaraq yanlara sallanır və o, tanınmaz dərəcədə dəyişmiş olurdu. Onun bu vəziyyətini görən hər bir kəs özünü itirərdi... Lakin birdən o, daxildən nurlanardı. Bu zaman onda qığılcım alışdığının şahidi olurduq və o bildirərdi: "Belə, indi bu mənə aydındır!" Mən əminəm ki, bu cür düşüncə tərzi yalnız Nyutona məxsus olmuşdur".



M.Plank.



Kopenhagendə Nəzəri Fizika İnstitutunda seminar. Birinci sırada (soldan sağa) O.Kleyn, N.Bor, V.Heyzenberq, V.Pauli, Q.Qamov, L.Landau, Q.Kramers. 1930-cu il.

ranmışdı, lakin onu inkişaf etdirmək üçün cəsarəti yetərli olmamışdır".

Rezerford Bora ünvanladığı məktubda yeni nəzəriyyənin əsas çətinliyini göstərərək yazırdı: "Bir stasionar haldan digərinə keçid zamanı elektron rəqs tezliyini necə müəyyən edə bilir? Ehtimal ki, Siz məcbursuz ki, fərz edəsiz, elektron əvvəlcədən harada dayanmalı olduğunu "bilir".

Elm aləminin reaksiyası kəskin və cəld oldu. Yeni nəzəriyyənin tərəfdarları və əleyhdarları çoxsaylı diskussiyalar aparırdılar. Borun hipotezinə dair Maks fon Laue yazırdı: "Bu cəfəngiyatdır! Maksvellin tənlikləri bütün hallar üçün doğrudur və elektron kəsilməz şüalanmalıdır". Yaşlı nəsil fiziklərinin narazılığını lord Con Uilyam Reley bildirmişdir: "İddia edirəm ki, kəşflər bu cür edilmir. Əgər edilirsə də, bu, məni qane etmir". Müəyyən müddət sonra hər şey aydınlaşdı: Borun işləri fizikanı dəyişdirdi və bütün XX əsr boyu fizikanın inkişaf istiqamətini müəyyən etdi.

SEVİMLİ "ÖVLAD"

1914-cü ildə, Birinci dünya müharibəsi ərəfəsində, Rezerford yenidən Boru özünün yanına laboratoriyaya dəvət edir. Eksperimentlər və elmi mübahisələr indi cəbhədən gələn həyəcanlı xəbərlər və orduya çağırılmış əməkdaşların taleyi üçün narahatçılıq fonunda davam edirdi. Rezerford öz yetirmələrini hərbi qırğınlardan qorumaq üçün maksimum güc sərf edirdi, lakin buna heç də həmişə nail olmurdu. Müharibə ərəfəsində atomun nüvəsinin yükünün elementin sıra nömrəsi ilə üst-üstə düşdüyünü göstərən gənc və istedadlı ingilis fiziki Henri Qvin Cefris Mozlinin (1887-1915) həlak olması çoxları üçün sarsıdıcı zərbə oldu. Mozlinin kəşfi Bor nəzəriyyəsinin doğruluğunu tam təsdiqləyirdi. Üç il sonra Bor yeni ideyalar və yeni arzularla Kopenhagenə qayıdır. Doğma şəhərdə o, Rezerfordun laboratoriyasına bənzər elmi mərkəz yaratmaq istəyir. Bu mərkəzdə dünyanın müxtəlif ölkələrindən gəlmiş fiziklər işləməli və ünsiyyətdə olmalı idilər. Bu ideya onun həmvətənləri tərəfindən də dəstəkləndi. Borun gənclik dostlarından biri, biznes sahəsində müvəffəqiyyət qazanmış sahibkar şəxs Nəzəri Fizika İnstitutunun inşası üçün böyük məbləğdə maliyyə yardımı göstərir və əlavə vəsaitin də toplanmasını təşkil edir. Şəhər institut üçün çox gözəl parkın qurtaracağında yer ayırır.

Bor bütünlüklə özünü yeni proyektə sərf edir. O, hətta Rezerfordun ona yenidən laboratoriyada işləmək təklifini rədd edir. Başqa vaxt olsaydı o, bu təklifi fikirləşmədən qəbul edərdi. Özündən yaşca böyük olan dostuna ünvanladığı məktubda Nils Bor öz qərarını əsaslandıraraq yazırdı: "Mən imkanım daxilində Danimarkada fiziki tədqiqatların inkişafına yardım etməyə, hamıya kömək göstərməyə mənəvi cəhətdən borcluyam... Mən çox istərdim ki, yenidən Mançesterdə olam, mən əminəm ki, bu, mənim tədqiqat işlərimə çox böyük təkan vermiş olardı... Aydındır ki, bu mərkəzin vəsaiti, mənim məvacibim, həmçinin avadanlıq ingilis standartlarından çox aşağı olacaq. Lakin mən burada qalmağı və çalışmağı özümə borc bilirəm. Hərçənd, yaxşı başa düşürəm ki, əgər Sizlə işləməyə razılıq versəydim, aldığımız nəticələr daha yüksək olardı". O, yalnız qısa müddətə, Tomsonun yerinə keçmiş və Kavendiş laboratoriyasının direktoru olmuş Rezerfordun yanına gəlir. Faktiki olaraq Bor Mançesterdə Rezerfordun sələfi ola bilərdi, lakin o, öz vətənində işləməyə üstünlük verir.

Nəhayət, 1920-ci il sentyabrın 15-də çoxlu qonağın iştirakı ilə, onların içərisində Rezerford da var idi, institut açılır. Burada hər şey nəzərə alınmışdı: laboratoriyalar (hərçənd, hələlik avadanlıqla zəif təmin olunmuşdur), fiziklər üçün ideal balaca, sadə kabinetlər, diskussiyalar üçün geniş auditoriya; rahat kitabxana, yeməkxana, parka çıxış. İskəndəriyyə museyonundan sonra alimlər üçün buna oxşar heç nə yaradılmamışdır.

Nəzəri Fizika İnstitutunun sadə və gözəl binası Kopenhagenin görməli yerlərindən birinə çevrildi. On beş il sonra bu institutun yanında riyaziyyat institutu da tikilir və bu instituta Borun qardaşı Harald rəhbərlik edir.

QƏHRƏMANLIQ DÖVRÜ

1922-ci ilin sonunda Nils Bor atom nəzəriyyəsinə görə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülür. Bütün Danimarka şadlıq edirdi: bu danimarkalıya verilmiş ilk Nobel mükafatı idi. Özünün Nobel mühazirəsini Bor aşağıdakı sözlərlə bitirmişdir: "Bizim nəzəriyyə hələ ilkin mərhələdədir, bir çox fundamental problemlər özünün həllini gözləyir". Qarşıda görüləcək böyük problemlər dururdu.

"Qəhrəmanlıq dövrü" adlandırılan sonrakı illərdə Bor və Nəzəri Fizika İnstitutunun gənc fizikləri, onların içərisində dövrün ən yaxşı zəkaları: isveçrəli Volfqanq Pauli (1900-1958),



N.Bor.
S.Y.Yakovlevin çəkdiyi qrafik portret.



N.Bor və A.F.İoffe. Moskva. 1934-cü il.

BORUN ZƏMANƏSİ

Bu qəhrəmanlıq dövrü idi. Elmi kəşflər ayrıca bir görkəmli alimin fəaliyyətinin nəticəsində deyil, müxtəlif ölkələrdən olan onlarca alimin birgə səyi nəticəsində yaranırdı. Bu prosesdə hər bir kəs Nils Borun hər şeydən xəbərdar, tənqidçi ruhunu ilhamlandırır, ona ürək-dirək verir, onu daha da dərinləşdirir və qabağa aparırdı. Bu dövr – laboratoriyada qızğın əmək, cəsarətli eksperimentlər, bir çox səhv başlanğıc ideyalar və əsassız mühakimələr, mübahisələr, tənqidlər və parlaq riyazi improvizasiyalar dövrü idi.

Bunda iştirak edən hər bir kəs üçün bu dövr vahiməli və sevinc dolu həyəcanlı yaradıcılıq dövrü idi.

(R.Oppenheymer)

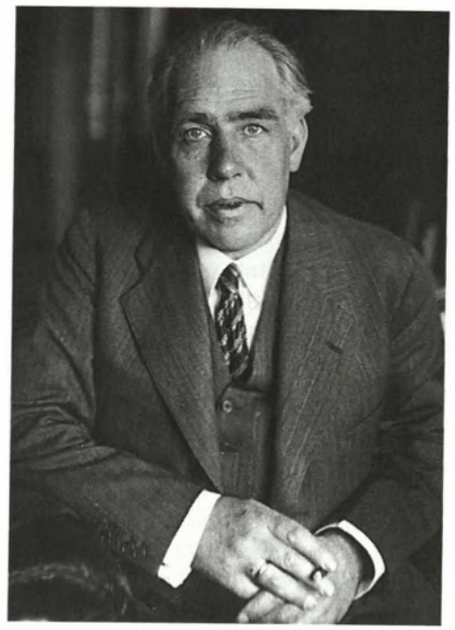
Bor, yaratdığı nəzəriyyəni ömrünün sonunadək müdafiə edən əksər alimlərdən seçilirdi. O, özü öz nəzəriyyəsinin zəif və çatışmayan cəhətlərini tapar, problemi hərtərəfli öyrənməyi israr edər və heç vaxt ilk ağla gələn həllə kifayətlənməzdi. Onun tədqiq etdiyi istənilən problemin həlli yekunlaşarkən ilkin variantından kəskin fərqli olurdu.

(R.Mur)

Elm mütəfəkkiri kimi Borda ən xoşagələn cəhət cəsarət və ehtiyatlılığın nadir uyğunluğudur; çox az adam onun kimi gizli şeylərin intuitiv anlamı ilə tənqidi yanaşmanın ahəngini yaratmaq qabiliyyətinə malikdir. O, valehedici müfəssəl biliyə malikdir, onun baxışları həmişə səthin altında gizlənən əsas prinsiplərə yönəlmişdir. Şübhəsiz, Bor elm sahəsində bizim əsrin görkəmli alimlərindən biridir.

(A.Eynşteyn)

Nils Bor.
1937-ci il.



ingilis Pol Adrien Moris Dirak (1902-1984), alman Verner Heyzenberq (1901-1976) atoma həmləyə keçirlər. Yeni-yeni hipotezlər yaranır və təkzib olunaraq rədd edilirdi, eksperimentlər yeni-yeni faktlar üzə çıxarırdı, diskussiyalarda çıxılmaz vəziyyətlər yaranır və sonra yenidən qızğın mübahisələr gedirdi. Bəzən alimlər yorulur və ümidsiz vəziyyətə düşürdülər, belə böhranlı vəziyyəti aradan qaldırmaq üçün institutda ənənəvi üsullar mövcud idi: gəzintilər, idman, Borun sevdiyi vesternlər (bu zaman o heç vaxt süjet xəttini izləyə bilmir və ətrafdakılardan izahatlar tələb edirdi), sonsuz sayda zarafatlar və oyunlar.

Nils Bor həmişə vurğulamağı sevirdi. "Yaxşı ki, biz paradoksla üzləşmişik. Deməli, inkişaf üçün ümid vardır". İnkişaf doğrudan da var idi. 1926-cı ildə atomu təsvir etmək üçün iki sistem formalaşmışdır – Heyzenberqin matrisa mexanikası və avstriyalı fizik-nəzəriyyəçi Ervin Şredingerin (1887-1961) dalğa mexanikası. Birincisi elektronu zərrəcik, ikincisi isə dalğa kimi təsvir edirdi. Buna baxmayaraq, hər iki nəzəriyyə şübhəsiz doğru idi və eksperimentin nəticələrinə uyğun gəlirdi. Bəs bunu necə izah etməli?

Yeni-yeni suallar yaranırdı. Heyzenberq inadla sübut edirdi ki, elektronun sürəti və onun koordinatını eyni zamanda təyin etmək mümkün deyildir. Fotonun varlığını tələb edən müşahidə faktının özü hökmən elektronun sürüşməsinə gətirib çıxarır. Bu cür yanaşma tərzi nəinki bu və ya başqa nəzəri mühakiməni, həmçinin idrak nəzəriyyəsinin özünü şübhə altına alırdı. Elm tarixində ilk dəfə olaraq göstərilirdi ki, təbiətdə prinsipial dərk edilməyən şeylər də vardır. Bu vəziyyətlə hesablaşmaq çox çətin idi. Belə ümidsizliyə qapandığı anları təsvir edərək Heyzenberq yazırdı: "Doğrudanmı, təbiət həqiqətən bu cür mənasızdır?"

1927-ci ilin qışında Bor və onun əməkdaşları çıxılmaz vəziyyətlə üzləşdiklərini hiss edirlər. Tamamilə əldən düşmüş Nils həyat yoldaşı ilə birlikdə Norveçə xizəkdə sürüşməyə gedir. Orada, böyük sürətli enişlərdə, təmiz dağ havasında əlacsızlıq aydınlıqla əvəz olunur. İki həftə sonra, Kopenhagenə qayıdan Bor özünün yeni ideyasını – məşhur tamamlama prinsipini Heyzenberqlə bölüşür. Paulinin də iştirakı ilə bir neçə ay birgə əməkdaşlıqdan sonra yeni bir nəzəriyyə yaranır. Dirak bu barədə yazırdı: "Bu nəzəriyyə maddi aləmin fiziklər tərəfindən dərkini kökündən dəyişdi; bütün tarixi boyu elm bu cür sarsıntını keçirməmişdir". Robert Oppenheymer bunu "insan düşüncəsinin evolyusiyasında yeni dövr" adlandırmışdır.

Yeni nəzəriyyəyə görə atom mikroaləmi bizim makroaləmdən köklü surətdə fərqlənir. Elektronun hərəkətinin dəqiq müşahidə oluna bilməməsi mikrozərrəciyə xas prinsipial xüsusiyyətdir və bu elektronun hərəkətini tədqiq etməyə və atom fizikasının qanunlarını ifadə etməyə mane olmur. Əsas odur ki, elektronun dalğa və ya zərrəcik təsvirlərindən hər hansı birini seçmək lazım deyil. Bu "səthi" klassik obrazlar bir-birini inkar etmir, əksinə, bir-birini tamamlayır və yalnız birlikdə kvant aləminin reallıqlarını kifayət qədər tam təsvir edə bilir. Borun fikrincə, bu cür "tamamlama" təbiətin öyrənilməsinə mane olmayıb, onun əsas xüsusiyyətini təşkil edir və onu dərk etmək üçün yeni məntiq tələb edir.

Bir çox fiziklər Bor-Heyzenberq nəzəriyyəsinə ehtiyatla, hətta ədavətlə yanaşırdılar. Müəyyənlikdən imtina edib, elektronun hərəkəti üçün qeyri-müəyyənliyin qəbul edilməsi klassik fizikanın ideallarına və ruhuna tam zidd idi. Bu ideyaların əleyhdarları içərisində, Bora həmişə böyük hörmət və rəğbət bəsləyən Eynşteyn də var idi. 1927-ci ildə keçirilən Solve konqresində Eynşteyn kvant nəzəriyyəsinin əleyhinə yorulmadan yeni-yeni dəlillər



MƏDƏNİYYƏTLƏRİN QOVUŞMASI

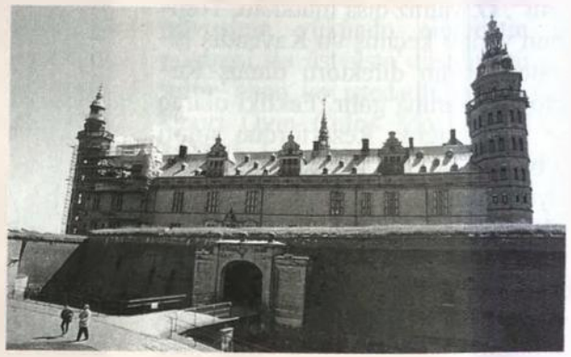
...1938-ci ilin avqustu idi. Avropada həyəcanlı yay günləri idi. Almaniyada beş ildir ki, Hitler hakimiyyətdə idi və nasizm artıq Almaniyanın sərhədlərindən kənarda da azğınlıq edirdi. Danimarka krallığına nasizm dalğası hələ gəlib çatmamışdır və burada antropoloq və etnoqrafların Beynəlxalq konqresi keçirilirdi. İki il sonra isə bu tədbiri keçirmək mümkün olmazdı.

Plenum iclaslarından biri Helsingör şəhərindəki orta əsrlər dövrünə məxsus qəsrdə keçirilirdi. Bir zamanlar həmin şəhərdə məşhur Elsinorda Şekspirin razılığı ilə onun "Hamlet" faciəsi səhnələşdirilmişdi. Hamletin "Olum və ya ölüm" sualı, Şekspir dövrünə nəzərən indi daha aktual görünürdü və bütün bəşəriyyətə şamil edilirdi.

Bor Helsingörə dörd oğlu ilə birgə gəlmişdir. O istəyirdi ki, oğlanları dünya səviyyəli elmi birliyin onun bütün insanların həmrəyliyi barədə gizli saxladığı ideyalarını necə qəbul etmələrinin şahidi olsunlar. O, "Təbiətşünaslığın fəlsəfəsi və xalqların mədəniyyəti" adlı məruzə ilə çıxış etməli idi.

Bor mahir natiq deyildir və auditoriyanı yalnız özünün təmkinli cavabları ilə heyran edərdi. Helsingördə də belə oldu. Sonralar bu haqda xatırlayan Borun oğullarından biri Oge yazırdı: "Nəhayət, elə bir an oldu ki, zalda baş verən canlanma atamı məruzəni kəsərək susmağa məcbur etdi. Qəflətən, Almaniyadan olan nümayəndələrin hamısı birdən öz yerlərindən sıçradılar və bir-birinin ardınca zalı tərk etdilər!" Bu an məruzəçi sakit səsi ilə kürsüdən bütün mədəniyyətlərin bərabər hüquqlu olmasını bəyan edirdi: "Özünə qapanmış hər bir bəşəri mədəniyyətə milli təkəbbür xasdır!" Oge Bor qeyd edirdi ki, heç də bütün alman antronoloqları nasist deyildir, onların etibarsızlığı barədə danosun qorxusundan onlar bu addımı atmışdılar.

Çox güman ki, alman nümayəndələrini, Borun, zərərli özündənrazılığa qarşı bir nicat yolu var: müxtəlif mədəniyyətlərin bir-birini tamamlaması nəticəsində bəşəri mədəniyyətin yaranmasını qəbul etmək, tezisi daha çox hiddətləndirmişdir.



1938-ci ildə antropoloq və etnoqrafların Beynəlxalq konqresinin keçirildiyi Danimarkadakı Helsingör qəsri.

ALİMİN GERBİ

1940-cı ilin ortalarında Danimarka krallığı Nils Boru Slon ordeni ilə təltif etdi. Bu, həm şərəfli idi və həm də müəyyən zəhmət tələb edirdi. Şərəflidir, ona görə ki, bu ordenlə təkcə kral ailəsindən olanlar və ölkə başçıları təltif olunurdular. Zəhmət tələb edirdi, ona görə ki, ənənəyə görə təltif olunan Danimarka krallarının qədim iqamətgahı olan Frederiksborq qəsrinin fəxri zalı üçün nəslin gerbini təqdim etməli idi. Sadə xalqın içindən çıxmış, ana xətti ilə isə yəhudi bankirin nəvəsi olan professor Borun, övladlarının və nəvələrinin gerbi necə ola bilərdi? Gerbi fikirləşib tərtib etmək lazım idi və Bor elmi xidmətlərinə görə həmin mükafatı almış öz mərhum müəllimi lord Rezerfordun getdiyi yolla gedir. Ənənəvi rıtsar qalxanında ser Ernest – məşhur transmutasiyanın eksponentləri olan radioaktiv çevirmələrin kəsişən ayrılərini həkk etdirməyi qərara almışdır. Onu da qeyd edək ki, Rezerford seçim qarşısında idi: ya atomun planetar modelinin, ya da parçalanmış nüvənin şəklini seçməli. O, "ilkin başlanğıcı" – radioaktiv qanunlarını seçmişdir.

Bor da seçim qarşısında idi. O, rıtsar qalxanında atomun kvant modelinin, ya da özünün 1939-cu ildə amerikan fiziki Con Arçibald Uilerlə birlikdə ilk dəfə təsvir etdiyi uranın zəncirvari bölünmə reaksiyasının şəklini çəkə bilərdi. Lakin bəşəriyyət qarşısındakı xidmətlərindən o, tamamlama prinsipini seçir. Qalxan üzərində iki əyri fiqurun birləşməsindən əmələ gələn yarısı ağ, yarısı qara rəngdə dairə çəkilmişdir. Bu qədim Çin simvolu in – yanın rəsmi idi. Qalxan üzərində belə bir deviz həkk olunmuşdur: "Contraria sunt complementa", latıncadan tərcümədə "Ziddiyyətin mahiyyəti tamamlamadadır".



Frederiksborq qəsrində qoyulmuş Nils Borun gerbi. Danimarka.

gətirirdi. Bir qədər fikirləşdikdən sonra danimarkalı fizik Eynşteynin özünün kvant mexanikasına dair əvvəlki işlərinə əsaslanaraq onları təkzib edirdi. Lakin Eynşteyn, sonralar da fikrinin üzərində duraraq, heç cür Kainatın yeni mənzərəsi ilə razılaşa bilməmişdir. Eynşteynə xoş gəlmirdi ki, təsadüflik və ehtimal fizikanın əsasının bir hissəsini təşkil edirdi. Klassik statistik fizikada təsadüfilik çoxsaylı zərrəciklərdən ibarət sistemin halı haqqında informasiyanın tam olmamasının nəticəsidir, indi isə məlum olur ki, bizim hətta bir zərrəcik barədə biliyimiz tam deyildir. Lakin Eynşteynin iradları sensasiyaya səbəb yeni nəzəriyyənin təşəkkülünə mane olmadı. 1930-cu ili Bor və onun əməkdaşları böyük ruh yüksəkliyi ilə qarşıladılar: qısa bir müddət ərzində görülən işlər belə düşünməyə əsas verirdi ki, tezliklə fizikada "alınmamış qala" qalmayacaqdır. Gənc coşqun fiziklər hətta gələcəkdən xəbər verirdilər: bir neçə ildən sonra fizikanı "bağlamaq" mümkün olacaq (yəni fizikada açılmamış problem qalmayacaq). Bu sözləri eşidən Bor isə öz doğma trubkasını tüstülədərək gülümsəyərdi.

Həmin illərdə Bor kvant nəzəriyyəsinin inkişafı ilə yanaşı, özünün yaratdığı prinsiplərin başqa elm sahələrinə – biologiyadan sosiologiyaya qədər – tətbiqinin mümkünlüyü barədə çox fikirləşir və öz ideyalarını əməkdaşları ilə müzakirə edirdi. Müxtəlif mövzulara aid müzakirələr institutun işinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Dahi fiziki ideyalar yalnız formullardan və eksperimentlərdən yarana bilməzdi, bu ideyaların formalaşması üçün daim evristik dialoqun aparıldığı elmi mühit gərək idi. Borun evində keçirilən ənənəvi gecələrin iştirakçılarından biri olmuş, məşhur fizik Otto Friş xatırlayırdı: "Məndə belə bir hiss yaranırdı ki, sanki, Sokratın özü yenidən həyata qayıtmışdır; istənilən mübahisələri o, yüksək səviyyədə aparar, varlığı haqqında güman etmədiyimiz müdrikliyimizdən də tam istifadə edərdi. Biz hər şey – din, genetika, siyasət və incəsənət barəsində söhbət edərdik. Nəhayət, mən velosipedlə yağışdan islanmış bənövşə ətirli Kopenhagen küçələri ilə evə dönərkən "platon dialoq"larının ətrindən özümü meyxoş hiss edərdim".

İn – qədim Çin mifologiyasında qadın cinsinə aid olan simvol (şimal, qaranlıq, ölüm, Yer, Ay). Yan kişi cinsinin simvoludur (cənub, işıq, həyat, göy, Günəş). Çinlilərə görə, bütün dünya prosesləri in və yanın həmişə birlikdəki vəhdətinin qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir.

MÜHARİBƏ

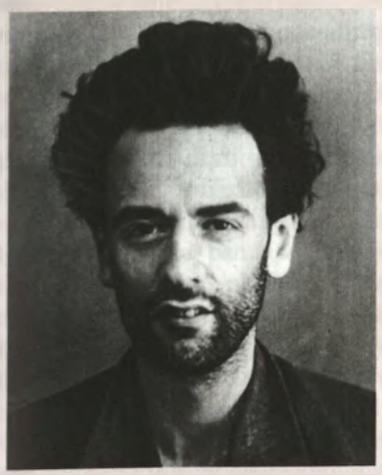
Görkəmli fiziklərin çalışdığı Almaniyadan həyəcanlı xəbərlər gəlməkdə davam edirdi. 1933-cü ildə Adolf Hitler reyxskansler olur və tezliklə "qeyriari" mənşəli insanlara qarşı nasist qanunlar qəbul olunur. Bor təcili surətdə Almaniyanın universitetlərinə baş çəkmək üçün oraya yollanır. Həyatları təhlükədə olan alimləri o, Kopenhagenə dəvət edir və ya digər Avropa ölkələrində yerləşmələrinə öz köməyini təklif edir. Bu, böyük bir işin başlanğıcı idi. Bor və onun qardaşı ilə digər danimarkalı alimlərin birgə yaratdıqları Qaçqın Alimlərə Kömək Komitəsinin nasistlərdən xilas etdikləri zəka sahiblərinin sayı-hesabı yox idi.

Hitlerin planlarının Almaniyanın hüdudlarından kənarda da həyata keçiriləcəyi məlum olduqdan sonra, Bora, ailəsi ilə birlikdə, Amerika Birləşmiş Ştatlarının universitetlərindən birinə getmək təklif olunur. Lakin nə İkinci dünya müharibəsi başladıqda, nə də doğma vətəni işğal olduqdan sonra o, həm institut, həm də işğal olunmuş ölkələrdən xilas olunmuş alimlər üçün cavabdehlik daşıdığın-

ATOM BOMBASI VƏ "FİZİKİ İDEALİZM"

Atom bombası XX əsr rus fizika tarixində mühüm rol oynamışdır. 1949-cu ildə fiziklərin ümumittifaq müşavirəsinə hazırlıq gedirdi. Bu müşavirədə "fiziki idealizm", kosmopolitizm və "Qərb qarşısında riyakarlıq" tənqid və rədd olunmalı, SSRİ-də nisbilik nəzəriyyəsi və kvant mexanikası qadağan edilməli idi. İsrar olunurdu ki, fizika üzrə tərcümə olunan kitabların əksəriyyəti "idealist mövqedən burjua alimləri" tərəfindən yazılmışdır və dərsliklərdə "rus alimlərin rolu kifayət qədər əks olunmamışdır". Ciddi təhlükə yaranmışdır: bundan bir qədər əvvəl bioloqların müşavirəsində genetika elmi darmadağın edilmişdir. Bir çox alimlər düşərgələrdə həlak olmuşlar. Ən son anda bu müşavirə Stalinin əmri ilə ləğv olundu. Belə nəql edirlər ki, atom bombasının yaradılmasına rəhbərlik edən L.P.Beriyanın atom layihəsinin rəhbəri İ.V.Kurçatova ünvanladığı "Nisbilik nəzəriyyəsi və kvant mexanikası idealist nəzəriyyədirmi?" – sualına Kurçatov belə cavab vermişdir: "Biz, nisbilik nəzəriyyəsinə və kvant mexanikasına əsaslanaraq, atom bombası yaradırıq. Bunlardan imtina bombadan imtina deməkdir". Beriya bundan bərk təşvişə düşür: "Əsası bombadır, qalanları boş şeydir", – deyir. Çox güman ki, o, bu barədə dərhal Stalinə məlumat vermişdi.

Tarixin paradokslarından biri: kütləvi qırğın silahı olan atom bombası minlərlə adamı xilas etmiş oldu.



L.D.Landau Lubyankadakı DİXK-nın ("NKVD") həbsxanasında. 1938-ci il.



SSRİ-də atom layihəsinin rəhbəri İ.V.Kurçatov.



İlk sovet atom bombası RDS-1.



N.Bor və L.D.Landau MDU-da Arximed bayramında. 1961-ci il.

Öz Nobel medallarını müsadirə edilməkdən qorumaq məqsədi ilə V.Heyzenberq və C.Frank onları Kopenhagendə Borun yanında qoymuşdular. Danimarkanın işğalı zamanı macar radio-kimyaçısı Dyerd Heveşi onları çar arağında həll edərək saxlamışdır. Müharibədən sonra Nobel Komitəsi bu metaldan yenidən medallar düzəltmişdir.



P.Dirakın növbəti məruzəsi haqqında qeydlər yazılmış Kapitsa Klubunun jurnal-gündəliyindən səhifə.

dan Danimakanı tərk etməmişdir. Danimarkanın özündə təhlükə yarandıqda isə, Bor qaçqınların İsveçə və ABŞ-a köçməsini təmin edirdi. Onu təkcə alimlərin taleyi maraqlandırmırdı. Vədlərinə xilaf çıxaraq Danimarkada da faşistlər yəhudilərə qarşı soyqırımı həyata keçirmək istədikdə, Bor bu faciənin qarşısını almaq üçün bütün nüfuzundan istifadə etmişdir. Daniyalıların və isveçlilərin – kral və kraliçadan tutmuş sadə balıqçılaradək – birgə səyi nəticəsində daniyalı yəhudilər xilas olunurlar.

İşğal zamanı Bor qəti surətdə nasistlərlə istənilən əməkdaşlığı rədd edir, hətta dolayı yolla onlarla bağlı olan tədbirləri boykot edir, gizli hərəkat tərəfdarları ilə əlaqə saxlayırdı. Onun başı üzərində buludlar sıxlaşırdı. O və Harald daim gestaponun nəzarəti altında idilər, lakin onları həbs etməyə hitlerçilər cürət etmirdilər: indiyədək kifayət qədər səbirli olan Danimarkanın qəzəbdən ayağa qalxmasından qorxurdular.

Zaman keçdikcə işğalçılarla birlikdə "dinc yanaşı yaşamanın" xəyal olduğu aydınlaşır. Daniyalılar mənfur bir orduya kömək etdikləri üçün getgedə usanırdılar. Ölkədə tez-tez tətillər və təxribatlar baş verirdi. Əvəzində insanlara amansız cəzalar verilir, həbs olunanlar güllələnirdilər. Nəhayət, 1943-cü il avqustun 28-də qarşıdurma qaçılmaz olur: hökumət tətilçiləri güllələmək barədə işğalçıların tələbini rədd edərək istefa verir, ölkədə hərbi vəziyyət elan edilir. Bor institutun hitlerçilər tərəfindən istifadə edilə biləcəyi bütün sənədlərini məhv edir və başına nə gələcəyini gözləyir. Nürnberq mühakiməsi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, məhz həmin günlərdə Nils və Harald Borların həbs olunması planlaşdırılmışdır. Lakin Nils Bora gözlənilən təhlükə barədə xəbərdarlıq edilir və elə həmin gün o, həyat yoldaşı ilə birlikdə gizli şəkildə İsveçə keçirilir. Tezliklə Harald və Nilsin oğulları gecə vaxtı boğazı keçərək xilas olunurlar, Borun balaca nəvəsi isə bazar çantasında gizlədilərək ölkədən çıxarılır.

1930-cu illərin sonu 1940-cı illərin əvvəlində müxtəlif ölkələrdə eyni zamanda atom nüvəsinin bölünməsi ilə bağlı eksperimentlər aparılırdı. Başlanğıcda nə Bor, nə Eynşteyn, nə də digər fiziklər güman edirdilər ki, atom nüvəsinin bölünməsi zamanı ayrılan külli miqdarda enerjidən tezliklə istifadə oluna bilər. Lakin indi, müharibənin qızğın vaxtında, Almaniyadan həyəcanlı xəbərlər gəlməyə başlayır: hitlerçilər ifratgüclü bombanın yaradılması üzərində işləyirlər. Kopenhagendə qısamüddətli görüş zamanı Heyzenberq bu barədə Bora xəbər verir.

Tezliklə Nils Bor bu cür bomba yaratmaq üçün uzaq Amerikada çalışan bir qrup fizikə qoşulmaq təklifi alır. Onların məqsədi nasistlərin alimlərini qabaqlamaq idi. Bor və oğlu Oqe təyyarə ilə gizli şəkildə İngiltərəyə gətirilir, sonra isə onlar gizli proyektdə iştirak etmək üçün Amerikaya üz tuturlar.

Bomba üzərində çalışan fiziklər bir-birinə zidd hisslər keçirirdilər. Bəzən onlara elə gəlirdi ki, onlar dünyanı Hitlerin mütləq hakimiyyətindən xilas edəcəklər, bəzən isə onlar ruhi

iztirab keçirirdilər ki, bəşəriyyət üçün "cini şüşədən buraxmış" olacaqlar. Almaniyanın süqutundan sonra məlum olduqda ki, hitlerçilər bombanı yarada bilməyib, amerikalılar isə heç bir zərurət olmadan bu müdhiş silahı tətbiq etməklə çoxminli dinc əhalini qırmaqla iki Yapon şəhərini tamamilə məhv ediblər, onların şübhələrinə son qoyuldu. Bu andan etibarən Bor atomla silahlanmanın bəşəriyyət üçün nə qədər təhlükəli olduğunu yorulmadan təkrar edərdi. Lakin yeni gücə malik İngiltərə və Amerika hökumətləri, daha sonra SSRİ, ona qulaq asmaq istəmədilər.

***

Müharibə qurtarmışdır, Nils Bor artıq ailəsinə qovuşa bilərdi. Müəyyən müddətdən sonra o, doğma şəhərinə qayıdır. Onun Nəzəri Fizika İnstitutuna ilk gəlişi əsil bayrama çevrilmişdir: bütün bu məşəqqətdən sonra onun dostları, əməkdaşları, yetirmələri bir yerə toplaşmışdılar. Tədricən dünyanın hər yerindən gənc alimlər Kopenhagendə yığışırdılar. Ömrünün son illərini Bor Danimarkada atom enerjisindən dinc məqsədlə istifadə etmək məqsədilə reaktor qurmaq və bununla bağlı tədqiqat mərkəzini yaratmaq işinə sərf etmişdir. 1958-ci ildə yeni elmi mərkəz fəaliyyətə başlayır. 1962-ci il noyabrın 18-də Nils Bor vəfat edir. Onun həyatda həmişə bəxti gətirmişdir: həm valideynlər, həm də müəllimlər, həyat yoldaşı, dostlar cəhətdən. O, sağlam həyat tərzi keçirmiş, çox maraqlı işlə məşğul olmuş, həmyerlilərinin məhəbbətini və dünya şöhrətini qazanmışdır – xoşbəxtlik üçün daha nə lazımdır ki?! Bir sözlə, Boru tanıyan və sevən hər kəs onunla hər bir görüşü öz həyatının ən xoşbəxt anları hesab edirdi.

POL DİRAK

Elm klassikinin elmə gətirdiyi yenilikləri onun adını daşıyan prinsiplərin, effektlərin, düsturların və ya tənliklərin sayı ilə müəyyən etmək olar. Bu kriteriya üzrə XX əsr fizika tarixində britaniyalı nəzəriyyəçi fizik Pol Adrien Moris Dirak, şəksiz, liderdir. Dirak tənliyi, Dirak matrisaları, Dirakın delta funksiyası, Dirakın ikinci kvantlanma metodu, Dirak monopolu, Fermi-Dirak statistikası, Dirak "dəniz"i, Dirak qoşması, Dirak antimateriyası – kvant fizikası dərsliklərində rast gəlinən terminlərin tam olmayan siyahısı bunlardan ibarətdir.

Bütövlükdə götürdükdə, müasir fizika, Dirakın elmə gətirdiyi: "müşahidə olunan", kommutasiya münasibətləri, haş xətli – $\hbar$, "bra" və "ket vektorlar" (ingilis dilindən "mötərizə" olan bracket sözünün iki hissəyə parçalanmasından alınıb), klassik (*ing.* classical) və kvant (*ing.* quantum) kəmiyyətləri təsvir etmək üçün uyğun olaraq c və q ədədləri, zərrəciklərin doğulması və udulması operatorları, funksional inteqral kimi məfhumlarla



P.A.M.Dirak.

"Nisbilik nəzəriyyəsi böyük təlatümlə gündəlik həyatımıza daxil oldu. Gözlənilmədən hamı onun barəsində danışmağa başladı... Bəziləri nisbilik nəzəriyyəsinin lehinə, digərləri isə əleyhinə çıxış edirdilər... Bu cür başgicəlləndirici müvəffəqiyyətin səbəbini anlamaq çətin deyildi. Onda biz hamımız çətin və dəhşətli müharibəni yaşamışdıq... Nəticədə hamı usanmışdır. Müharibəni tezliklə unutmaq istəyirdik. Bu ərəfədə nisbilik nəzəriyyəsi, yeni düşüncə tərzinə yol açan çox gözəl ideya meydana gəldi... Mənə elə gəlir ki, nə buna qədər, nə bundan sonra, müxtəlif təbəqədən olan insanların əldə etdikləri elmi düşüncə nisbilik nəzəriyyəsinə bərabər effekt yarada bilməz".

P.A.M.Dirak

Proyeksiya həndəsəsi... öz riyazi gözəlliyi ilə məndə güclü təəssürat yaratmışdır. Üzərində uzun müddət baş sındırdığımız Evklid həndəsəsinin teoremləri proyeksiya həndəsəsinin mülahizələrindən istifadə etdikdə çox sadələşir... Mən həmişə öz elmi işimdə proyeksiya həndəsəsinin mülahizələrinə müraciət etmişəm... Lakin bu barədə mən heç nə yazmamışam... çünki bilirəm ki, əksər fiziklər bu həndəsədən xəbərsizdirlər. Hər hansı bir nəticə aldıqda, mən onu analitik dilə çevirər və öz arqumentlərimi tənlik şəklinə salırdım. Bu cür yazılışı hər bir fizik başa düşə bilirdi..."

P.A.M.Dirak

"danışır". XX əsrin ən orijinal fiziklərindən biri olan Dirakın yaradıcılıq üslubunu, virtuoz səlisliyinə və gözəlliyinə görə ancaq musiqidə Motsart üslubu ilə müqayisə etmək olar.

MÜVƏFFƏQİYYƏTLƏRİN SƏBƏBLƏRİ

Pol Dirak 1902-ci il avqustun 8-də ingilis şəhəri Bristolda anadan olmuşdur. Onun atası Çarlz Adriyen Ladislas Dirak İsveçrədən mühacirət etmiş və ingilis Florens Hanne Holtenlə ailə qurmuşdur. O, fransız dilindən dərs deməklə ailəsini dolandırırdı. Ata və övladları Recinald, Pol və Beatris yalnız 1919-cu ildə Britaniya vətəndaşlığı ala bilmişdilər. Mühacir ailə kifayət qədər qapalı həyat tərzi keçirdi. İngiltərə cəmiyyətində gəlmələrə həmişə ehtiyatla yanaşırdılar. Az danışmaq, utancaqlıq, təklikdə düşünmək adəti və uzun sürən tənha gəzintilər – bütün həyatı boyu Polun xasiyyətinin əsas cəhətləri olmuşdur.

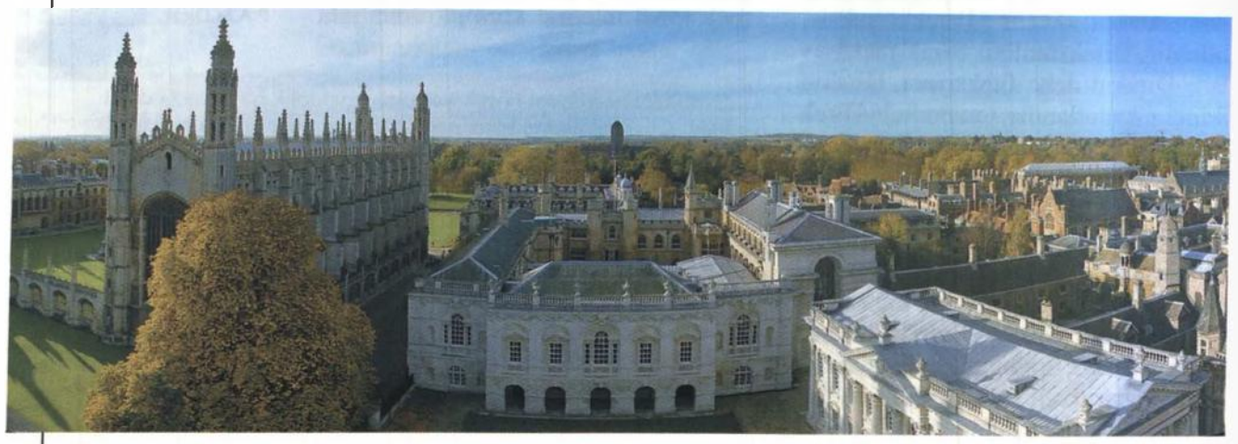
Hələ məktəb illərində Dirak müstəqil olaraq fəza və zaman arasında əlaqə olması ideyasına gəlmişdir. O yazırdı: "Bu haqda bir qədər düşündükdən sonra, mən anladım ki, zaman da istənilən digər kəmiyyətlərə oxşardır və onda mənim ağlıma belə bir fikir gəldi ki, fəza və zaman arasında hansısa əlaqə olmalıdır və bu obyektlərə birlikdə dördölçülü şəkildə baxmaq olar". Ona görə də Eynşteyn-Minkovskinin fəza-zaman relyativistik nəzəriyyəsini gənc Dirak dərhal mənimsəyir.

1918-ci ildə Dirak Bristol universitetinin tələbəsi olur. Onun nisbilik nəzəriyyəsi ilə ilk tanışlığı, bir dəfə yazı taxtasında fəza və zamanda götürülmüş iki hadisə arasındakı intervalın kvadratı üçün

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$$

düsturunu yazmış filosof Brodun mühazirəsində baş vermişdir.

Gənc Pol "tezliklə özü xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin əsas tənliklərini



Kembric universiteti.

ala bilirdi". Dirakın yaradıcılığında relyativistik mövzular xüsusi yer tuturdu: ilk müstəqil elmi nəticələr və həyatında ən böyük kəşfi bununla bağlı idi.

1921-ci ildə Bristol universitetində bakalavr dərəcəsini almış Pol Kembric universitetində təhsilini davam etdirmək istəyir, lakin ona – keçmiş mühacirə – təqaüd verməkdən imtina edirlər. Bristola dönən Pola riyaziyyat fakültəsində qeyri-rəsmi qaydada, pul ödəmədən mühazirələrə qulaq asmağa icazə verilir. Necə deyərlər, şər deməsən, xeyir gəlməz. Burada Dirak onun müvəffəqiyyətinin ikinci tərkib hissəsi olan proyeksiya həndəsəsi ilə tanış olur.

1923-cü ildə Dirak öz arzusuna çatır. O, Kembric universitetinin aspirantı olur. Özünə elmi rəhbər seçərkən tale yenə də onun üzünə gülür. Dirak nisbilik nəzəriyyəsinin problemləri üzərində işləmək niyyətində idi və professor Kanninqhemi özünə rəhbər seçmək istəyirdi, lakin professor daha bir aspirant götürməkdən imtina edir. Polun rəhbəri Ralf Hovard Fauler (1889-1944) olur. O, Dirakı o dövr üçün yeni olan mövzu ilə – atomun quruluşuna dair Ernest Rezerfordun, Nils Borun, Arnold Zommerfeldin işləri ilə tanış edir. O dövrdə Kembric atom nəzəriyyəsinin inkişafının elmi mərkəzi idi.

Əvvəllər atomlara Dirak tamamilə hipotetik obyektlər kimi baxırdı, Plankın və Eynşteynin kvant ideyaları haqqında isə onun heç təsəvvürü yox idi. Artıq iki il sonra o dövrün ən mötəbər jurnalı olan – "Kral cəmiyyətinin əsərlər"i jurnalında onun 12 səhifədən ibarət ilk məqaləsi "Kvant mexanikasının əsas tənlikləri", daha üç il sonra isə "Elektronun kvant nəzəriyyəsi" adlı məqaləsi dərc olunur. Beş il sonra (1933-cü il) bu



işlər yüksək mükafata – fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülür.

31 yaşında Dirak kvant elminin tanınmış liderinə çevrilir. O, kvant mexanikasının yaradıcılarından biri idi, kvant elektrodinamikası və kvant elektronikasının əsaslarını qoyur, antimateriyanın varlığı haqqında fikir söyləyir. Dirak London Kral Cəmiyyətinin üzvü seçilir, Kembricdə vaxtı ilə Nyutonun rəhbərlik etdiyi Lukas kafedrasına başçılıq edir.

DİRAK KÖRPÜSÜ

Fauler aspirantı olan Dirak qarşısında belə bir sual qoymuşdur: "Bor orbitləri ideyasını daha mürəkkəb atomlara necə şamil etmək olar?"

Bor orbitləri nəzəriyyəsini Pol Dirak alman fiziki və riyaziyyatçısı Arnold İohann Vilhelm Zommerfeldin (1868-1951) "Atomun quruluşu və spektrlər" adlı kitabının köməyi ilə dərindən mənimsəmişdir. Kitabda irlandiyalı riyaziyyatçı və fizik Uilyam Rouan Hamiltonun (1805-1865) dinamikasına və onun atom nəzəriyyəsinə tətbiqinə aid əlavə fəsil veril-

Uilyam Rouan Hamiltonun elmi istedadı erkən yaşlarından üzə çıxmışdır. 22 yaşında o, artıq Dublin universitetinin professoru idi; 28 yaşında konservativ mexaniki sistemlər üçün ən kiçik təsir prinsipini müəyyən etmişdir; 29 yaşında mexanika və optika arasında oxşarlığın olduğunu aşkar etmiş, mexanikanın tənliklərini kanonik şəklə (Hamilton tənlikləri) salmışdır. 1843-cü ildə Hamilton kompleks ədədlərin ümumiləşmiş anlayışı olan "kvaternion", 1847-ci ildə isə "vektor" terminini daxil etmişdir.

mişdir. Mexanika tənliklərinin Hamilton şəkli öz riyazi gözəlliyi ilə Dirakı valeh etmişdir: "Çox güman ki, Hamilton şeylərin mahiyyətinə nüfuz etmək qabiliyyətinə malikdir..." O, mexanikanın tənliklərini elə şəkildə yazmışdır ki, onun mənasını yüz il sonra, onun ölümündən çox-çox sonralar dərk etmək mümkün olmuşdur".

Təqribən həmin ərəfədə Dirak Heyzenberqin işləri ilə tanış olur. Heyzenberq hesab edirdi ki, atom nəzəriyyəsini klassik mexanikaya əsaslanaraq deyil, müşahidə olunan kəmiyyətlər əsasında qurmaq lazımdır. Lakin bütün müşahidə olunan kəmiyyətlər – atomların spektral xətləri – bir yox, iki bor orbiti ilə (atom bir bor orbitindən digərinə keçərkən şüalanır) təyin olunur. Klassik fizikada (Nyuton mexanikası, Maksvell elektrodinamikası) dinamik dəyişənlər ya skalyar, ya da vektor olur. Məsələn, zərrəciyin impulsu $\vec{p} = (p_1, p_2, p_3) = \{p_i\}$, $i = 1, 2, 3$. İki bor orbitli halları təsvir edən kvant kəmiyyətlərini ifadə etmək üçün bir deyil, iki indeksli dəyişənlər gərəkdir: a_{ij}; $i, j = 1, 2, 3$. Matrisa hesabının varlığından xəbərsiz olan Heyzenberq elə zənn edirdi ki, yeni riyazi aparat icad edib. Buna görə öz müəllimi Maks Born ona "istedadlı cahil" ləqəbi vermişdir. Heyzenberq mexanikasında dinamik kəmiyyətlərin yerdəyişmə qanununa tabe olmaması, yəni $uv \neq vu$ olması (Dirakdan sonra fiziklər bunları qeyri-kommutativ kəmiyyətlər adlandırırdılar), onu çox məyus edirdi və bunu öz nəzəriyyəsinin nöqsanı sayırdı. Əksinə, Dirak kəmiyyətlərin qeyri-kommutativliyini yeni dinamikanın yaradılmasında Heyzenberqin böyük xidməti sayırdı. Dirak öz qarşısında belə bir məsələ qoymuşdur: Nyuton tənliyini necə dəyişsin ki, bu tənliklər qeyri-kommutativ cəbri ödəsin. Birdən o xatırlayır ki, klassik mexanikada buna oxşar qeyri-kommutativ Puasson mötərizələri vardır.



▸ P.Dirak.

Hamiltona görə, istənilən dinamik dəyişən üçün hərəkət tənliyi

$$du/dt = [u, H]$$

şəklində yazıla bilər. Burada, bərabərliyin sağ tərəfindəki ifadə verilmiş kəmiyyətlə Hamilton funksiyası adlandırılan H, tam enerji arasındakı Puasson mötərizəsidir. $[u, H] \to (uH - Hu)/ih$ əvəzləməsi etməklə, Dirak kvant mexanikasının ümumi hərəkət tənliyini almış oldu.

Simeon Deni Puasson (1781-1840) – fransız riyaziyyatçısı, mexaniki və fiziki.

Puasson mötərizələri $[u, v]$ belə təyin olunur:

$$\sum_s \left(\frac{du}{dq_s}\frac{dv}{dp_s} - \frac{du}{dp_s}\frac{dv}{dq_s} \right),$$

burada q_s – ixtiyari koordinat, p_s – ixtiyari impulsdur.
Asanlıqla göstərmək olar ki, $[u, v] = -[v, u]$.

$$du/dt = (uH - Hu)/ih.$$

Dirakın "Kvant mexanikasının əsas tənlikləri" əsəri onun üçün, İsveçrə fiziki Volfqanq Paulinin (1900-1958) Knabenphysik (almanca "Uşaqlar fizikası") adlandırdığı "Kvant mexanikasının yaradıcıları" elitar klubuna "buraxılış vəsiqəsi oldu. Bu klubun üzvləri çox cavan idilər: Paulinin 25 yaşı tamam olmuşdur, Heyzenberqin 24, Dirak və Paskual Yordanın isə 23 yaşı var idi.

Dirak faktik olaraq, köhnə klassik mexanika ilə yeni – kvant mexanikası arasında körpü qurmuşdur.

1926-cı ilin mayında Kembricdə Dirak "Kvant mexanikası" adlı doktorluq dissertasiyasını müdafiə edir. Həmin ərəfədə avstriyalı nəzəriyyəçi-fizik Ervin Şredingerin dalğa funksiyaları təsvirində yazılmış məqaləsi dərc olunur. Əvvəl Dirak yeni dalğa mexanikasını qəbul etmir; birincisi, artıq Heyzenberqin kvant mexanikası mövcud idi, ikincisi, Şredinger ingilis aliminə məlum olmayan dalğa funksiyalarından istifadə etmişdir, üçüncüsü, Şredinger ümid edirdi ki, onun ideyası kvant inqilabını ləğv edib, fizikanı əvvəlki klassik vəziyyətinə qaytaracaqdır. Lakin yeni aparatı mənimsədikdən və dalğa funksiyasının simmetriya xassələri haqqında düşündükdən sonra Dirak və italyan fiziki Enriko Fermi (1901-1954) bir-birindən asılı olmayaraq yarımtam spinli kvant zərrəciklərinin tabe olduğu statistik nəzəriyyəni (Fermi-Dirak statistikasını) yaradırlar. Tezliklə Dirak, bütün fiziklərin gözləmədiyi halda, göstərdi ki, Heyzenberq və Şredinger nəzəriyyələri, mahiyyətcə bir-birinə zidd olmasına baxmayaraq, eyni kvant qanunlarının müxtəlif təsvirləridir.

Şredinger ideyalarının mənimsənilməsi nəticəsində "təsadüfən onun ağlına gələn bir ideya" nəticə etibarilə ən əhəmiyyətlisi oldu. Dirak fikirləşir: "Əgər Şredingerin dalğa tənliyini götürüb, kvantlama prosesini birbaşa dalğa funksiyasının özünə tətbiq etsək, necə olar?" Həmişə belə qəbul olunmuşdur ki, dalğa funksiyası adi kəmiyyətlərlə, yəni c-ədədləri ilə ifadə olunur. Belə bir sual yaranır: əgər bunu (kvant) q-ədədinə çevir-

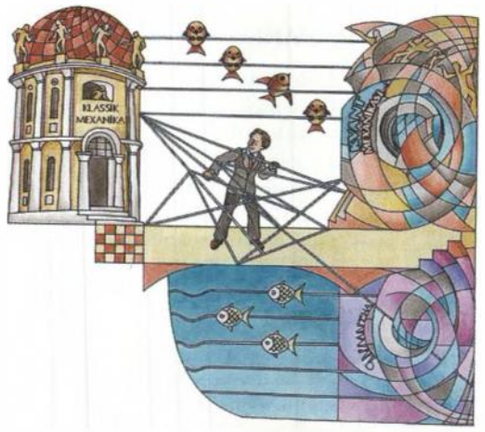
GƏZİNTİ ZAMANI EDİLƏN KƏŞF

Dirakın xatırlanmasına görə: "1925-ci ilin oktyabrın bazar günlərinin birində istirahət etmək məqsədi ilə gəzişərkən, mən $uv - vu$ fərqi üzərində cəhdlə fikirləşirdim. Xatırlayırdım ki, keçdiyimiz dinamika kursunda Puasson mötərizələri adlı qəribə kəmiyyət barədə mən nə isə oxumuşdum və mənə elə gəlirdi ki, bu u və v kəmiyyətlərinin Puasson mötərizəsi və $uv - vu$ kommutasiyası arasında nə isə bir sıx analogiya var... Mən, Puasson mötərizələrinin nə olduğunu yaxşı xatırlamırdım və onun nəyə bərabər olduğu da yadımdan çıxmışdı... Lakin Puasson mötərizələrində nə isə bir gizli məna var idi və düşündüm ki, bəlkə də mən böyük bir kəşfin astanasındayam. Mən qət elədim ki, Puasson mötərizələri haqda biliyimi təzələyim.

Şəhər kənarında bunu etmək mümkün deyildir, ona görə mən evə tələsdim... Məndə olan dərsliklər həddən artıq bəsit idi və orada bu barədə məlumat yox idi. Bundan artıq mən heç nə edə bilmədim, çünki bazar günü axşam kitabxanalar işləmirdi. Mən ideyamın doğru olduğunu bilmədən üzücü intizarla səhəri açdım. Lakin bu gecə ərzində inamım daha da möhkəmləndi. Səhər kitabxana açılar-açılmaz mən özümü ora yetirdim, Uittekerin "Analitik dinamika" kitabında Puasson mötərizələri barədə oxuduqdan sonra, müəyyən etdim ki, bu elə mənim axtardığımdır... Puasson mötərizəsini kommutasiya ilə əlaqələndirmək fikri yeni kvant mexanikası sahəsində mənim tədqiqatımın başlanğıcı oldu".



P.Dirak və P.L.Kapitsa Kembricdə.



sək, necə olar? "İkinci" kvantlanma adı ilə məşhur olan nəzəriyyə məhz bu cür yaranmışdır. "Birinci" kvantlanma nəticəsində xarici sahədə olan zərrəciklərin hərəkətini təsvir etmək mümkün olur. Bu zaman sahənin özü kvantlanmadan kənarda qalır. "İkinci" kvantlanma nəticəsində zərrəciklər və sahə "eyni hüquqla" çıxış edir. Zərrəciklərin qarşılıqlı təsiri sahə kvantlarının mübadiləsi kimi təsvir edilir. Kvant sahə nəzəriyyəsinin əsas ideyası bundan ibarətdir.

ANTİMATERİYAYA ÇIXIŞ

1927-ci ildə Dirak kvant mexanikasının relyativistik ümumiləşməsi məsələsinə baxır. Bu, çox aktual məsələ idi, belə ki, atomdakı elektronların sürəti işıq sürətinə yaxındır. XX əsrin mühüm problemlərindən sayılan nisbilik nəzəriyyəsi ilə kvant mexanikasının sintezi Dirakın əsas nailiyyəti olmuşdur. Bu məsələ indiyədək hələ tam öyrənilməmişdir.

Relyativistik kvant tənliyi olan Kleyn-Qordon-Fok tənliyi müxtəlif vaxtlarda müxtəlif müəlliflər tərəfindən alınmışdır. Şredinger də bu tənlikdən istifadə etmiş, lakin sonralar özünün qeyri-relyativistik tənliyinin xeyrinə bu tənlikdən imtina etmişdir. Lakin Kleyn-Qordon-Fok tənliyi ilə təcrübi nəticələr arasında uyğunsuzluq var idi və bu tənlik daxili məntiqi ziddiyyətə malik idi. Onun həlli zamanı məlum olur ki, elektronun halının ehtimalı mənfi qiymətlər də ala bilər. Nəticədə relyativistik və kvant təsvirlərinin sintezi istənilən nəticəni vermədi.

Dirak relyativistik zərrəciyin enerjisi üçün yazılmış $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$ ifadəsindən kök almaqla yeni tənlik alır. Bu tənlik nisbilik nəzəriyyəsinin tələblərini ödəməklə yanaşı, həm də kvant mexanikasının ehtimallı interpretasiyasını da ödəyir (yəni Dirak nəzəriyyəsində ehtimal, Şredingerdə olduğu kimi, həmişə müsbət kəmiyyətdir). Bundan əlavə, bu tənlikdə elektronun yarımtam spininə və maqnit momentinə malik olması haqqında informasiyada öz əksini tapmışdır.

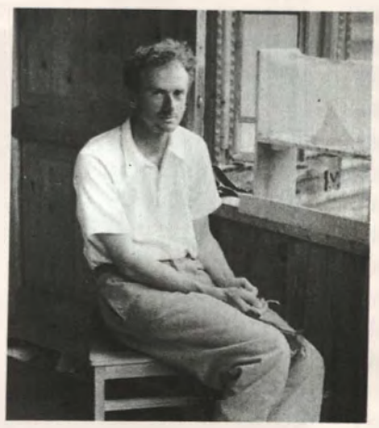
Dirak nəzəriyyəsində elektron yeni sərbəstlik dərəcəsi qazandı – elektron mənfi enerjiyə malik hallara keçə bilər. Bu o qədər ağlabatan deyildi, Dirakın yerində başqa birisi olsaydı, bundan əl çəkərdi. Lakin o, başqa yol seçir. Mənfi enerjili halların reallığını qəbul etməklə və bir səviyyədə iki elektronun olmasını qadağan edən Pauli prinsipindən istifadə edərək, Dirak mənfi enerjili halları elektronlarla doldurur və bu hala vakuum deyir. Daha sonra o, belə halları başqa adla – mənfi enerjili halları sonsuz sayda elektronlarla dolmuş və sonsuz dərinliyə malik – "okean" (və ya "dəniz") kimi adlandırmışdır. Mənfi enerjili elektronları müşahidə etmək mümkün deyil, belə ki, onlar bütün növ hadisələrin baş verdiyi görünməz bütöv fon yaradır.

Dirak "dəniz"inə müəyyən enerjili işıq kvantı düşdükdə, bu kvant sonsuz sayda "dəniz" elektronlarından birini çıxarda bilir. Boş qalmış yer – "deşik" – özünü müsbət yüklü zərrəcik (antielektron) kimi aparır. Nəticədə eksperimentdə aşkarlanması mümkün olan iki zərrəcik yaranır. "Pozitron" adlandırılan antielektron, eksperimental olaraq, 1932-ci ildə amerikan fiziki Karl Deyvid Anderson (1905-1991) tərəfindən kəşf edildi. Bu zaman

DİRAKIN ŞƏXSİ HƏYATI

Pol Dirakın yaradıcılıq həyatı onun çoxsaylı kəşflərində tam əks olunmuşdur. Şəxsi həyatında o, çox təvazökar idi və güman ki, buna görə onun barəsində çox az bilirik. 1937-ci ildə Dirak məşhur amerikan nəzəriyyəçi-fiziki Yucin Pol Viqnerin bacısı Marqaret ilə ailə qurmuş və izdivacdan onların iki qızı olmuşdur.

Dirak gözəl və vəfalı dost idi. Pyotr Leonidoviç Kapitsa (1894-1984) ilə onun dostluğunun əsası 1920-ci illərdə Kembricdə qoyulmuşdur və bu dostluq 60 il sürmüşdür. P.L.Kapitsanın həyat yoldaşı Anna Alekseyevnanın sözlərinə görə, "Kapitsanın xarakterinin tam əksinə olaraq, qaradinməz, azdanışan, utancaq olan Dirak Kapitsa ilə, xüsusən, ruhən yaxın və ona qarşı həddən artıq diqqətli idi". Növbəti yay məzuniyyətindən sonra Sovet hökuməti Pyotr Leonidoviçə yenidən Kembricə qayıtmağa icazə vermədiyindən Pol Dirak, dostu özünü tənha hiss etməsin deyə, Kapitsa ilə görüşmək üçün dəfələrlə Rusiyaya gəlmişdir. Sıx dostluq əlaqələri Dirakı digər məşhur rus fiziki İqor Yevgenyeviç Tamma (1895-1971) da bağlamışdır. Elmdən başqa onları alpinizmə olan ehtiraslı maraqları birləşdirirdi.



P.Dirak P.L.Kapitsanın bağ evində.



P. və M.Diraklar.

DİRAK ÜSLUBU

Dirak dəqiqliyi çox sevər və başqalarından da bunu tələb edərdi. Bir dəfə seminarların birində uzun çıxarışın sonunda məruzəçi son ifadədə işarənin düzgün olmadığını müəyyən etdikdə, yazdıqlarına baxaraq: "Mən haradasa işarəni səhv salmışam" – dedi. Dirak onun sözlərinə düzəliş verərək: "Siz yerlərin tək sayını demək istəyirsiniz", – deyə vurğulamışdır.

Bir dəfə Dirak məruzə edib qurtardıqdan sonra, auditoriyaya xitabən: "Kimin sualı var?" – dedikdə, zalda olanlardan biri: "Mən başa düşmədim, bu ifadəni Siz necə almısınız?" – sualına, Dirakın cavabı: "Bu – iddiadır, sual deyil. Daha kimin sualı var?" – olmuşdur.

Fiziki qanunların riyazi gözəlliyi Dirak üçün fiziki nəzəriyyənin doğruluğunun intuitiv meyarı idi. 1955-ci ildə Moskva Dövlət Universitetinin fizika fakültəsinin nəzəriyyəçi tələbələri qarşısında çıxışının sonunda o, tələbələrə nəsihət şəklində yazı taxtasında tabaşirlə bu sözləri yazmışdır: "Physical laws should have mathematical beauty" (*ing.* "Fizikanın qanunları riyazi gözəl olmalıdır").

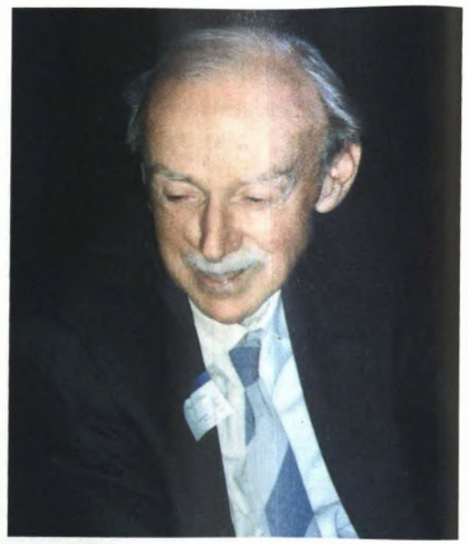
Dirakın "bu nəsihəti"ni yadigar kimi saxlamaq qərara alınır: lövhənin yazı olan hissəsi üzərinə şüşə çəkilməklə çərçivəyə salınır və bu indiyədək fakültənin auditoriyalarından birinin divarlarını bəzəyir.



Oskar Bencamin Kleyn (1894-1977) – İsveç riyaziyyatçısı.

Valter Qordon (1893-1939) – alman nəzəriyyəçi fiziki.

Vladimir Aleksandroviç Fok (1898-1974) – rus nəzəriyyəçi fiziki.



P.Dirak. 1982-ci il.

o, Dirakın hipotezindən xəbərsiz idi. Sonralar antiproton və digər antizərəciklər də kəşf olundu. Beləliklə, antimaddə, antimateriya məsələsi gündəmə gəldi.

1969-cu ildə Dirak yaşına görə Kembricdəki kafedrasını tərk etməli olur. O, Florida ştatının (ABŞ) Universitetinə dəvət alır. Dirak hər cür dəvəti qəbul edirdi, o, dünyanın yarısını mühazirələri və çıxışları ilə dolaşmışdı. Ömrünün son günlərinədək o, yaradılmasında özünün də bilavasitə əməyi olduğu, XX əsr dünyanın fiziki mənzərəsinin gözəlliyini öz dinləyicilərinə çatdırardı. Onun sevimli bazar günü gəzintiləri get-gedə daha qısa olurdu, o, taqətdən düşürdü. 1984-cü il oktyabrın 20-də Pol Dirak əbədi olaraq gözlərini yumdu.

Dirakın ideyaları son dərəcə məhsuldar olmuşdur. Onun "Kvant mexanikasının prinsipləri" kitabının axırıncı fəsli, kitabın yazılmasına bir neçə il qalmış yaratdığı kvant elektrodinamikasına və ya elektromaqnit sahəsinin və maddənin qarşılıqlı təsirinin kvant nəzəriyyəsinə həsr edilmişdir. 1940-cı illərdə nəzəriyyəçilərin səyi nəticəsində bu nəzəriyyənin hesablama texnikası o dərəcədə təkmilləşdirilmişdir ki, eksperimentlərin nəticələrini vergüldən sonra on işarə dəqiqliyi ilə qabaqcadan demək mümkün olmuşdur. Feynman qeyd edirdi ki, bu dəqiqlik Los-Anceles ilə Nyu-York arasındakı məsafənin insan tükünün qalınlığı dəqiqliyi ilə ölçülməsinə ekvivalentdir. Güclü və zəif qarşılıqlı təsirlər kəşf olunduqdan sonra, bu sahələrin kvant nəzəriyyəsi əsasən kvant elektrodinamikasına analoji olaraq qurulmuşdur.

ON DAHİ

Britaniya Fiziklər Cəmiyyətinin dərc etdirdiyi "Physics World" ("Fizika aləmi", 1999, №12) jurnalının alimlər arasında apardığı sorğunun nəticəsində müəyyənləşdirdiyi ən nüfuzlu on fizik bunlardır: 1. Albert Eynşteyn; 2. İsaak Nyuton; 3. Ceyms Klark Maksvell; 4. Nils Bor; 5. Verner Heyzenberq; 6. Qalileo Qaliley; 7. Riçard Feynman; 8. Pol Dirak; 9. Ervin Şredinger; 10. Ernest Rezerford.

Əhəmiyyətinə görə fiziki kəşflər bu cür təsnif edilmişdir: Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsi, Nyuton mexanikası və kvant mexanikası. Sorğu iştirakçılarının əksəriyyəti inanmır ki, vahid nəzəriyyənin yaradılmasında əldə olunan uğurlar bir elm kimi fizikanın sonuna gətirəcəkdir. Fizikada həll olunmayan on böyük problem bunlardır: kvant qravitasiyası, nüvə qüvvələri, termonüvə sintezi, iqlim dəyişkənliyi, turbulentlik, şüşəyəbənzər materiallar, yüksəktemperaturlu ifrat keçiricilik, günəş maqnetizmi, mürəkkəb sistemlər, şüurun fizikası.

Sorğuda iştirak edən fiziklərin 70%-i bildirmişdir ki, əgər yenidən peşə seçməli olsaydılar, yenə fizikanı seçərdilər.

2

FİZİKLƏR DÜNYASI

Fizika üzrə təhsil.
Fiziklərin cəmiyyəti.
Fizika və din





FİZİKA ÜZRƏ TƏHSİL

Elm və alimlər hələ çox qədimdən mövcud olmuşlar, lakin 300 il əvvəl elmlə məşğul olmaq öz hazırlıq sistemi və əməyin təşkilinə malik xüsusi peşəyə çevrildi. Yalnız XX əsrdə bu peşə kütləvi şəkil aldı.

Alimlərin peşə hazırlığı universitet kürsüsündən başlayır. Universiteti bitirən və elmi dərəcə alan məzun "alimlər silkinə" daxil olur. Onun sonrakı elmi karyerası ya pillə-pillə qalxıb ən yüksək pilləyə – professor vəzifəsinə qədər yüksələcəyi universitet divarları arasında, yaxud da ixtisaslaşmış laboratoriya və institutlarda davam edir.

Bu gün dünyada fizika-riyaziyyat sahəsində yüksək təhsil verən ən tanınmış bir neçə məşhur tədris müəssisələri vardır.

OKSFORD VƏ KEMBRİC

Oksford universiteti Böyük Britaniyanın ən qədim tədris mərkəzi olub, əsası 1163-cü ildə qoyulmuşdur. XIV əsrdə artıq bu universitet ölkənin alimlər və dövlət xadimləri yetişdirən başlıca tədris müəssisəsinə çevrilmişdir. Bu institutda, indiyədək fəaliyyət göstərən, fakültələri və kollecləri birləşdirən sistem mövcuddur.

Universitetə qəbul olunan tələbə oxumaq istədiyi fakültəni və yaşamaq istədiyi kolleci özü seçir. Amma kollec təkcə yataqxana deyildir. Burada hər tələbənin şəxsi müəllimi olur. Bu müəllimlər tələbələrə fərdi elmi məsləhətlər verir və məişət məsələlərində onlara kömək edirlər. Tələbə öz kollecinin kitabxanasından istifadə edə, kolleclər arasında keçirilən idman yarışlarında iştirak edə bilər və s. Hər kollecdə müxtəlif fakültələrin professor və müəllimləri çalışırlar. Onlar bir-birləri ilə ənənəvi lançlarda və naharlarda görüşürlər. Belə yoldaşlıq görüşləri müxtəlif ixtisas nümayəndələrinin bir-birləri ilə təmasda olmasına imkan yaradır.



İngilis tələbələri mühazirədə. Yumoristik qravüra. XVIII əsr.

ARXİMED BAYRAMI

Moskva Dövlət Universiteti (MDU) fiziklərinin çox gözəl ənənəsi olan tələbələrin yumor bayramı – Arximedin ad günü (sonralar Fizik günü) – 1960-cı ildən keçirilir. Həmin il "Arximed" adlı məzhəkəli "fizika" operası tamaşaya qoyulmuşdur. Lakin MDU-nun fizikləri belə hesab edirlər ki, "fiziki incəsənət" ənənəsinin başlanğıcı gizli şəkildə çap olunmuş kəskin polemik poema olan "Yevgeni Stromınkin" (1948-1955-ci illər, müəllif Gertsen Kopılov), fiziklərin himni olan "Dubinuşka" (1946) və ilk "fizika" operası "Dubinuşka" (1955) ilə qoyulmuşdur. Tələbələrin rəvayətinə görə "Dubinuşka" operası fizika fakültəsinin 1955-ci il buraxılışı məzunları tərəfindən yazılmış, dövlət imtahanlarından dərhal sonra buraxılış ziyafətində oynanılmış və akademik Lev Landau tərəfindən rəğbətlə qarşılanmışdır. Opera böyük müvəffəqiyyət qazanmış və o, Obninski fizikləri qarşısında (dünyada ilk AES-nin işçiləri), Dubnada (Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutunda) və Nazirlər Soveti klubunda (indiki "Satirikon" teatrında) nümayiş olunmuşdur.

MDU-nun fizika fakültəsinin yumor bayramı 1959-cu ildə fakültə komsomol konfransının xüsusi qərarına əsasən təsis edilmişdir: "Fizika fakültəsinin yumor bayramı – fizik günü" kimi təsis edilsin. Arximedin doğulduğu gün fizik günü hesab edilsin. Qəbul olunsun ki, Arximed e.ə. 287-ci il mayın 7-də doğulmuşdur. Təntənənin keçirildiyi yer kimi – klassik yunan teatrının səhnəsinin ideal analoqu – fakültənin girişinin qarşısındakı pilləkənlər seçilmişdir. Minlərlə insanın iştirak etdiyi bayram və onunla birlikdə "Arximed operası" – o dövrün fiziklərinin musiqi yaradıcılığının zirvəsi – belə yaranmışdır. Bu operada 60-cı illərdə xaricdə yaşayan tələbələrin həyatı əks olunur: qəhrəmanlıqlarla dolu hadisələr və adi məişət qayğıları, əbədi təhsil, xam torpaqlara yürüş və dağıdıcı allahlardan gələn fəlakətin öncədən hiss olunması və qəhrəman qurucular.

Bu qəribə opera son dərəcədə məşhur olaraq qalmaqdadır – 40 il ərzində onu müxtəlif institutların fizika fakültələrində və elmi institutlarda 200 dəfəyə yaxın oynamışlar.

Arximedin Ad günü bayramı hər il mayda keçirilirdi və bəzən bir neçə gün davam edirdi. Adətən bayram saat 13-də şeypur çalanların şeypurlarının səsi ilə başlanır, sonra isə fizika fakültəsinin pilləkənlərində yumoristik səhnəciklərlə davam edirdi. Müxtəlif kursların maskarad kostyumu geyinmiş tələbələri və aspirantları öz həyatlarında baş verən hadisələri danışardılar. Hesabatı "Mixail Lomonosov" qəbul edirdi, "Arximedin" gəlişi isə pirotexniki effektlərlə müşayiət olunurdu. Yumoristik mətnlər şeirlərlə, mahnılarla, rəqslərlə, imtahan, professorlar və hiyləgər tələbələrlə bağlı səhnəciklər ilə əvəz olunur; bəzən də yarımimprovizə olunmuş səhnəciklər oynanılırdı. Bu bayramları öz zəmanəsinin qəhrəmanlarının iştirakı bəzəyərdi: 1960-cı ildə akademik Lev Landau, 1961-ci ildə dahi Nils Bor, 1963-cü ildə German Titov (kosmonavtlar dövrü başlanmışdı).

60-cı illərin axırlarında ölkədə dəyişikliklər başlandı. Vəziyyət dəyişdi, fizika fakültəsinin rəhbərliyi azadfikirli tələbələri sıxışdırmağa başladı. 1969-cu ildə "Arximed" studiyasının liderlərini fakültənin partiya komitəsinə çağırırlar və onu bağlamağı təklif edirlər. 1969-cu ilin axırlarında studiya İ.V.Kurçatov adına Atom Enerjisi İnstitutunun mədəniyyət evində məskunlaşır.

Yalnız 90-cı illərin axırlarında Q.Kopılov tərəfindən yazılmış "fizika incəsənətinin" şedevrləri – "Dördölçülü poema və başqa birölçülü olmayan əsərlər" və "Yevgeni Stromınkin" poeması çap olundu. 1993-cü ildə Rusiya Fiziklər Cəmiyyətinin himayəsi altında fiziklərin dairəsindən kənarda da məşhur olan 50-ci illərin fizika fakültəsinin folkloru da əlavə olunmuş "Fiziklər zarafat edirlər" kitabı yenidən nəşr olundu. Bir qədər əvvəl, 80-ci illərin axırlarında Fizik gününün bayram edilməsi də bərpa olundu.



Nailiyyətlərə ehtiram
Düşüncələrə nizam
Fizikin acı tənəsi –
İxtiyari yanaşmanı
O, mütləq qəbul etmir.
O, zəhmətə qatlaşır
Yalnız onunla fərəhlənir –
Daim qeyri-müəyyən olan
Paradokslu və ənənəli sistemə
O, kiçik bir töhfə verir.
İntizam və sərbəstliyin
Övladları olan fiziklər
Təbiətin iç üzünü
Arxa tərəfdən görə bilir.

Aleksandr Kessenix



Oksford universitetinin möhürü. XIII əsr.

Kolleclər öz nailiyyətləri ilə fəxr edir. Onlardan birində ən böyük kitabxana yerləşir, digəri avarçəkmə komandası ilə məşhurdur, üçüncüsü isə Böyük Britaniyanın baş nazirlərinin əksəriyyətinin öz məzunları olması ilə fəxr edir.

Universitetə qəbul olunmaq üçün applikasiya forması adlanan müsabiqədən keçmək lazımdır. Abituriyent orta məktəbi bitirməsi barədə, aldığı qiymətlər haqqında bir neçə anket doldurur və bura müəyyən mövzuda yazdığı yazılı işi əlavə edir. Bundan başqa ingilis dilindən imtahan vermək vacibdir. Aşağı kursun tələbələri əksər fənləri öz arzularına görə seçirlər – məsələn, fizika dərsi ilə birlikdə musiqidən də təhsil ala bilərlər. Lakin fizik olmaq istəyən tələbə bu fənnə aid bir neçə aralıq imtahanları və sonda birinci elmi dərəcə – bakalavr almaq üçün yekun imtahan verməlidir. Yuxarı kurslarda təhsil ixtisaslar üzrə aparılır. Bakalavr dərəcəsi aldıqdan sonra tələbə ikinci universitet dərəcəsini (graduate) ala bilər. Burada o, magistr dərəcəsi almaq, sonra isə elmlər doktoru olmaq üçün hazırlıq keçir. Bu cəhətinə görə ingilis sistemi amerikan sistemindən fərqlənir. Amerikada yüksək təhsil dərəcəsi – PhD-dir (Doctor of Philosophy), bu da təqribən Rusiyadakı elmlər namizədi dərəcəsinə uyğundur. ABŞ-da doktorluq dərəcəsi şərəfli sayılır. İngilis universitetlərində fiziktələbələrin hazırlanmasının xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlar hələ aşağı kurslardan müxtəlif laboratoriyalarda işləyə bilərlər. Oksford universitetində Nəzəri Fizika İnstitutu və məşhur Klarendon laboratoriyası yerləşir. Oksford universitetində tanınmış fizik professorlar Rudolf Ernst Payerls, Riçard Dalits, Devid ter Haar çalışmışlar.

İngiltərənin ikinci qədim universiteti 1209-cu ildə əsası qoyulmuş və daima Oksford universiteti ilə rəqabət aparan Kembric universitetidir. İndi bu universitet 22 kolleci birləşdirir. Bunlardan ən məşhuru İsaak Nyutonun vaxtilə dərs dediyi Triniti-kollecidir. Kollecin tanınmış məzunları bunlardır: lord Corc Noel Qordon Bayron, Frensis Bekon; fiziklər – Ceyms Klark Maksvell, Maykl Faradey, Con Uilyam Reley, Cozef Con Tompson, Ernest Rezerford, Uilyam Lorens Breqqi.

Kembric universitetinin fizika fakültəsi Oksforddakından daha üstündür. Burada əsası 1871-ci ildə qoyulmuş məşhur Kavendiş laboratoriyası fəaliyyət göstərir.



Merton-kollec. Oksford.

FRANSADA ALİ TƏHSİL

Fransada ən qədim universitet Sorbonna adlanan Paris universitetidir (əsası 1215-ci ildə qoyulub). Sorbonna universitetinin adı burada 1257-ci ildə ilahiyyatı öyrətmək üçün kollec açmış kral IX Lüdovikin keşişi Robera de Sorbonnanın şərəfinə qoyulmuşdur. Sorbonna XX əsrin 60-cı illərinə qədər, ondan 13 müstəqil universitet ayrılanadək, vahid universitet kimi fəaliyyət göstərmişdir.

Bu universitetlərin bir neçəsində fizika fakültəsi vardır. Bu universitetlərdə Milli elmi tədqiqatlar mərkəzinə daxil olan elmi laboratoriyalar fəaliyyət göstərir. Bu laboratoriyalarda daimi əməkdaşlarla bərabər tələbələr, aspirantlar ("graduate students") və "Post-docs"lar işləyirlər.

Məşhur təhsil ocaqları Grandes Ecoles (Ali məktəblər) Böyük Fransa inqilabı (1794) dövründə yaranmışdır. Təbiət elmləri və riyaziyyat Ali normal və Politexnik məktəblərində tədris edilir. Ali məktəblərin universitetlərdən fərqi, burada qəbul imtahanlarının daha çətin olmasındadır. Ali normal məktəb öz məşhur riyaziyyatçıları ilə şöhrət tapmışdır. Bu məktəbin məzunları arasında Evarist Qalua, Eli Kartan, Andre Veyl vardır.

Məşhur fransız riyaziyyatçıları Qaspar Monj və Lazar Nikol'a Karno tərəfindən əsası qoyulmuş Politexnik məktəbi Fransada mühəndis və alimlərin hazırlanmasında müstəsna rol oynamaqla yanaşı, həm də bütün dünyada onların hazırlanma metodlarına və strukturuna təsir etmişdir.

Burada tədrisin əsas prinsipi belədir: tələbələr nəzəri biliklərə yiyələnməklə bərabər, həm də təcrübi texniki fənləri dərindən öyrənməlidirlər. Bu metod geniş profilli fizika-texniki institutların təməlini qoydu. Buraya dünyada məşhur olan Massaçusets və Kaliforniya texnoloji institutlarını, Moskva Fizika-Texniki İnstitutunu və s. aid etmək olar.

Politexnik məktəblərində Fransanın məşhur alimləri oxumuşlar: riyaziyyatçı, mexanik və fizik Simeon Deni Puasson, riyaziyyatçı Ogüsten Lui Koşi, fizik, riyaziyyatçı və filosof Jül Anri Puankare və başqaları.

Fransız təhsil sisteminin daha bir nailiyyəti dünyada analoqu olmayan Kollej de Fransdır. Bu, 1530-cu ildə Fransa kralı I Fransisk tərəfindən katibi Qulenma Budenin məsləhətinə əsasən təsis edilmişdir. Kollej de Fransın məqsədi Fransanın görkəmli alimlərinə öz sahələrində məhsuldar işləmək üçün





Kollej de Frans. Qədim qravüra.

və öz biliklərini öyrənmək istəyənlərə çatdırmaq üçün şərait yaratmaq idi.

Bundan ötrü bir neçə kafedra yaradıldı və hər kafedraya yalnız bir alim (Kollej de Fransın professoru) seçildi. Bu alimlərin funksiyası öz seçimlərinə görə mühazirələr oxumaq və laboratoriyalarda işləmək idi. Mühazirələrdə iştirak etmək pulsuz idi və hər bir arzu edən şəxs sərbəst gəlib mühazirəni dinləyə bilərdi. Bu sistem heç bir

Sorbonna.



Politexnik məktəbin emblemi.

"Postdoc" – dissertasiya müdafiə etmiş, amma daimi iş yeri olmayan gənc mütəxəssis.

FİZİKA JURNALLARI

Müxtəlif ixtisaslaşmış jurnallar bolluğunda üzən, bütün dünyada nəşr olunan kitabları nəinki ənənəvi "kağız" formasında, həm də elektron formasında oxumağa nail olan müasir fiziklər, çətin təsəvvür edə bilərlər ki, bir zamanlar elmi informasiyanın mübadiləsi tədricən və kiçik sürətlə – alimlər arasında yazışma şəklində həyata keçirilirdi.

Bu gün vəziyyət başqa cürdür. Yüksək temperaturlu keçiricilik ilə bağlı canlanmanın yarandığı dövrdə əldə olunan nailiyyətlər barədə bütün yeni məlumatlar elektron vasitələrilə rabitə hesabına çox böyük sürətlə ötürülür: nəticələrin göndərilməsi və onların çatması arasında vaxt fərqi bir neçə gün, hətta bəzən bir neçə saat çəkir.

İlk elmi jurnal olan "Alimlər jurnalı" 1965-ci ildə Parisdə nəşr olunmuşdur (1684-cü ildən Amsterdamda). Elmi məqalələrdən əlavə onun səhifələrində xüsusi janrlı məlumatlar da çap olunurdu: alimlərdən hər hansı biri çətin bir problemi həll etmək üçün öz kolleqalarına müraciət edirdi. 1682-ci ildə estafet ixtisaslaşdırılmış fizika-riyaziyyat nəşri olan və o dövrdə elmi ünsiyyət dili olan latın dilində Leypsiqdə çap olunan "Alimlərin əsərləri" jurnalına keçdi.

1665-ci ildə London Kral Cəmiyyətinin daimi katibi Henri Oldenburqun himayəsi ilə məşhur "Kral Cəmiyyətinin fəlsəfi əsərləri" ("Philosophical Transactions") jurnalı çap olunmağa başladı. Onun səhifələrində fəxri yeri "natural fəlsəfəyə" – fizikaya aid məqalələr tuturdu. Gənc Peterburq Elmlər Akademiyasının da nəşri orqanı var idi: latın dilində "Peterburq Akademiyasının əsərləri" adlı jurnal buraxılırdı.

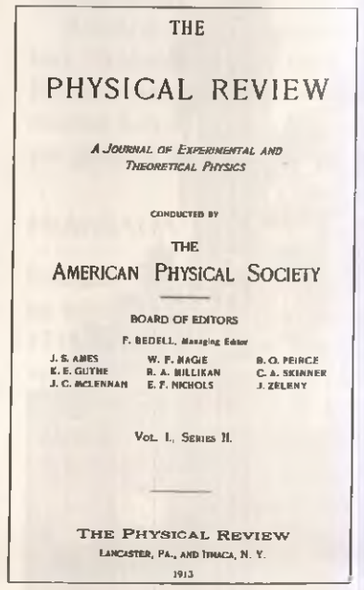
XVIII əsrdə ixtisaslaşmış fizika-riyaziyyat jurnallarını yalnız milli elmlər akademiyaları deyil, həm də daha qabaqcıl təhsil müəssisələri də buraxmağa başladı. Məsələn, 1795-ci ildə Fransanın ən yaxşı təhsil müəssisələrindən birinin orqanı olan "Politexnik məktəbinin jurnalı" (fransız dilində) nəşr olunmağa başlandı.

Müasir zamanda on minlərlə fizika jurnalları dərc olunur. Onların içərisində həm təzələri, həm də çoxdan dərc olunanları var. Belə ki, səhifələrində nisbilik nəzəriyyəsinin və kvant mexanikasının yaradıcılarının əsərləri çap olunan alman jurnalı "Fizika salnaməsi" ("Annalen der Physik") jurnalı 1799-cu ildən dərc olunur.

Dar ixtisas sahəsində çalışan fiziklər üçün zəruri informasiyaları özündə əks etdirən "qonşu laboratoriyanın fizikləri"ni maraqlandırmayan jurnallardan savayı, daha geniş tədqiqatçı kütləsi üçün nəzərdə tutulan ümumi fizika jurnalları da mövcuddur. Amerika Fizika Cəmiyyətinin ingilis dilində dərc etdirdiyi "Fiziki icmal" ("Physical Review") jurnalı çox böyük beynəlxalq nüfuza malikdir. Lakin burada heç də icmallar deyil, orijinal elmi əsərlər çap olunur. Elmi icmallar üçün cəmiyyətin digər jurnalı təsis edilmişdir: "Müasir fizikanın icmalı" ("Review of Modern Physics"). Bu jurnalda yalnız redaksiyanın sifarişi ilə yazılmış məqalələr çap olunur. Bu jurnal bütün dünyada nəşr olunan fizikaya aid jurnallar içərisində ən böyük indeksə malikdir. Ətraflı yazılmış məqalələrdən öncə, qısa məlumatlar şəklində operativ xəbərlər "Fiziki icmala məktublar" ("Physical Review Letters") jurnalında dərc olunur.

1918-ci ildən rus dilində "Fizika elminin nailiyyətləri" ("Успехи физических наук") adlı jurnal çap olunur. Bu jurnalda xülasə şəklində yazılmış və metodik xarakterli məqalələr, fizika sahəsində yeni nəşr olunmuş kitablara rəylər, fizikaya aid yeni ədəbiyyat haqqında məlumatlar çap olunur. Bir çox rusdilli nəşrlər kimi "Fizika elminin nailiyyətləri" jurnalı da Amerika Fizika İnstitutunun himayədarlığı ilə ingilis dilinə tərcümə olunur. Digər bir ümumi fizikaya aid rusdilli jurnal – "Eksperimental və nəzəri fizika jurnalı"dır ("Журнал экспериментальной и теоретической физики"). Operativ məlumatlar "Eksperimental və nəzəri fizika jurnalı"na Məktublar" ("Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики") və digər "Məktublar" ("Письма") jurnalında dərc olunur. Bir çox ənənəvi jurnalların elektron versiyası mövcuddur. Hətta təkcə elektron variantda dərc olunan jurnallar mövcuddur. Fizikaya dair jurnallar dəryasında batmamaq üçün "losmanlar" – jurnal şəklində və elektron variantda kataloqlar və məlumat kitabçaları mövcuddur.

Uşaq yaşlarından fizika və riyaziyyatla maraqlananlar üçün "Kvant" jurnalı nəşr olunur (onun amerikan analoqu "Quantum" jurnalıdır).


THE

PHYSICAL REVIEW

A JOURNAL OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL PHYSICS

CONDUCTED BY

THE

AMERICAN PHYSICAL SOCIETY

BOARD OF EDITORS

F. BEDELL, Managing Editor

J. S. AMES, E. E. GUYHE, J. C. MCLENNAN, W. F. MAGIE, R. A. MILLIKAN, E. F. NICHOLS, B. O. PEIRCE, C. A. SKINNER, J. ZELENY

VOL. I, SERIES II.

THE PHYSICAL REVIEW

LANCASTER, PA., AND ITHACA, N. Y.

1913

KONQRESLƏR, KONFRANSLAR VƏ QURULTAYLAR

Qiyabi xarakter daşıyan elmi ünsiyyət və ideyaların mübadiləsi: dövri mətbuatda çap olunmuş məqalələr, ənənəvi ("kağızla") və ya elektron poçtla yazışmalar, internetdə saytların yaradılması formalarından başqa, müasir alimlər həm də bilavasitə konqreslərdə, simpoziumlarda və seminarlarda görüşürlər.

Plenar iclasla yanaşı, bölmələr üzrə iclaslarda və stend çıxışlarında alimlər, əvvəllər yalnız dərc olunan məqalələrə əsasən qiyabi tanıdıqları əməkdaşları ilə şəxsən tanış olmaq imkanı əldə edir, qeyri-formal şəraitdə mühüm problemləri müzakirə edir, son elmi yenilikləri öyrənir, tanınmış mütəxəssislərlə təmasda olur – bir sözlə, elmin canlı nəfəsini hiss edirlər.

XIX əsrin ikinci yarısından beynəlxalq elmi konqreslər erası start götürdü. Bu konqresləri statistiklər (Brüssel, 1853-cü il), kimyaçılar (Karlsrue, 1860-cı il), riyaziyyatçılar (Sürix, 1897-ci il) keçirmişdilər.

XX əsrdə fizikanın inkişafında Brüsseldə keçirilən Solve konqresi böyük rol oynadı. Bu konqresin sponsoru belçikalı kimyaçı və iş adamı Ernest Solve (1868-1922) olmuşdur.

1911-ci ildə baş tutan birinci Solve konqresinin mövzusu Maks Plankın kvant haqqında hipotezinin köməyi ilə aldığı qara cismin şüalanması qanunu idi.

Konqresin işində fizika elmində adları fəxrlə çəkilən fiziklər, "köhnə qvardiyanın" və gənc nəslin nümayəndələri; birgə səyləri nəticəsində müasir dövrün təcrübi və nəzəri fizikasını yaradanlar, o cümlədən Plank və Eynşteyn də iştirak edirdilər.

Hər bir Solve konqresi müasir fizikanın ən mühüm probleminə həsr olunurdu. Kvant və nisbilik nəzəriyyələrinin yaranması, həmçinin yeni fizikanın doğulması və inkişafı bir çox səbəblərə görə bu konqreslərə borcludur desək, yanılmarıq. Müasir zamanda Solve konqresi Solve Beynəlxalq fizika və kimya institutları ilə birgə hər iki ildən bir Brüsseldə Belçika monarxının hamiliyi ilə keçirilir.

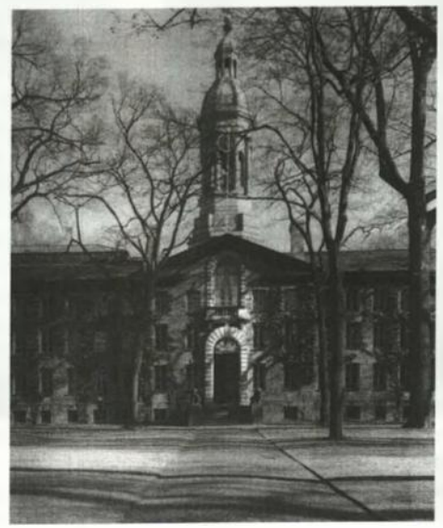
Rusiyada elmi konfransların keçirilmə ənənəsi öz başlanğıcını Rusiya Fizika-Kimya Cəmiyyətinin qurultayından götürmüşdür. Bu cəmiyyət 1878-ci ildə Rusiya Kimya Cəmiyyəti ilə (1868-ci ildə yaradılıb) Rusiya Fizika Cəmiyyətinin (1872-ci ildə yaradılmışdır) birləşməsindən yaranmışdır. Məhz Rusiya Fizika-Kimya Cəmiyyətinin qurultayları Rusiyada müstəqil fizika məktəblərinin yaranmasına və inkişafına təkan verdi.

dəyişiklik edilmədən bu günə qədər saxlanılıb (yalnız kafedraların sayı artıb). Kollej de Frans kafedrasına seçilmək Fransada böyük şərəf sayılır və Elmlər Akademiyasına seçilməyə bərabər tutulur.

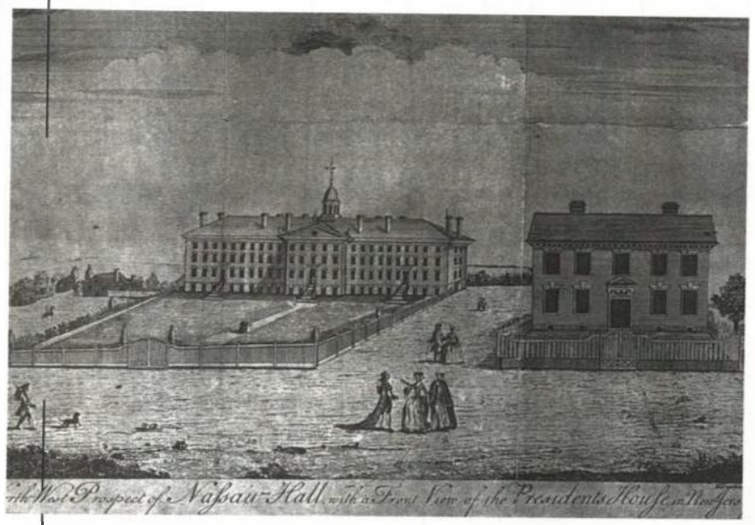
ABŞ İNSTİTUTLARI

Amerikada təhsil sistemində və elmi tədqiqat işlərinin təşkilində, Avropadan fərqli olaraq, müxtəlif dövlət və qeyri-dövlət fondları, qrant sistemləri böyük rol oynayır. Birləşmiş Ştatlarda fizikanı tədris edən ən yaxşı mərkəzlər bunlardır: Harvard, Prinston, Stenford universitetləri; Massaçusets və Kaliforniya texnoloji institutları.

ABŞ-ın ən qədim universiteti – Harvard universiteti – 1636-cı ildə yaradılmışdır. 1726-cı ildə ingilis Tomas Hollis ilk dəfə riyaziyyat və eksperimental fəlsəfə kafedrasını yaratdıqdan sonra burada fizikanı ciddi şəkildə öyrənməyə başladılar. XVIII əsrin axırı – XIX əsrin əvvəlində Harvard



Harvard universiteti.



Prinston universiteti. XVIII əsrin ikinci yarısı.

ən çox Nobel mükafatı almış amerikalı şəxslər Harvard universitetinin məzunları və professorlarıdır: Persi Uilyam Bricmen, Culius, Şvinger, Edvard Mile Parsell, Con Hazbruk van Flek və başqaları. Hazırda Harvard universitetinin fizika fakültəsində Nobel mükafatı laureatları Şeldon Qleşou, Nikolas Blombergen çalışırlar. Tədqiqatçılar hazırlamağın əsas metodu – mühazirə kursları ilə laboratoriya işlərinin uyğunlaşdırılması – bütün Amerika universitetləri, o cümlədən bir neçə yaxşı təchiz olunmuş laboratoriyaları sürətləndiricisi və rəsədxanası olan Harvard universiteti üçün xarakterikdir.

Harvard universitetinin daimi rəqibi olan Prinston universiteti 1746-cı ildə yaradılmışdır. Burada da gələcəyin məşhur alimləri oxumuş və işləmişlər: fizika üzrə Nobel mükafatı laureatları universitetində məşhur təbiətşünas və siyasi xadim, enerjinin saxlanma qanununu ilk kəşf edənlərdən biri qraf Benjamin Rumford çalışmışdır. Fizika üzrə

AMERİKA FİZİKA CƏMİYYƏTİ

Amerika Birləşmiş Ştatları alimlərinin ən böyük cəmiyyəti – Amerika Fizika Cəmiyyətidir (American Physical Society). 2000-ci ildə onun 50 minə qədər üzvü var idi. Peşəkar fiziklərin bu könüllü cəmiyyəti ABŞ-ın universitet və kolleclərinin müəllimlərindən, sənaye laboratoriyalarının işçilərindən, dövlət elmi laboratoriyalarının (Rusiya elmi mərkəzlərinin analoqu) əməkdaşlarından təşkil olunmuşdur. Cəmiyyətin üzvlərinin təqribən beşdə bir hissəsi başqa ölkələrin alimlərindən ibarətdir. Ona görə də bu cəmiyyət müəyyən mənada beynəlxalq xarakter daşıyır. Cəmiyyət üzvlük haqları və könüllülərin maddi yardımı sayəsində fəaliyyət göstərir. Cəmiyyətin nizamnaməsində, onun son dərəcə elmi və tədris, fiziki biliklərin inkişafı və yayılması məqsədi daşıdığı yazılmışdır. Cəmiyyət bir neçə elmi jurnallar çap etdirir, yeni ideyaların və nəticələrin mübadiləsi üçün elmi konfranslar keçirir.

Amerika Fiziklər Cəmiyyəti 1899-cu ildə peşəkar dostluq cəmiyyəti şəklində yaradılmışdır. Onun 59 daimi üzvü var idi. 1905-ci ildə Amerika Fiziklər Cəmiyyətinin nizamnaməsində dəyişikliklər edildi. Bu dəyişikliyə görə cəmiyyətin daimi üzvlərindən əlavə (Fellows) onun tərkibinə fəxri və sıravi üzvlər də daxil edildi. Hazırda bu sıravi üzvlər cəmiyyətin əsas hissəsini təşkil edir. Cəmiyyətin üzvlüyünə tələbələr və aspirantlar, fizika üzrə magistr və doktorluq (PhD) dissertasiyası üzərində işləyənlər; məktəblərin, kolleclərin və universitetlərin fizika müəllimləri; peşəkar fizika təhsili almış və ya fiziki biliklərin inkişafına kömək edən şəxslər seçilə bilərlər. Cəmiyyətin daimi üzvü olmaq üçün məşhur jurnallarda mötəbər orijinal nəşrlər etdirmək və əvvəl seçilmiş iki daimi üzvün zəmanətini almaq lazımdır. Yeni üzvün seçilməsi barədə son qərarı məhz bu məqsədlə yaradılmış komitə verir. Hazırda cəmiyyətin daimi üzvləri bütün üzvlərinin 10%-ni təşkil edir. Fizika sahəsindəki və cəmiyyət qarşısındakı xidmətlərə görə fəxri üzv adı verilir və bu adı alanların sayı 10 nəfərdən çox olmamalıdır.

Amerika Fiziklər Cəmiyyəti Amerika Fizika İnstitutunun (American Institute of Physics) ən böyük kollektivli üzvüdür. Onun tərkibinə daha doqquz başqa kollektiv üzvlər daxildir. Məsələn, fizika müəllimlərinin Amerika assosiasiyası, Amerika Astronomiya Cəmiyyəti. Amerika Fizika İnstitutu 1948-ci ildən aylıq elmi-kütləvi jurnal olan "Physics Today" ("Fizika bu gün") dərc etdirir. Amerika cəmiyyətinin üzvləri üzvlük haqqının bir hissəsi hesabına daim bu jurnalı alırlar, bundan başqa onlar cəmiyyətin jurnallarına abunə yazıldıqda və cəmiyyət xətti ilə keçirilən konfranslara səfərlər etdikdə müəyyən güzəştlər əldə edirlər.

1999-cu ildə dünyada ən nüfuzlu peşəkar ittifaqlardan biri olan Amerika Fiziklər Cəmiyyəti öz qüvvə və imkanlarının çiçəkləndiyi dövrdə gələcəyə inamla baxaraq, 100 illik yubileyini qeyd etdi.

AKADEMİYALAR

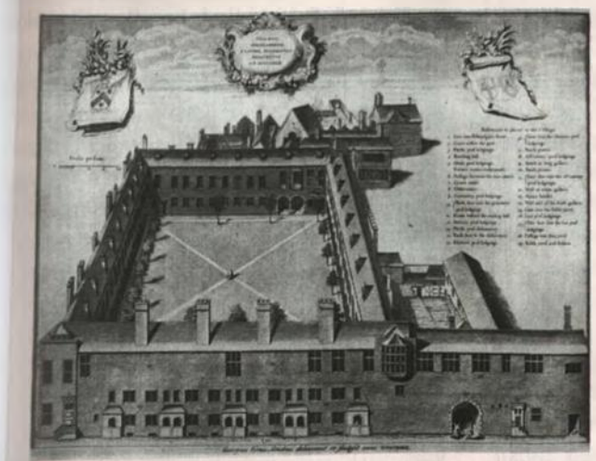
Dünyada ən qədim akademiya 1660-cı ildə əsası qoyulmuş London Kral Cəmiyyətidir. Hazırda onun mindən çox üzvü var. Ən əvvəl bu akademiya Frensis Bekonun təlimlərini inkişaf etdirmək məqsədilə yaradılmış balaca elmi dərnək idi. Kral II Karlın göstərişi ilə cəmiyyətin nizamnaməsi təsdiqləndi, onun fəaliyyət istiqamətləri – elmin inkişafına kömək etmək, bütün elmi məsələlərdə krala və hökumətə məsləhətlər vermək, müvafiq təcrübələri həyata keçirmək – müəyyən edildi.

Kral cəmiyyəti müstəqil (hökumətdən asılı olmayan) elmi təşkilat kimi yaradılmışdır. Bu cəmiyyət üzvlük haqları və xüsusi ianələr hesabına fəaliyyət göstərir. Cəmiyyətin ilk prezidenti riyaziyyatçı Con Uilkins seçilmişdir. Cəmiyyətin üzvləri İngiltərənin, demək olar ki, bütün tanınmış alimləri idi. Onun prezidentləri arasında İsaak Nyuton, Con Uilyam Reley, Cozef Con Tompson, Ernest Rezerford vardı.

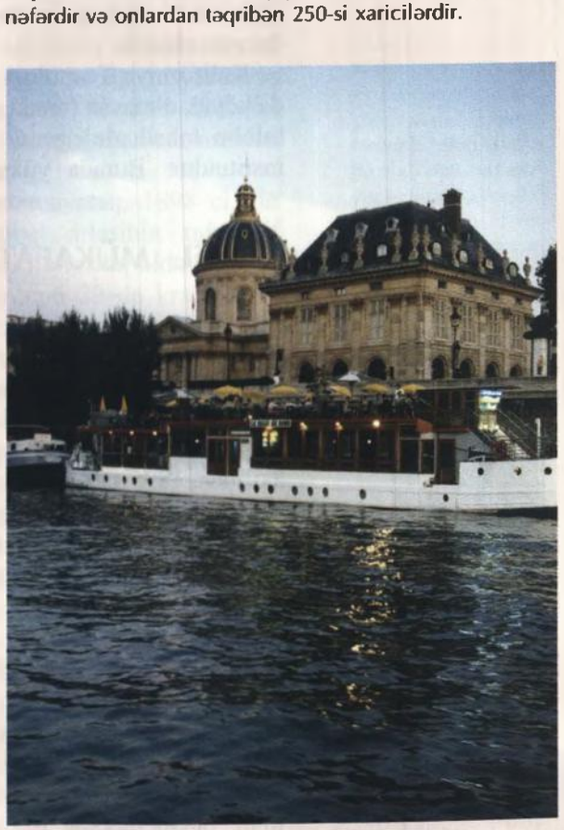
Kral cəmiyyətinə seçkilər sistemi kifayət qədər mürəkkəbdir, lakin bununla bərabər çox çevikdir. Bu imkan verir ki, çox tez bir zamanda istedadlı, mühüm kəşflər etmiş alimlər cəmiyyətə üzv seçilsinlər (ildə 40 nəfərdən artıq olmamaqla). Kral cəmiyyətinə həqiqi üzvlərdən başqa, xaricilər də – dünya şöhrətli alimlər də seçilirlər. Rusiyadan seçilən fiziklərin içərisində Pyotr Leonidoviç Kapitsa, Lev Davidoviç Landau, Vitali Lazareviç Qinzburq, İsaak Markoviç Xalatnikov vardır.

Fransa Elmlər Akademiyası 1667-ci ildə maliyyə naziri Jan Batist Kolber tərəfindən yaradılmış, lakin tezliklə XIV Lüdovikin himayədarlığına keçmişdir. Yaranan gündən akademiyaya hökumət maliyyə yardımı göstərirdi – o cümlədən akademiyanın üzvləri məvacib alırdılar. 1793-cü ildə Böyük Fransa inqilabı dövründə akademiya bağlanılır, onun bir neçə üzvü isə, o cümlədən məşhur kimyaçı Antuan Loran Lavuazye edam edilir. 1798-ci ildə akademiya Fransa İnstitutu adı altında Napoleon I Bonapartın fərmanına əsasən yenidən yaradılır. Sonra III Lui Napoleonun dövründə onun əvvəlki adı bərpa olunur. Fransa Elmlər Akademiyası sayca az (cəmi 40 nəfər) adam çalışan elitar təşkilatdır. Buraya seçkilər mürəkkəb, ikipilləli sistemlə keçirilir. Müxbir üzv və akademik dərəcələri vardır. Akademiyanın tərkibinə Fransanın məşhur alimləri daxil idilər (və ya daxildirlər). Leonid İvanoviç Sedov, Vladimir İqoroviç Arnold, İzrail Moiseeviç Qelfand, Aleksandr Markoviç Polyakov və başqaları. Fransa Elmlər Akademiyasının üzvləri olmuş və olmaqdadırlar.

ABŞ-ın Milli Elmlər Akademiyası – Birləşmiş Ştatların ən böyük qeyri-hökumət təşkilatı 1863-cü ildə yaradılmışdır. Hazırda onun həqiqi üzvlərinin sayı 1,4 min nəfərdir və onlardan təqribən 250-si xaricilərdir.



Qreham-kollec. Qravüra. XVIII əsr. Nyuton dövründə London Kral Cəmiyyəti burada fəaliyyət göstərmişdir.



Fransa İnstitutu.

Filipp Anderson, Yucin Pol Viqner, Cozef Teylor-balaca. Prinston universitetinin fizika fakültəsi astrofizika, plazma fizikası, nəzəri fizika sahəsindəki araşdırmaları ilə məşhurdur.

1891-ci ildə əsası qoyulmuş Kaliforniya Texnoloji Universiteti öz şöhrətinə görə elektronun yükünü təyin etmiş, 1923-cü ildə fizika sahəsində Nobel mükafatı almış Robert Endrus Millikenə minnətdar olmalıdır. Robert Milliken həm də çox yaxşı direktor olmuşdur. O, dərs demək üçün ən məşhur alimləri bura cəlb edər, tematikanın dəyişməsinə çevik münasibət göstərərək, xeyriyyəçilərin universitetə vəsait qoymasına nail olurdu. Bu prinsiplər institutun işinin təşkilində indi də əsas tutulur.

Kaliforniya Texnoloji İnstitutu çox da böyük olmayan (orada cəmi 1,5 min tələbə təhsil alır) geniş profilli özəl institutdur. Burada yüksək enerjilər fizikası – Livermor laboratoriyası (plazma fizikası sahəsində tədqiqatlar aparılır) fəaliyyət göstərir.

Massaçusets Texnoloji İnstitutu 1861-ci ildə yaradılmışdır. İndi bu institut dünyada bu qəbildən olan institutlar içərisində ən böyüyüdür. Burada aparılan tədqiqatların spektri çox böyükdür: kimya və biologiyadan tutmuş, riyaziyyat və iqtisadiyyatın ən abstrakt bölmələrinə qədər. Massaçusets Texnoloji İnstitutunun fizika fakültəsinin çox gözəl təcrübi bazası vardır. Burada görkəmli fizik-eksperimentatorlar çalışmış və indi də çalışırlar. 1990-cı ildə Nobel mükafatı almış elementar zərrəciklərin kvark quruluşu hipotezini təcrübi olaraq sübut etmiş Cerom Ayzek Fridman, Henri Kendall, Riçard Eduard Teylor, həm də yüksək enerjilər fizikası sahəsində məşhur nəzəriyyəçilər, məsələn, Roman Cakiv bu institutda çalışırlar.

NOBEL MÜKAFATI – XX ƏSRİN FENOMENİ

Bəşəriyyət tarixində öz dərəcəsinə, beynəlxalq nüfuzuna görə Nobel mükafatı ilə müqayisə olunacaq mükafat olmayıb və indi də yoxdur. XX əsrin bu fenomeninin başlanğıcı XIX əsrin axırında, 1895-ci il noyabrın 27-də qoyulmuşdur. Dinamitin məşhur ixtiraçısı Alfred Bernhard Nobel (1833-1896) həmin gün öz məşhur vəsiyyətini imzalamışdır.

Nobel mükafatının təsis edilməsinin 100 illiyi münasibətilə Komor adalarında buraxılmış marka və poçt bloku.



Bir çox ixtiralarından biri olan dinamitin istehsalından Nobel o zaman üçün fantastik sayılan kapital – 33 mln İsveç kronu qazanmışdır. Vəsiyyətnaməyə uyğun olaraq 1,5 mln kron onun yaxınlarına və doğmalarına çatmalı, qalan məbləğ isə xüsusi təhsil fonduna köçürülməli idi. Kapitaldan gələn gəlirlər (il ərzində toplanmış kapitalın faizi) əvvəlki illərdə bəşəriyyətin inkişafına ən çox töhfə verən şəxsə mükafat şəklində ödənilməli idi.

Bu gəlirləri Nobel, hər il veriləcək beş mükafat təsis etməklə, beş hissəyə bölmüşdür: fizika, kimya, fiziologiya və tibb, ədəbiyyat üzrə və həmçinin xalqları birləşdirən, daimi qoşunlarını ləğv edən və ya sayını azaldan və ya sülhü möhkəmləndirmək sayəsində fəaliyyətə verilən mükafat, sonralar axırıncı mükafat dünyada sülhə görə Nobel mükafatı adlandırıldı. Nobel mükafatını Nobelin vəsiyyətinə görə, fizika və kimya üzrə İsveçin Kral Elmlər Akademiyası, fiziologiya və tibb üzrə Stokholmda kral Karolina Tibb-Cərrahiyyə İnstitutu verir. Ədəbiyyat sahəsində laureatları müəyyən etmək İsveç Dilçilik Akademiyasına həvalə olunur. Sülhə görə mükafatı isə Norveç parlamenti (Stortinq) tərəfindən təşkil olunmuş beş nəfərdən ibarət komitə verir.

1969-cu ildə dünyada ilk mərkəzi bank olan İsveç Kral Bankı yaranmasının 300 illiyi münasibətilə və Alfred Nobelin xatirəsinə altıncı mükafatı – iqtisadiyyat sahəsində Nobel mükafatını təsis etdi. Bu mükafat da başqa nominasiyalarda verilən məbləğdə, lakin bankın vəsaiti hesabına verilir. Bu mükafat Kral Elmlər Akademiyası tərəfindən təsis olunub.

Alfred Bernhard Nobelin axırıncı vəsiyyəti 1897-ci il yanvarın 2-də elan olundu. Bu vəsiyyət həm mükafat fondunun formalaşması üçün ayrılan məbləğin həcminə görə, həm də mükafatın verilmə şərtlərinə görə ictimaiyyəti heyrətləndirdi. Ən çox heyrət doğuran mükafatın verilməsi şərti idi. Vəsiyyətçi qeyd edirdi: "Mənim qəti tələbim budur ki, mükafata layiq görülən şəxsin milliyyəti nəzərə alınmasın və onu ancaq ən layiqlilər alsın". Beləliklə, sözün əsil mənasında, həqiqi beynəlxalq mükafat təsis edildi. Bu mükafatla nə məbləğinə görə, nə də potensial namizədlərin əhatə dairəsinə görə heç bir mükafat müqayisə oluna bilməzdi.



XOŞMƏRAMLI MÜKAFAT

Sülh mükafatı yeganə mükafatdır ki, İsveçdə deyil, Norveçin paytaxtında – Osloda verilir. Bunun müəyyən tarixi səbəbi vardır. 1895-ci ildə Alfred Nobel öz vəsiyyətnaməsini tərtib edən vaxt, İsveç və Norveç vahid – ittifaq (*lat.* unio – "birlik") təşkil edirdilər. Hər iki xalq eyni bir hökmdarın hakimiyyəti altında yaşasalar da yola getmirdilər. Norveç tam müstəqil olmağa can atırdı və nəhayət ki, on il sonra, 1905-ci ildə istəyinə çatır. Qarşılıqlı münaqişə 1895-ci ilin yayında son həddə çatır. Bir sıra radikal tələbələrdən əl çəkən Norveç parlamentariyasının səyi nəticəsində silahlı toqquşmadan qaçmaq mümkün olur. Nobel parlamentinin (stortinq) sülhsevər təşəbbüsünü rəğbətləndirmək məqsədilə Nobel parlamentə sülh mükafatı təsis etmək hüququnu vermək qərarına gəlir.

Bütün dünya A.Nobelin axırıncı istəyini böyük maraqla və rəğbətlə qarşılasa da, İsveç bundan çox hiddətlənmişdi. Nobelin çoxlu sayda qohumları da qəzəblənmişdilər. Hətta kral II Oskar da öz narazılığını bildirmiş və vəsiyyəti ağılsızlıq adlandırmışdır. İsveç hökuməti də öz növbəsində xarici laureatların ölkədən mükafat şəklində çoxlu kapital aparacaqlarından ehtiyatlanırdı.

Bunlara baxmayaraq, 1898-ci ilin iyununda Nobel ailəsinin müxtəlif nümayəndələri ilə razılıq əldə olundu. 1900-cü il iyunun 29-da kral Nobel fondunun nizamnaməsini və mükafatı verəcək komitələrin fəaliyyətini nizamlayan qaydaları təsdiq etdi.

Nizamnaməyə əsasən, Nobel mükafatı yalnız eksperimental işlərə görə verilə bilərdi. Hendrik Anton Lorents bu mükafatı nəzəriyyəçi kimi almışdır. Bundan ötrü İsveç Elmlər Akademiyası nizamnaməyə müvafiq maddə əlavə etmişdir.

NECƏ LAUREAT OLURLAR

Araşdırmaların getdiyi bir vaxtda bir qrup İsveç akademiki axtarış sisteminin yaradılması və daha layiqli namizədlərin seçilməsi üzərində çalışırdılar.

Alfred Nobel.

Alfred Nobelin məktubundan (avqust, 1882-ci il): "Hər bir yeni kəşf insan təfəkküründə təsir edir və yeni ideyaları dərk etmək üçün onun qabiliyyətini dəyişir. Bilikləri yaymağa kömək etməklə, biz rifahımızı yaxşılaşdırırıq – mən şəxsi varidatı deyil, ümumi rifahı nəzərdə tuturam, – rifahın yüksəlməsi ağır keçmişdən miras qalmış bir çox mənfi halları aradan qaldırmağa şərait yaradır. Daha geniş idrak sferasını əhatə edən elmi nailiyyətlər, bizdə belə bir ümid yaradır ki, həm ruhi, həm də cismani "mikroblar"a qalib gələnəcən, bəşəriyyətin apardığı yeganə müharibə – "mikroblarla müharibə olacaqdır".



Nobel mükafatının təsis edilməsinin 100 illiyi münasibətilə Komor adalarında buraxılmış marka və poçt bloku.

Vəsiyyət edənin qoyduğu şərtlərdən əlavə mükafatı verəcək strukturların öz seçimlərində tam sərbəst olması, namizədlərin təqdim olunmasının və müzakirə edilməsinin gizli saxlanılması, onların irəli sürülməsinin beynəlxalq xarakteri əsas tələblərdən idi. Nəticədə effektivliyinə və düzgün seçimə görə analoqu olmayan nadir mükafatlandırma mexanizmi yaradıldı.

Layiqli namizədlərin tapılması kimi əsas işi Nobel komitələri həyata keçirir. Hər komitə, mükafatı verən strukturların öz üzvləri içindən seçərək, təqdim etdiyi beş nəfərdən ibarətdir.

Nobel komitələri bir il qabaq sentyabr ayı ərzində öz nümayəndəsini vermək hüququna malik olan konkret şəxslərə dəvətnamələr göndərir. Nizamnaməyə əsasən namizədin seçilməsində komitənin üzvlərindən əlavə mükafat verən strukturların bu komitəyə daxil edilməyən əməkdaşları, müvafiq bölmələr üzrə Nobel mükafatı laureatları, Skandinaviya və digər ölkələrin universitetlərinin fondun nizamnaməsinə uyğun seçilmiş professorları iştirak edə bilərlər. Beynəlxalq nümayəndələrin çox olması üçün komitə hər il altıya yaxın xarici universitet

ELMİ MƏSRƏFLƏR

Fondun maliyyə əsasını 1900-cü ildə Alfred Nobel tərəfindən vəsiyyət olunan 31 mln İsveç kronu məbləğində toxunulmaz kapital təşkil edirdi. Hökumətin qərarı ilə bundan 28 mln kron məbləğində əsas pul fondu ayrılmış və bu məbləğdən gələn faiz beş mükafatın verilməsinə sərf olunurdu. Daha doğrusu, mükafatlandırma ilə əlaqədar olan bütün tədbirlərə illik gəlirin 9/10 hissəsi, əsas fond kapitalının artmasına isə 1/10 hissəsi sərf olunurdu. Mükafat üçün nəzərdə tutulan məbləğ beş hissəyə bölünürdü. Dörddə bir hissə kənar prosedurlara, 75%-i isə mükafatın pul hissəsinə, qızıl medalın hazırlanmasına və s. sərf olunurdu. Nobel fondunun təşkili üçün lazım olan toxunulmaz kapital qızıl ehtiyatı ilə təmin olunmuş dövlət istiqrazları və ya daşınmaz əmlakla zəmanət olunmuş borc istiqrazları şəklində saxlanılırdı. XX əsrin əvvəlində kapitalın belə qoyuluşu daima real gəlir gətirirdi. Hər şey Birinci dünya müharibəsindən sonra (1914-1918-ci illər), – dünyada qlobal inflyasiya getdiyindən və qiymətli kağızların dəyəri aşağı düşdüyündən sonra dəyişdi. Nəticədə Nobel mükafatı zamanı verilən pul öz real dəyərini itirdi. Mükafatın pul ekvivalentinin dəyərini qorumaq məqsədi ilə 1946-cı ildə İsveç hökuməti Nobel fondunu kapitala görə vergidən azad etdi, 1953-cü ildə isə fond öz kapitalını istənilən ölkədə kommersiya müəssisələrinə qoymaq (aksiyalar, daşınmaz əmlak və s.) hüququ qazandı. Əvvəllər bu, nizamnaməyə zidd idi. Toxunulmaz kapitalın real qiyməti tezliklə bərpa olunmağa başladı. Bununla bərabər, Nobel mükafatının alıcılıq qabiliyyəti də artdı və 1991-ci ildə, ilk dəfə olaraq 90 il ərzində, 1901-ci ilin səviyyəsinə çatdı.

Nobel fondunun nizamnaməsinə görə mükafat verilən məbləğdən gəlir mənbəyi kimi istifadə olunması yolverilməzdir. Lakin bəzi pozuntular olmuşdur. 1919-cu ildə Nobel mükafatı almış və sonralar "ari fizikasının" tərəfdarı olmuş və Hitler rejimini dəstəkləyən alman fiziki YohannesŞtark (1874-1957) Nobel mükafatından əldə etdiyi pullarla farfor fabrikini almışdır. Vürstburq universitetinin kollektivi bu hərəkəti qeyri-etik saymış vəŞtarkı universiteti tərk etməyə məcbur etmişlər.


KONGLIGA SVENSKA
VETENSKAPS-AKADEMIEN

har vid sitt sammanträde den 12 Nov. 1901 i enlighet med föreskrifterna i det af
ALFRED NOBEL
den 27 November 1895 upprättade testamente beslutat att tilldela det pris som detta år bortgifves åt den som inom fysikens område har gjort den viktigaste upptäckt eller uppfinning till

WILHELM CONRAD
RÖNTGEN

såsom ett erkännande af den utomordentliga förtjenst han inlagt genom upptäckten

Fizika üzrə ilk Nobel mükafatı laureatı V.K.Rentgenin Nobel diplomu.

Bunun əksi olan hadisələr isə daha çoxdur. Vilhelm Konrad Rentgen (1845-1923) aldığı bütün məbləği öz dahi kəşfini etdiyi Vürstburq universitetinə vəsiyyət etmişdir. Yakob Hendrik Vant-Hoff (1852-1911) mükafat pullarını öz əməkdaşlarının elmi fəaliyyətini maliyyələşdirməyə sərf etmiş Maks fon Laue (1879-1960) və Corc Pacet Tomson (1892-1975) isə bu mükafatı onlara Nobel mükafatı qazanmağa kömək etmiş, elmin zənginləşməsində xidmətləri olan əməkdaşlarla bölüşmüşlər".

müəyyən edir və bu universitetlərin professorları həmin il üçün öz nümayəndələrini təqdim etmək hüququna malik olur. Nəhayət, ən böyük kontingenti Nobel komitəsinin hər il müraciət etdiyi müxtəlif ölkələrdən olan görkəmli alimlər təşkil edirlər. Əgər İkinci dünya müharibəsinə qədər fizika və kimya bölməsi üzrə ekspertlərin sayı 50-60 nəfər idisə, indi bu ədəd dörd rəqəmliyə yaxındır. Təşkilatlar və ya hökumət tərəfindən namizədlərin irəli sürülməsi humanizm nöqteyi-nəzərindən yolverilməzdir. Namizədin kollektiv şəkildə irəli sürülməsi isə açıq müzakirə və səsvermə ilə nəticələnə bilər, bu isə namizədin psixi durumuna təsir etmiş olar. Ona görə də Nobel komitəsində hər şey gizli aparılır, arxiv məlumatları isə yalnız 50 ildən sonra açılır. Nobel komitələrinin elm bölmələrində məxfilik sistemi çox effektivdir. Hətta elə hallar olmuşdur ki, yeni seçilmiş laureata Stokholmdan telefonla bunu xəbər verdikdə, o, telefonun dəstəyini ataraq, bunu dostlarının zarafatı saymışdır.

Təkliflər komitəyə mükafat veriləcək ilin 31 yanvarından gec olmayaraq çatdırılmalıdır. Öz namizədliyinin və yaxın adamının namizədliyinin, məsələn, ata tərəfindən oğulun namizədliyinin irəli sürülməsi yolverilməzdir. Fevraldan sentyabra qədər qeydiyyata düşmüş təkliflər, isveçli ekspertlərin, həm də xarici ölkələrdən olan nüfuzlu ekspertlərin qatıldığı komitələrdə çox diqqətlə baxılır.

Daxil olmuş təkliflərin seçim prosesində komitələr kifayət qədər inamlı görünməyən nümayəndələri saf-çürük edərək, kiçik siyahı adlanan siyahı tərtib edirlər. Kiçik siyahı üzrə səsvermə sentyabrda keçirilir. Səsvermənin nəticələri mükafat verən təşkilata göndərilir və kiçik siyahı burada yenidən diqqətlə analiz olunur. Bununla belə, mükafat verən təşkilatlarda oktyabrın əvvəlində keçirilən səsvermə ilə komitənin təklifləri heç də həmişə üst-üstə düşmür. Məsələn, 1908-ci ildə fizika üzrə Nobel komitəsi və İsveç Kral Elmlər Akademiyasının fizika bölməsi mükafatı elementar təsir kvantını – yeni universal sabiti – kəşf etmiş alman nəzəriyyəçi-fiziki Maks Planka (1858-1947) verməyi təklif etmişdir. Akademiya isə tam heyətlə rəngli fotoqrafiya metodunun müəllifi Qabriel Lipmana (1845-1921) səs vermişdir. Plank isə yalnız on ildən sonra mükafata layiq görülmüşdür.

Beləliklə, seçkinin son nəticələrini, onlar elan olunanadək, təqdim etmək qeyri-mümkündür. Bu metod seçkini, səs verənlərin öz aralarında dil tapmasından və ya qabaqcadan müəyyən rəyə gəlmələrindən etibarlı şəkildə qoruyur, lakin bəzən tək-tək səhvlər də olur.

Həmin ildə mükafat alacaq namizədlərin nailiyyətlərini kim və harada analiz edir? Bu məqsədlə Nobel fondunun uzaqgörən təsisçiləri hər komitədə Nobel institutu yaratmaq qərarına gəlmişdilər. Burada mütəxəssislər namizədlərin elmi əsərləri ilə tanış olur və öz rəylərini tərtib edirlər. Stokholm isə elmi nəticələrin ekspertizası üçün vəsaiti əsirgəmir. Hətta hər il onlara çəkilən xərc, mükafatın özündən çox olur.


Nobel medallarının üz tərəfi.


Fizika üzrə medal.

SEÇİM İNCƏ ŞEYDİR

1901-ci ildən 1999-cu ilə qədər bütün bölmələr üzrə (iqtisadiyyat da daxil olmaqla) Nobel mükafatçılarının sayı 682 nəfər olmuşdur, onlardan dördü iki dəfə mükafatlandırılmışdır. Bunlar – fransız fiziki və kimyaçısı Mariya Sklodovskaya-Küri (1867-1934) 1903-cü ildə fizika, 1911-ci ildə kimya sahəsində mükafatlandırılmışdır; Amerika fiziki Con Bardin (1908-1991), 1956 və 1972-ci illərdə fizika sahəsində lau-


Kimya üzrə medal.


Fiziologiya və tibb üzrə medal.



Sülh mükafatı.



Ədəbiyyat üzrə medal.



İqtisadiyyat üzrə medal.

reat; ingilis biokimyaçısı Frederik Senger (1918-ci ildə doğulub), 1958 və 1980-ci illərdə kimya sahəsində laureat; Amerika fiziki, kimyaçısı və ictimai xadim Laynus Karl Polinq (1901-1994) 1954-cü ildə kimya və 1962-ci ildə sülhə görə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.

Nobel mükafatı alan fiziklərin sayı 1999-cu ilədək 158 nəfər olmuşdur. Onların 67-si amerikan, 20-si ingilis, 19-u alman, 11-i fransız, 8-i Hollandiyadan, 7-si isə Sovetlər İttifaqından və s. idi. Bütövlükdə bu mükafata 17 ölkənin vətəndaşı layiq görülmüşdür.

Biixtiyar ortaya belə bir sual çıxır: fizika sahəsində böyük elmi potensiala malik olan Rusiya nə üçün, hətta balaca Hollandiyadan da geri qalaraq, bu siyahıda aşağı yer tutur. Bunun səbəbləri çox müxtəlifdir.

Radionu ixtira etdiyinə görə, Nobel mükafatını İngiltərədə işləyən italyan ixtiraçısı Qulelmo Markoni (1874-1937) almışdır, lakin Markonidən bir qədər əvvəl "naqilsiz teleqraf vurulmasını" (XIX-XX əsrlərdə radioyayımı xaricdə belə adlanırdı) ixtira etmiş Aleksandr Stepanoviç Popov (1859-1906) mükafatsız qaldı. Məsələ ondadır ki, Nobel nizamnaməsinin tələbilə Nobel mükafatını yalnız sağ olan adam ala bilər. Markoni bu mükafata 1909-cu ildə, Popovun vaxtsız vəfatından təqribən dörd il sonra layiq görülmüşdür.

Buna bənzər hadisə bundan yarım əsr sonra rus fiziki Sergey İvanoviç Vavilovun (1891-1951) da başına gəlmişdir. 1958-ci ildə sovet alimləri (Pavel Alekseyeviç Çerenkov, İqor Yevgenyeviç Tamm, İlya Mixayloviç Frank) fizika sahəsində "Çerenkov-Vavilov effektinin kəşfi və izahı"na görə Nobel mükafatı almışdılar. 1934-cü ildə qoyulmuş eksperimentin təşəbbüskarı və rəhbəri Vavilov olmuşdur. Eksperiment nəticəsində məlum oldu ki, yüklü zərrəciyin mühitdə hərəkət sürəti işığın həmin mühitdəki sürətindən böyük olduqda, bərabər sürətlə hərəkət edən yüklü zərrəciklər, əvvəllər elmə məlum olmayan şüalanma yaradır. Vavilov 1951-ci ildə vəfat edir və onun namizədliyinin irəli sürülməsi qeyri-qanuni hesab olunurdu.

Buna bənzər dramatik hadisə işığın kombinasion səpilməsinin kəşfi ilə bağlıdır. Bu kəşfə görə mükafata 1930-cu ildə Kəlküttədən olan hindistanlı fizik Çandrasekxar Raman (1888-1970) layiq görülmüşdür. Lakin rus alimləri Qriqori Samuiloviç Landsberqin və Leonid İsaakoviç Mandelştamın xidmətləri qeyd olunmamışdır. 1928-ci il fevralın 21-də onlar kristalda yeni spektral xətlər aşkar etmişdilər. Raman və onun əməkdaşı Kariamanikkam Krişnan bunu beş gün tez üzvi mayelərdə aşkar etmiş və dərhal fevralın 16-da bu məlumatı elmi jurnala göndərmişdilər. Martın 31-də tarixində jurnal onu dərc etmişdi. Rus alimləri isə öz nəticələrini yalnız iyulun 13-də elan etmişdilər. Nəticədə yeni hadisəni ilk kəşf edən Raman hesab olunmuş, effektin adı isə "Raman effekti" adlandırılmışdır. Həm Nobel komitəsi, həm də Kral Elmlər Akademiyası bu faktı təsdiqləmişdir. Elm

Nobel medallarının müəllifi Erik Linberqdir. Medalın arxa tərəfində Vergilinin (e.ə. yaşamış Roma şairi) "Eneida" poemasından belə bir strofa həkk olunmuşdur: "İnventas vitam javat excoluisse per artes" (*lat.* "İncəsənət sahəsindəki yeniliklər həyatın nəcibləşməsinə kömək edir"). Aşağı hissədə laureatın adı həkk olunur. Fizika və kimya sahəsində verilmiş medallarda təbiət buludlar üzərində dayanmış və əlində bolluq rəmzi olan içi dolu buynuz tutmuş ilahə şəklində təsvir olunmuşdur; ilahənin üzündəki duvağı – elm pərisini təcəssüm etdirən qadın qaldırır.

tarixində müxtəlif ölkələrdə buna bənzər hadisələr az olmamışdır.

1944-cü ildə gələcək akademik Yevgeni Konstantinoviç Zavoyski (1907-1976) tərəfindən kəşf edilmiş elektron paramaqnit rezonansı hadisəsi Stokholmun nəzərindən qaçmışdır. Halbuki öz əhəmiyyətinə görə bu kəşf Nobel mükafatına layiq görülmüş işığın kombinasion səpilməsindən və maqnit nüvə rezonansından heç də geri qalmırdı.

Elə həmin 1944-cü ildə digər sovet fiziki Vladimir İosifoviç Veksler (1907-1966) avtofazirovka prinsipini irəli sürür. Bu prinsip sayəsində sürət-



İsveç kralı Qustav fizika üzrə Nobel mükafatını Maks Borna təqdim edir.

FİZİKA ÜZRƏ MÜKAFATLAR

Tanınmış alman riyaziyyatçısı Frans Neyman demişdir: "Yeni həqiqətin kəşfi özü böyük xoşbəxtlikdir; nüfuz, ad-san buna heç nə əlavə edə bilməz". Lakin nüfuz, ad-san da vacibdir. Elm – ömrü boyu zəhmət tələb edən çətin məşğuliyyətdir, ona görə bir çox alimlərə, onların əməyinin kolleqaları tərəfindən qiymətləndirilməsi çox vacibdir. Şübhəsiz, alim üçün ən böyük mükafat akademiyaya üzv seçilmək və elmi mükafatlara layiq görülməkdir.

Ən məşhur mükafat olan Nobel mükafatından savayı fiziklərə verilən daha bir neçə tanınmış və nüfuzlu mükafatlar vardır. Amerika Fiziklər Cəmiyyəti bir sıra yüksək mükafatlar təsis etmişdir.

Tom Bonner mükafatı 1965-ci ildən etibarən hər il nəzəri baxışları dəyişməyi şərtləndirən nüvə fizikası sahəsində məşhur eksperimentlərə görə verilir. Laureatlar arasında amerikan fiziki Robert Van de Qraaf (zərrəciklərin ilk sürətləndiricisi); Çin əsilli amerikan Sien Şiunq Vu (zəif qarşılıqlı təsirdə cütlüyün saxlanılmamasını təsdiq edən təcrübəyə görə); rus fizikləri Sergey Polikanov və Viktor Strutinski (transfermi elementlərinin sintezinə görə).

1952-ci ildə kondensirə olunmuş mühit fizikası sahəsində ən yaxşı işlərə görə *Oliver Bakli mükafatı* təsis edilmişdir. Bu mükafatı iki dəfə Nobel mükafatına layiq görülmüş Con Bardin və onun həmkarı Con Robert Şriffer ifratkeçiricilik nəzəriyyəsinə görə; "kaliforniyalı ideyalar vulkanı" Filipp Anderson və başqaları almışdılar.

1959-cu ildə riyazi-fizika sahəsindəki ən yaxşı nəşrlərə görə Heyneman Fondu tərəfindən *Lanni Heyneman mükafatı* təsis edilmişdir.

Mükafatın laureatları arasında XX əsrin II yarısının nəzəri fiziklərinin ən yaxşı nümayəndələri vardır: kvark hipotezinin müəllifi və kvant xromodinamikasının əsasını qoyan Mürrey Gell-Mann; Nils Borun oğlu və nüvə örtük modelini yaratmış Oqe Bor; kvant elektrodinamikasının yaradıcılarından biri Friman Dayson; italyan fiziki Tulio Rece; "kvark rəngləri" hipotezinin müəlliflərindən biri yapon nəzəriyyəçisi Yoşiro Nambu; ingilislər Rocer Penrouz və Stiven Hokinq; rus fizikləri və riyaziyyatçıları Lüdviq Dmitriyeviç Faddeyev, Aleksandr Markoviç Polyakov, Yakov Qriqoryeviç Sinay, Aleksandr Borisoviç Zamolodçikov; holland fiziki Herard Hooft; amerikan fizikləri Kennet Vilson, Stiven Vaynberq, Ceffri Qoldstoun, Martin Kruskal.

Digər təşkilatlar və insanlar tərəfindən təsis edilmiş nüfuzlu mükafatlar:

Rikardo Volf mükafatı. Bu mükafat fizika, riyaziyyat, kimya, biologiya və musiqi sahəsindəki xidmətlərə görə verilir. O, milyonçu Rikardo Volf və onun həyat yoldaşı Fransisko tərəfindən 1978-ci ildə təsis edilmişdir. Bu mükafata fiziklərdən F.Dayson, V.Ginzburq, H.Hooft, K.Vilson, Y.Nambu layiq görülmüşlər. Onlardan bir çoxları sonralar həm də Nobel mükafatı laureatı olmuşlar.

Pol Dirak medalı. Bu medal 1985-ci ildə Triestdəki Beynəlxalq Nəzəri Fizika İnstitutu tərəfindən Pol Dirakın şərəfinə təsis edilmişdir. Son illər bu mükafat nəzəri fizika sahəsində ən yaxşı mükafatlardan biri sayılır. Onun laureatları içərisində S.Vaynberq, R.Feynman, N.Boqolyubov, A.Polyakov vardır.

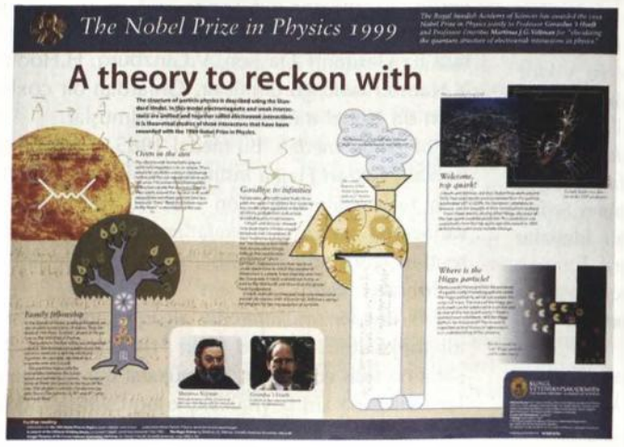
Fris London mükafatı. Bu alçaq temperaturlar fizikasında ali mükafatdır, holland fiziki Fris Londonun (1900-1954) şərəfinə təsis edilmişdir. Bu mükafat hər il alçaq temperaturlar fizikasına aid beynəlxalq konqreslərdə təqdim olunur.

Nobel mükafatının təqdimatı.



Hitler Almaniyasında, onun vətəndaşlarının Nobel mükafatı almasını qadağan edən qanun mövcud idi. 1939-cu ildə kimya sahəsində Nobel mükafatı üç alman aliminə: Adolf Butenandta, Gerhard Domaqka və Rikard Kuna verilmişdir. Onların hamısı mükafatdan imtina etməli olmuşlar. Nasizmin süqutundan sonra onlar öz sözlərini geri götürmüş və nəticədə diplom və qızıl medala sahib olmuşlar. Belə hallarda pul mükafatı verilmir.

Nobel komitəsinin fizika sahəsindəki mükafata həsr olunmuş plakatı. 1999-cu il.



ləndiricilərdə zərrəciklərin enerjisini iki-üç tərtib artırmaq mümkün olmuşdur. Vekslerin nəşrindən xəbərsiz olan amerikan alimi Edvin Mattison Makmillan (1907-1991) bir il sonra bu ideyanı təklif edir. Onların hər ikisi Nobel mükafatına təqdim olunsa da, heç biri bu mükafatı ala bilmir (Makmillan sonralar, 1951-ci ildə kimya sahəsində transuran elementlərin kəşfinə görə Nobel mükafatına layiq görülür).

Başqa bu kimi hadisələr də baş vermişdir. 20-ci illərin axırında gənc rus tədqiqatçısı Dmitri Vladimiroviç Skobeltsın (1892-1990) qeyri-adi hadisəni aşkar edir. O, Vilson kamerası ilə təcrübələr apararkən dünyada ilk dəfə olaraq pozitronun – müsbət yüklü elektronun izini müşahidə etmişdir. Lakin o, bu fenomeni reallıq kimi qəbul etməyə hazır olmamış və bunu təsadüfi epizod hesab etmişdir. İkinci dəfə bu izləri aşkar edən daha gənc amerikan fiziki Karl Devid Anderson (1905-1991) olmuşdur. Bu, 1932-ci ildə baş vermişdir. Skobeltsından fərqli olaraq o, bu qəribə kəşfdən qorxmamış, operativ şəkildə nəticələri dərc etdirmişdi. Andersonun bu sensasiyası onun üçün Nobel mükafatı ilə nəticələnmişdir.

Belə bir kəşfi E.K.Zavoyski də əldən vermişdir. 1941-ci ilin mayında o, öz əməkdaşları ilə birgə dünyada ilk dəfə maqnit nüvə rezonansının (MNR) siqnallarını müşahidə etmişdir, lakin bunu dərc etdirməmişdir. Belə ki, o illərin nəzəriyyəçiləri təsdiqləyirdilər ki, MNR-ni kəşf etmək qeyri-mümkündür. Amerikan alimləri Feliks Blox (1905-1983) və Eduard Mile Pyersell (1912-ci ildə doğulub) nəzəriyyəçilərin dediklərinə daha az inanmışdılar. Analoji hadisə ilə rastlaşaraq, onlar MNR-in metodunu (1946) işləyib hazırlamış (bir-birindən asılı olmayaraq) və 1952-ci ildə Nobel mükafatına layiq görülmüşdülər.

SÜLH VƏ ELM ŞƏRƏFİNƏ

Nobel mükafatının təqdimetmə mərasimi Nobel fondunun nizamnaməsinə görə dekabrın 10-da – fondun təsisçisinin ölümünün ildönümü günü keçirilir. İlk mükafat 1901-ci ildə verilmişdir. O vaxtdan bəri bu təntənə geniş miqyas almış və İsveçin paytaxtının Miladqabağı həftəsinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Artıq dekabrın ilk günlərindən Stokholm qarşıdan gələn təntənələrlə yaşamağa başlayır. Küçələr rəngbərəng işıqsaçan lampalarla bəzədilir, bir çox evlərin fasadlarında gur yanan çıraqlar quraşdırılır.

Təşrif buyurmuş laureatlara, onların qohumlarına, Nobel fondu tərəfindən dəvət olunmuş qonaqlara şəhərin ən möhtəşəm mehmanxanası olan "Qrand otel"də yer ayrılır. Mehmanxananın damında İsveçin və mükafat alacaq nümayəndələrin ölkələrinin bayraqları ucaldılır.

Mükafatın təqdimetmə mərasimində hamı, laureatlar da daxil olmaqla, mütləq ənənəvi geyimdə: kişilər qara frak, ağ jiletlə ağ köynək və ağ kəpənək (qalstuk əvəzi), qadınlar isə tünd rəngli ziyafət paltarında olmalıdırlar. Mərasimdə iştirak etməyə tam hüquqları olan və iştirakı vacib olan tələbələr başlarına qıraqları qara rəngdə olan ağ kepka qoyur, bədənlərini isə İsveçin bayrağının rəngində göy-sarı rəngli enli ipəklə sarıyırlar.

Mükafatın təqdim olunma günü laureatlar üçün daha çətin olur, çünki onlar həm həyəcanlanır, həm də mərasimin qaydalarını pozmamaq üçün ehtiyatlanırlar. Qaydalara düzgün riayət etmələri üçün məşq etmək məqsədilə onları dekabrın 10-da səhər, axşam mükafatlandırma mərasimi keçiriləcək konsert-holl zalına gətirirlər.

Mərasimin özü saat 16-da başlanır. Konsert-hollun böyük zalı və səhnəsi



Nobel mükafatının təqdimetmə mərasimi. İsveç akademiya təşkilatlarının şəndartları.

Bəzən laureatları müşayiət edənlərin sayı təşkilatçıları şoka salırdı. Bu mənada rekordsmen 1976-cı ildə fiziologiya və tibb sahəsində Nobel mükafatını almış amerikalı Daniel Karlton Hayduzekdir (1923-cü ildə anadan olmuşdur). O, yalnız Yeni Qvineyanın yerli əhalisinin yoluxduğu ölümcül kuru xəstəliyinin təbiətini açmışdır. 53 yaşında, subay olmasına baxmayaraq, o, Sakit okeanın müxtəlif adalarından 28 uşağı övladlığa götürmüş və hamısını Nobel şənliyinə gətirmişdir.

Nobel mükafatının təqdimetmə mərasimi. 1996-cı il.



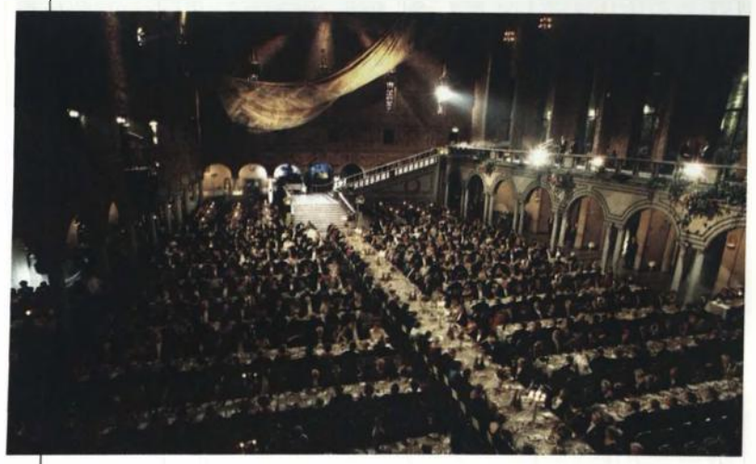


1996-cı ildə Nobel mükafatının təqdimetmə mərasimi. İsveç kralı XVI Karl Qustav və kraliça Silviya.

çoxlu sayda iştirakçılarla və tamaşaçılarla dolu olur. Səhnənin mərkəzində Alfred Nobelin büstü qoyulur. Kral sarayından xüsusi olaraq gətirilmiş kral kreslolarından sağda, qırmızı cildli diplomlar və laureatların qızıl medalları olan stol qoyulur. Stolun arxasında Nobel fondunun nümayəndəsi dayanır. O, laureatlar üçün hazırlanmış medalları krala təqdim edir. Nümayəndənin yanında ona assistentlik edən tələbə durur.

Düz saat 16-da krallığın təntənəli himni səslənir. Zaldakılar ayaq üstə himni oxuyurlar. Yalnız kral oxumur. Sonra Motsartın marş səsləri altında laureatlar gəlirlər. Laureatlar zala keçərək vəsiyyətnamədə mükafatların sadalanma qaydasına əsasən: ön cərgədə fizika üzrə, sonra isə kimya, fiziologiya – tibb və ədəbiyyat üzrə

Nobel mükafatına layiq görülənlərin şərəfinə verilmiş ziyafət. 1996-cı il.



Nobel ziyafəti Ratuşanın böyük Mavi zalında (52×21 m) keçirilir. Elə binanın özü hündürlüyündə olan bu zal əslində qırmızı rəngdədir. Layihəçilər onu tavanın altında olan çatma pəncərələrdən ibarət bütöv zolaqdan süzülən gündüz işığı ilə işıqlanan üslubda tərtib etməyi planlaşdırmışdılar. Xüsusi hazırlanmış qırmızı kərpiclərdən divarları hördükdə müəyyən edilmişdir ki, onlar interyerə tam uyğundur və əlavə örtüyə ehtiyac yoxdur. Layihədə göstərilmiş adı isə dəyişdirməməyi qərara alırlar.

laureatlar otururlar. 1969-cu ildən başlayaraq, ən sonda iqtisadiyyat elmləri sahəsində Nobel xatirə mükafatının laureatları gəlirlər. Laureatları zaldakı yerlərinə qədər onları təqdim edəcək akademiklər müşayiət edirlər.

Birinci tribunaya əlində Alfred Nobelin bürünc barelyefini tutmuş Nobel fondunun prezidenti çıxır və mükafatın təsisçisinin xatirəsinə həsr olunmuş giriş nitqi söyləyir. Özündən sonra çıxış edəcək bütün natiqlər kimi, o da İsveç dilində çıxış edir. Bu heç bir çətinlik törətmir, çünki hər bir qonağa mərasimin proqramı və rəsmi çıxışların ingilis dilində mətni əvvəlcədən verilir.

Mükafatlandırma prosesi fizika üzrə Nobel komitəsinin nümayəndəsinin çıxışı ilə başlayır. Sonra əlində diplom və medal olan qutunu tutmuş şəxs müntəzəm addımlarla kreslodan qalxmış krala yaxınlaşır. Eyni zamanda bütün iştirakçılar ayağa qalxır və sükut içində kralla laureatın qarşı-qarşıya hərəkətini müşahidə edirlər. Mükafatın verilmə və əlsıxma anında səhnənin sağ tərəfindəki küncdən qoşa şeypurun səsləri eşidilir. Mükafatı alan şəxs üçün bu vidalaşmaya işarədir. Laureat diplom və medal aldıqdan sonra edəcək təzimlərin ardıcıllığını ciddi şəkildə yadında saxlamalıdır: birinci təzim – kral tərəfə, ikincisi – səhnədəki akade-

NOBEL MÜHAZİRƏSİ

Nobel fondunun Nizamnaməsinə əsasən (§9), hər bir laureat "Əgər heç bir ciddi səbəb olmazsa, mükafat verildikdən sonra altı ay ərzində mükafata layiq görülmüş mövzuda mühazirə oxumalıdır". XX əsrin axırıncı onilliklərində Nobel mühazirələrinin oxuduğu ənənəvi gün – 8 dekabrdır. Laureatların qarşısında belə bir qadağa qoyulur: Nobel məruzəsi edilənədək onlar İsveçdə kütləvi çıxışlar etmək hüququna malik deyillər.

Müxtəlif elmlər üzrə Nobel mühazirələri (məruzələri) Kral Elmlər Akademiyasının akt zalında, Stokholm universitetinin, Politexnik institutunun, Karolinqin tibbi-cərrahiyyə institutunun auditoriyalarında oxunulur. Mühazirələrə giriş sərbəstdir və orada tanınmış professorlarla yanaşı, tələbələri və yuxarı sinif şagirdlərini də görmək olar.

Ədəbiyyat sahəsində Nobel laureatları İsveç akademiyasının böyük zalında çıxış edirlər. Qeyd edək ki, həmin zalda həm də dekabrın 10-da sülh mükafatının da təqdimetmə mərasimi keçirilir. Sülh mükafatlarının laureatlarının çıxışları Oslo şəhər meriyasının binasındakı böyük zalda keçirilir.

Əgər mükafat iki və ya üç alimə verilibsə, onlar Nobel məruzələrini eyni bir iclasda mükafat verən təşkilat hansı ardıcıllıqla onların familiyalarını qərarda göstəribsə, elə həmin ardıcıllıqla da edirlər. Hər bir məruzəçiyə 40 dəqiqə vaxt verilir, bəzən reqlamentlə bağlı çətinliklər də yaranır. Akademik İ.M.Frank xatırlayırdı ki, 1958-ci ildə onunla bərabər mükafata layiq görülmüş kolleqası akademik İ.E.Tamm, məruzəsi zamanı aludə olaraq, hazırlanmış mətndən kənara çıxmış və Nobel mühazirəsinə aid olmayan məsələlərə toxunmuşdur. Birdən ayılaraq o, Frankdan öz vaxtından ona 10 dəqiqə verməyi xahiş edir. Lakin Frank bunu edə bilmir, ingilis dilini pis bildiyindən o, yazılmış mətndən kənara çıxa bilməzdi. Onda hər şey uğurla ötüşdü – sədrlik edən Tamma maraqlı çıxışını davam etdirməyə icazə verdi.

Çıxışa hazırlaşarkən laureatlar çalışırlar ki, auditoriyaya özlərini ən son elmi nailiyyətlərini çatdırsınlar. Hətta Nils Bor 1922-ci ildə Kopenhagendən yeni elementin – hafniumun kəşfini təsdiqləyən teleqramı gözlədiyinə görə mühazirəsinin başlanmasını ləngitmişdir. Elə də cavabı gözləmədən o, tribunaya qalxmışdır. Lakin o burada da bir daha məyus olur – əvvəlcədən çıxışının tezisləri yazılmış kağızı cibində tapa bilmir. Ertəsi gün qəzetlər zarafatcasına yazırdılar ki, bu, Boru heç də karıxdırmadı və o, bir saat əvəzinə iki saat çıxış etdi; dünya şöhrətli alimin çıxışını kəsməyə heç kim cürət etməmişdi.

Yuxarıda qeyd edildi ki, Nobel mühazirəsinin mövzusu mükafata layiq görülmüş işin məzmunu ilə uzlaşmalıdır. Lakin nümayişkaranə xarakter daşıyan bir istisna olmuşdur. Akademik Pyotr Leonidoviç Kapitsa XX əsrin 30-40-cı illərində gördüyü işlərə, "aşağı temperaturlar oblastında fundamental ixtiralar və kəşflər"inə görə mükafata layiq görülmüşdür. Özü 1933-cü ildə bu mükafata layiq görülmüş ingilis fiziki Pol Dirak, 1946-cı ildə Kapitsanı ilk dəfə Nobel mükafatına təqdim etmişdir. Lakin formal səbəblər üzündən o, yalnız 1978-ci ildə, 85 yaşında bu mükafatı ala bilmişdir. Sözü üzə deməyi sevən Kapitsa, belə gecikmiş mükafata öz münasibətini bildirərək Kral Elmlər Akademiyasının adamla dolu zalında çıxışına belə başlamışdır: "Mən bu işləri qırx il qabaq görmüşəm və indi onları heç xatırlamıram. Ona görə də burada indi məşğul olduğum işlər barəsində danışacağam". Bu eyhamı çox gözəl başa düşən zal, onun bu sözlərini dostcasına səmimi alqışlarla və gülüşlə qarşılamış, Pyotr Leonidoviç isə Nobel məruzəçisi qismində "Plazma və idarə olunan termonüvə reaksiyaları" mövzusunda çox parlaq çıxış etmişdir.

miklərə və axırıncısı isə zalda oturanlara.

Kral asta-asta öz yerinə qayıdır, kepka qoymuş və çiynindən lent aşırmış assistent eyni vaxtda, onu kralın kreslosunun yanında gözləyən nümayəndəyə yaxınlaşır. Sonrakı mükafat dəsti yenə də krala verilir və prosedur təkrarlanır. Nobel festivalının əsas gününün birinci hissəsi İsveçin dövlət himni ilə tamamlanır. Bu dəfə kral da hamı ilə birlikdə oxuyur.

On dəqiqəlik yoldan sonra qonaqlar Ratuşada – Stokholmun yerləşdiyi çoxsaylı qayalı adalardan birinin qurtaracağında tikilmiş möhtəşəm binanın yanında olurlar. XX əsrin əvvəlində orta əsrlərin qotik arxitekturası üslubunda tikilmiş bina iştirakçıları, sanki, zaman maşınında Konserthollun müasir neoklassikasından rıtsar əsrinə aparır. Ratuşada ənənəvi olaraq Nobel ziyafəti verilir.

Mavi zalın tən ortasında 88 adamlıq baş ziyafət stolu qoyulur. Onun orta hissəsində kral və onun ailəsi, Nobel mükafatı laureatları və onların həyat yoldaşları otururlar. Digər yerlər isə Nobel fondunun rəhbərliyi və mükafatı verən təşkilatların üzvləri, Nobel

ailəsinin üzvləri, vətəndaşları, mükafata layiq görülmüş ölkələrin səfirləri üçün nəzərdə tutulur. Mərkəzdə qoyulmuş baş stolun perimetri üzrə müxtəlif ölçülərdə daha 65 stol qoyulur. Zalda cəmi 1268 oturmaq üçün yer olur və onlardan 200 yer tələbələr üçün ayrılır.

Saat 19-da fanfaralar səslənir, ardınca isə zəfər marşı çalınır. Zalın yuxarı hissəsindəki lojadan nizamlı nümayiş başlayır. Nümayişin önündə əlində uzun gümüş çubuq tutan herold – carçı gəlir. Onun ardınca kral, qadın laureatlardan biri ilə qol-qola girərək gəlir, əgər günün qəhrəmanlarının içərisində qadın yoxdursa, onda kral, Kral Elmlər Akademiyasının qərarı ilə ilk seçilmiş fizika üzrə Nobel mükafatı laureatının xanımı ilə gəlir. Onların ardınca kraliça gəlir, onu isə Nobel fondunun prezidenti müşayiət edir.

Herold (carçı) – Orta əsrlərdə Qərbi Avropada kral sarayında, iri feodalların yanında xüsusi xəbərləri elan edən adam, müxtəlif şənliklərə və rıtsar turnirlərinə başçılıq edən.

Birinci sağlığı kralın şərəfinə fondun prezidenti söyləyir. Zal ayaq üstə duraraq, şampan şərabı ilə dolu qədəhləri qaldırır. İkinci sağlığı – Alfred Nobelin xatirəsinə – kral özü söyləyir. Banketin rəsmi hissəsi arxada qalır və ekzotik yeməklərin könüllü dequstasiyası başlayır (qonaqların gəldiyi ana qədər menyu məxfi saxlanılır). Kofe üstü qızılı rəngli kağıza bükülmüş şokoladlarla dolu vazalarla birlikdə verilir. Şokoladların üzərində Nobel medallarının üz hissəsi həkk olunur. Qonaqlar bu şokoladları istifadə etməkdən çox, suvenir kimi götürüb, ciblərində və ya çantalarında gizlədirlər. Ziyafət hər bölmədən bir laureatın minnətdarlıq çıxışı ilə tamamlanır. Onların çıxışından qabaq fanfaralar səslənir.

Sonra isə gecə yarısına qədər Ratuşanın ikinci mərtəbəsində yerləşən Qızılı zalda tələbə orkestrinin sədaları altında, əsasən gənclərin üstünlük təşkil etdiyi rəqslər başlanır. Şahzadə qalereyasında kral və kraliça nazik pərdəli şirmanın arxasında Nobel laureatlarını qəbul edirlər. Vitrinlərdə yeni sahiblərdən müvəqqəti olaraq nümayiş üçün götürülmüş diplomlar və medallar qoyulur. Diplomlar sadəcə təsdiqləyici sənəd deyildir. Onların sol daxili üzü yeganə nüsxədə rəssam tərəfindən işlənib hazırlanmışdır.

FİZİKA VƏ DİN

DÜNYANI İKİ CÜR ANLAMA

Dinin həm mövzusu (Allah və axirət dünyası), həm dindarların onunla əlaqə saxlamaq üçün istifadə etdikləri vasitələr (ağıl əvəzinə inam), həm də həqiqəti müəyyən etmə üsulu (vəhy) fizik üçün çox yaddır və elmi nöqteyi-nəzərdən anlaşılmazdır. Buna baxmayaraq, din təbiət elmlərinin formalaşmasında mühüm (bəzən hətta müəyyənedici) rol oynamışdır.

Məsələn, pifaqorçular ittifaqında riyaziyyat dinin bir hissəsi kimi meydana gəlmişdi. Onun məqsədi ədədi münasibətlərin harmoniyası vasitəsi ilə Allahı dərk etməkdən ibarət idi. Fizikanın yaranması da dindarlıq pərdəsi altında baş tutmuşdu – dünyanın müşahidə olunan harmoniyasını anlamaqla ali ağılı (Demiurqu) dərk etmək olar. Bu harmoniyanın mənbəyi – Kainatın ağıllı, səbəbiyyətli quruluşunun mənbəyi, Aristotelə görə, İlkinhərəkətverici qüvvə olmuşdur.

Antik dövrdən düz Orta əsrlərə qədər, bilik də dinə daxil idi, çünki din insanın bütün mənəvi tələbatını,

o cümlədən dünyanı dərk etmək tələbatını ödəyirdi. Dində təbiət elmlərinin inkişafına təkan verən nədir?

İlk baxışda bu sual korrekt qoyulmayıb. Yeni dövrdə yaranan elm təbiəti dərk etmək məsələlərində Kilsənin nüfuzunu qəti surətdə rədd etdi. Elmin bütün sonrakı tarixi də özünü təsdiq etmək üçün Kilsə ilə mübarizə tarixi olmuşdur.

Alimlər haqlı olaraq təbiəti sərbəst tədqiq etmək işində özlərinin, heç bir avtoritetin hakimiyyətindən asılı olmayan, muxtar hüquqlarını müdafiə edirdilər. Ancaq bununla bərabər, yeni elmin yaradıcılarının hamısı dindar insanlar idilər. Belə çıxırdı ki, onlar ümumiyyətlə etiqada qarşı yox, korkoranə etiqada qarşı, mövhumata qarşı, heç nə ilə əsaslandırılmayan mühakimələrə qarşı mübarizə aparırdılar.

Elm və din tamamilə müxtəlif fənləri öyrənir və prinsipcə onlar birbirinə zidd ola bilməzlər. Əgər konflikt üçün zəmin yoxdursa, onda bəs nə üçün alimlərlə Kilsə arasında konflikt mövcud olmuşdur?

Birinci səbəb – qarşılıqlı dözümsüzlük idi. Katolik kilsəsi elmi idraka ona görə dözümsüzlük göstərirdi ki, yalnız özünü mütləq həqiqətin sahibi hesab edirdi. O, Cordano Brunonu tonqalda yandırdı, Qalileo Qalileyi sözündən dönməyə məcbur etdi, Blez Paskalı lənətlədi. Lakin bir çox alimlər tərəfindən də dözümsüzlük nümayiş etdirildi: onlar həqiqətə sahib olmaq qabiliyyətini yalnız ağıla aid edirdilər.

Konfliktin daha mühüm, lakin gizli bir səbəbi də var idi. Elmlə din arasındakı mübarizə – səbəbiyyətin necə seçilməsi uğrundakı mübarizəyə çevrilmişdi. Dünyanın əsasında nə dayanır: Allahın sərbəst iradəsi, yoxsa təbii mexanizm?

> "Az bilik Allahdan uzaqlaşdırır, çox bilik Ona gətirib çıxarır".
>
> *Frensis Bekon*
>
> "Təbiətşünaslıq adama bilik üçün, din isə fəaliyyət üçün lazımdır".
>
> *Maks Plank*
>
> "Təbiətşünaslıq qabından içilən ilk qurtum ateizmi doğurur, ancaq qabın dibində bizi Allah gözləyir".
>
> *Verner Heyzenberq*

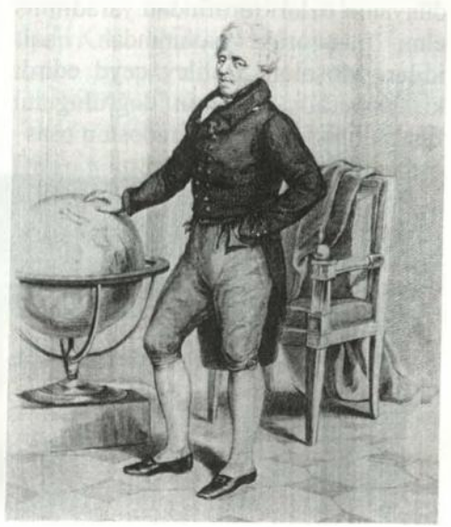
Səbəbiyyətin növlərindəki müxtəliflik – təbii və azad səbəbiyyət dünyanın iki müxtəlif, bir-birinə prinsipial zidd başa düşülməyini və ya izahını doğurdu. Hadisəni başa düşmək, tanış olmayanı tanış olan vasitə ilə izah etmək deməkdir. Məsələ nəyin tanış kimi qəbul edilməsindədir. Fiziki idrak üçün tanış olmayan da, tanış olan da burada, dərk olunan dünyanın özündədir. Dini izahatda isə tanış olan (Allah – dindara yaxın olan bir şey kimi) hadisələrdən kənarda yerləşir və onu təcrübədə yoxlamaq olmaz. Ona görə Qaliley və Dekart final (son), yəni o dünyalıq gözə görünməz səbəbləri qeyri-elmi səbəblər kimi rədd edirdilər. Onlar dünyanın özləri tərəfindən yaradılmış elmi mənzərəsi baxımından haqlı idilər. Məsələn, Qaliley qeyd edirdi ki, Kopernik təliminin doğruluğunu final səbəbə – Allahın iradəsinə əsas-



lanaraq isbat etmək nə qədər də mənasız olardı. Allahın iradəsi bizim şüurumuz üçün əlçatmazdır, ancaq Allah üçün Yeri Günəş ətrafında və əksinə, Günəşi Yer ətrafında fırlatmaq eyni dərəcədə asan olardı. Dünyanın elmi təsvirini vermək üçün Allahın iradəsi tamamilə lazımsız oldu. I Napoleon Bonapart məşhur fransız astronomu, riyaziyyatçısı və fiziki Pyer Simon Laplasdan soruşanda ki, nə üçün onun "Göy mexanikasına dair traktatı"nda Allahın adı çəkilmir, alimin belə cavab verməyə tam əsası var idi: "Bu hipotezə mənim ehtiyacım olmadı".

Laplasın sözləri Yeni dövrdə elmin dinə olan həqiqi münasibətini ifadə edirdi: elm dini təkzib etmir, bunu edə də bilməz, ancaq hadisəni Allaha əsaslanmadan izah etməklə, idrak üçün dini gərəksiz və artıq bir şeyə çevirir. Bu gün də Allaha istinad etmək fizika baxımından elmdən və elmi metoddan imtina etmək deməkdir. Ancaq bu heç də o demək deyil ki, elm dini alim üçün gərəksiz edir və Allahı onun qəlbindən sıxışdırıb çıxarır. Çox vaxt əksinə olur: dindarlıq alimin yaradıcılığını zənginləşdirmək

Məlumdur ki, Napoleon Laplasa kəskin etiraz etmişdi: "Elmin və dinin dəlillərini birləşdirərkən, biz təbiəti yaratmış Allaha gəlib çıxırıq".



Laplas.
Qravüra. XIX əsr.



və onun üçün stimula çevrilmək qabiliyyətinə malik olur. Məsələn, Albert Eynşteyn deyirdi ki, mən qravitasiya nəzəriyyəsini yaradarkən, mənim Kainatın harmoniyasına inamım son dərəcə böyük rol oynamışdır.

Təsadüfi deyildir ki, XVII əsrin altı ən böyük alimindən üçü – Qalileo Qaliley, Rene Dekart və Qotfrid Vilhelm Leybnis rasional dindarlar, digər üçü – İohann Kepler, İsaak Nyuton, Blez Paskal isə nəinki dünyanın Allah tərəfindən yaradıldığına, həm də dünyada ilahi istehsalın olduğuna inanan sufilər idilər.

Rasionalizm və elmin inkişafının özü heç də mütləq ateizmə aparmır. Lakin ağlın gücünə, heç bir əsas olmadan, hədsiz inam artıq XVIII əsrdə bir çox mütəfəkkirlərin dinsizliyinə səbəb oldu. Nyutonun "Natural fəlsəfənin riyazi başlanğıcları" əsərinin işıq üzü görməsindən 100 ildən bir az çox vaxt keçmişdi ki, fiziklər arasında Laplasın şüurdan Allah ideyasını qovan ümumi bir determinizm (*lat.* determinate – "təyin etmək") prinsipi hökmran olmağa başladı. Total (hər şeyi

təyin edən) səbəbiyyət azadlıqla və deməli, Allahla bir araya sığmazdır.

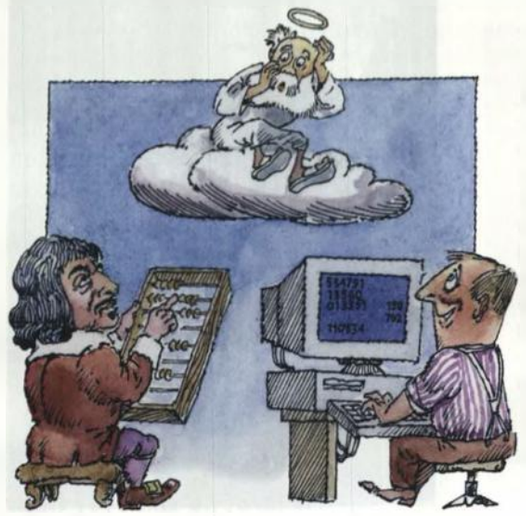
Maraqlı mənzərə alınmışdı: riyazi fizikanın yaradıcısı Nyuton qatı dindar idi. Nyutonpərəst Laplas isə fiziklərin tam dinsiz olduğunu elan edirdi. Eyni bir elmə əsaslanaraq, Allah haqqında Nyuton bir cür nəticələr, Laplas isə tamamilə əks nəticələr çıxarmışdı. Özlüyündə fizikadan çıxmır ki, yalnız təbii səbəbiyyət mövcuddur. Laplas təbii səbəbiyyətin ümumiliyini elan etdi, ancaq başqa seçim də etmək olardı.

Fakt faktlığında qalır: Nyutondan sonra fizika Nyuton seçiminin əksinə olan seçim etdi. O, metafizikadan və Allahdan imtina yolu ilə – pozitivizm (*lat.* positivus – "müsbət") yolu ilə getdi. Materializm kimi, pozitivizm də dünyada yalnız bizə verilənləri qəbul edir. Rus dini filosofu Nikolay Aleksandroviç Berdyayev (1874–1948) bunu "insanın dünyaya köləliyi" adlandırmışdı.

Müasir fizika səbəbiyyətin yalnız bir növünü mütləqləşdirməkdən imtina etdi. Ümumi nisbilik nəzəriyyəsi fəza və zamanın elə səbəbiyyət quruluşuna yol verir ki, o, hadisələrin qabaqcadan birqiymətli (deterministik) xəbər verilməsini istisna edir. Məsələn, sahənin qara çuxur şəklindəki sinqulyarlığı belədir. Başqa növ sinqulyarlıq Böyük partlayışdır. Bu elə hadisədir ki, kosmologiya onun üçün prinsipcə final səbəbdən fərqli olan heç bir səbəb axtarmaq qabiliyyətinə malik deyildir. Kainatın meydana gəlməsi zamana görə onu qabaqlayan heç bir fiziki səbəblər olmadan, yəni heç nədən baş verib ki, bu da heç bir məlum fiziki qanuna zidd deyil. Kvant kosmologiyası hətta Kainatın meydana gəlmə mexanizmini tapdı. Bu, Eynşteyn dünyasının spontan fluktuasiyasıdır. Real zərrəciklər, real fəza və zaman olmadıqda, Kainatın, sanki, özbaşına vakuumdan doğulması baş verir. Fiziki vakuum – kvant kosmologiyasının əsas metafiziki elementidir və "Allah" sözü işlədilmədiyi halda belə, Bibliyanın yaradıcılıq metafizikasına tamamilə uyğundur.

Kvant nəzəriyyəsi öz növbəsində müəyyən etdi ki, mikroaləmdə proseslər tam deterministik deyil. Belə ki, atomda elektronun davranışını qabaqcadan birqiymətli xəbər vermək mümkün deyil. Atomun halı müşahidə olunmayan ψ-funksiyası ilə təyin olunur, müşahidəçi üçün isə atomun halı spontan (özbaşına) dəyişir və ya deyə bilərik ki, o sərbəstdir və heç bir səbəblə şərtlənməyib.

Nils Bor hesab edirdi ki, təbiətin təbii-elmi səbəblə şərtlənməsi və "sərbəst iradə" əsasında izahının "final" (məqsədyönlü) üsulu bir-birini inkar edən təsvir üsulları olsalar da, bir-birinə zidd deyildir. Bu paradoksal müddəa Borun məşhur tamamlıq prinsipidir. O, bu prinsipi fəlsəfəyə və dinə də aid edirdi. Bor təkrar etməyi sevirdi: "Doğru müddəanın əksi yalan müddəadır. Ancaq dərin həqiqətin əksi başqa bir dərin həqiqət ola bilər".



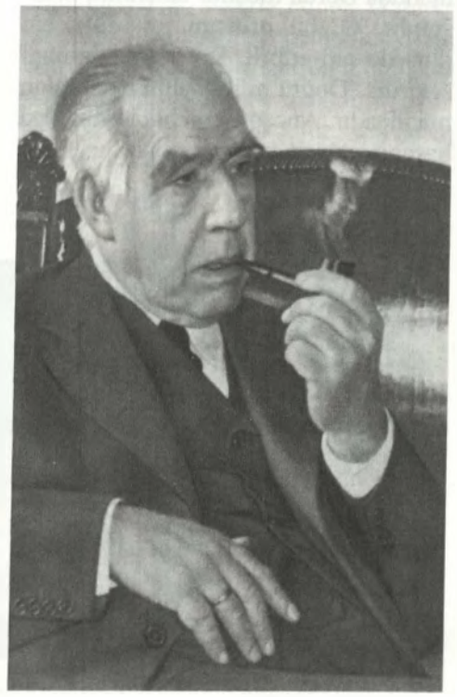
"Bor özünün kənd evinin qapısı üzərində nal asmışdı. İnama görə nal xoşbəxtlik gətirməlidir. Gələn adamlardan biri nalı görüb qışqırdı: "Doğrudanmı sizin kimi belə böyük alim həqiqətən inanır ki, qapı üzərindən asılmış nal uğur gətirir?" "Yox, – deyə Bor cavab verdi, – əlbəttə, mən inanmıram. Bu mövhumatdır. Ancaq siz bilirsinizmi, deyirlər ki, hətta kim buna inanmırsa, nal ona da uğur gətirir".

"Fiziklər zarafat edirlər" kitabından.

Elm və din arasındakı ziddiyyətləri məhz iki dərin həqiqətin – təbii səbəbiyyətin həqiqəti ilə sərbəst, final səbəbiyyətin həqiqəti arasındakı ziddiyyətlər kimi başa düşmək lazımdır.

KOSMİK DİN

Dindarlıq insanın normal halıdır; o, bəzən insanı bütün heyvanlar aləmindən ayıran başlıca əlamət kimi götürülür: insan dindar heyvandır. Ancaq insanı dindarlığa gətirən səbəblər çox müxtəlif ola bilər.



Nils Bor.

Bizim ölkədə uzun müddət aşağıdakı ideologiya hökmran olmuşdu: hər bir din ibtidai insanların başa düşməyə qadir olmadıqları təbiət hadisələri qarşısındakı qorxusu nəticəsində yaranmışdır. Onda belə olan surətdə alimdə, məsələn, Nyutonda dini şüur necə yaranmışdır, axı təbiətdə fəaliyyət göstərən xarici qüvvələrin izahını onun özü vermişdir?

"Dində dil, elmdəkindən tam fərqli şəkildə istifadə olunur. Dini dil, yəqin ki, elmi dildən daha çox poeziya dilinə qohumdur... Əgər bütün dövrlərin dinləri obrazlarla, simvollarla və paradokslarla danışırsa, bu, yəqin ona görədir ki, burada nəzərdə tutulan gerçəkliyi əhatə etməyin başqa imkanları, sadəcə, yoxdur. Ancaq buradan heç də çıxmır ki, o, həqiqi gerçəklik deyil".

Nils Bor

Hətta ilk qədim xalqlarda da dindarlıq, təbiət qarşısındakı qorxudan doğmamışdır. Dinin mənşəyinə aid, öz başlanğıcını maarifçilər əsrindən götürmüş bu cür nöqteyi-nəzər, qədim miflərin elmi tədqiqindən sonra çoxdan atılmışdır. İsveçrəli psixoloq, həmçinin mifologiya tədqiqatçısı Karl Qustav Yunq (1875-1961) göstərmişdir ki, miflər təbiətin inikası deyil, bu, insan qəlbinin, insanın daxili düşüncəsinin inikasıdır.

Kant etiqadı postulatın (mütləq əxlaq qanununun) köməyi ilə əsaslandırırdı. Bunu qəbul etmək də, etməmək də olar. Bu, Kantın "ağlabatan etiqadını" tənqid etmək üçün rus dini filosofu Vladimir Sergeyeviç Solovyova (1853-1900) bəhanə verdi. Etiqadın əsaslandırılması məsələsində Solovyov xristian ilahiyyatçısı Avqustin Avrelinin (Xoşbəxt Avqustinin; 354-430) "daxili təcrübənin metafizikası"nı əsas tuturdu: Allahın varlığı

AĞLABATAN ETİQAD

Klassik alman fəlsəfəsinin banisi İmmanuil Kant (1724-1804) ağlın mükəmməl biliyə iddiasının əsassız olduğunu göstərdi. Hər şeydən əvvəl, bu, etiqadın predmetinə – Allaha aiddir. Dördüncü antinomiyada Kant təsdiq edirdi ki, sırf ağıl Allah haqqında məsələni həll etməyə qadir deyil – nə onun varlığını isbat edə, nə də təkzib edə bilər. Alman filosofu sırf ağıl üçün həmişəlik həlledilməz qalacaq məsələlərin olduğunu isbat etməklə "biliyi məhdudlaşdırdı ki, etiqada yer qalsın".

Etiqad və ağıl, insanın mənəvi aləminin müxtəlif oblastlarına aid olmaqla, bir-birini tamamlayır: ağıl idrak sferasında dərin həqiqəti, etiqad isə sərbəst hərəkət və sərbəst seçim sferasında dərin həqiqəti axtarır. Bu səbəbdən həm ağlın etiqada nəzarət etmək cəhdləri (məsələn, Allahın və ölməz ruhların varlığını isbat və ya təkzib etməklə), həm də etiqadın insanı öz ağlından imtina etməyə məcbur etməsi düzgün deyildir. Etiqadın predmeti ağılsızlığın məhsulu ola bilər – bu halda söhbət dini mövhumatdan və ya dini fanatizmdən gedir.



İmmanuil Kant. Qravüra.

Bax buna görə, Kant ağlın din sahəsindəki iddiasını məhdudlaşdırıb, əlçatan vasitələrlə dini dərk etmək üçün ağıla hüquq verməkdən heç də imtina etmədi. Ağıl etiqad sahəsinə bələd olmaq qabiliyyətinə malikdir, ancaq onun həqiqətlərini bütün dərinliyi ilə anlaya bilməz.

İş ondadır ki, ağılda əzəldən insanın şüurlu məxluq olması qabiliyyətinə müəyyən minimal inam olur. Bu, ağlın o şeyə təbii inamıdır ki, insan xarici şəraitin və özünün təbii şıltaqlığının əsiri yox, sahibi və öz əməllərinin qanunvericisi olsun, yəni həqiqətən azad əxlaqlı məxluq olsun. Lakin ağlın məqsədi – ali ləyaqətə can atma – yalnız sonsuz varlığa (ruhun ölməzliyinə), həmçinin mütləq əxlaqi qanunvericiyə və xeyirxahlığın həyata keçirilməsinin zəmanətçisinə (Allaha) inamla birlikdə məna kəsb edir. Kant ağıl nöqteyi-nəzərindən dini və ya "ağlabatan etiqadı" belə əsaslandırırdı: bu – etiqaddır, çünki Allah və ruhun ölməzliyi təcrübi idrak üçün əlçatmazdır və o etiqad ağlabatandır, çünki həm Allah, həm də ölməzlik ağıl vasitəsi ilə daxil edilir və tələb olunur. Kant dinin doğruluğunu isbat etməmişdir, ancaq göstərmişdir ki, necə və hansı şərtlər daxilində o, ağılla uzlaşa bilər.

Ağıl insan üçün yalnız əxlaq qanununu kəşf etmir, həm də etiqada dəlil (daxili niyyət, səbəb) yaradır.

postulat kimi qəbul olunmur, fakt kimi aşkar olunur. Allah daxili dini təcrübənin faktıdır. Onun varlığının doğruluğunu ağılla əsaslandırmağa ehtiyac yoxdur: "Allah bizim daxilimizdədir – deməli, O var" (V.Solovyov).

Kimin – İmmanuil Kantın, yoxsa Vladimir Solovyovun etiqada aid dəlilləri inandırıcıdır? Solovyovun arqumentləri başdan-başa subyektivdir və ona görə də onlar hamı üçün məcburi gerçəkliyə malik deyil. Fransisko de Qoyinin sözlərinə görə, "ağlın yuxusu – yırtıcılar doğurur" – biz haradan bilirik ki, daxili təcrübə ilə məhz Allahı anlayırıq və bu hələ lazımınca öz ifadəsini tapmamış şüurun oyunu və kənardan götürülmüş stereotiplər deyilmi? Allah əvəzinə istənilən kabus ola bilər; buradan mövhumat və fanatizm yaranır.

"Etiqadın elmi əsaslandırılması tələbi, etiqadın isbatıdır... etiqadın başa düşülməzliyidir... Etiqadın biliklə əvəz olunması tələbi sərbəstlikdən imtina etməkdir. O, insanı alçaldır. Bilik – məcburi, etiqad – sərbəstdir".

Nikolay Berdyayev

Əksinə, Kantın "pak" etiqadı istənilən kəsə verilə bilər, çünki o, tamamilə ağla əsaslanır: "Pak dini etiqad təkcə yalnız ümumi Kilsəni əsaslandıra bilər, çünki o yalnız ağlın etiqadıdır və inandırıcı surətdə hər kəsə verilə bilər...". Bundan başqa, ağıl – etiqadın, fantaziyanın və cəhalətin qəddar bütlərinə qarşı yeganə vasitədir.

Etiqadın hamı üçün şübhəsiz olan dəlilləri yoxdur – hər kəs ona doğru öz yolunu tapır. Bəs etiqada aparan hansı yol fizikə ən yaxındır?

Antinomiya (*yun.* "anti" – əks və "nomos" – qanun) – birbirini inkar edən elə iki müddəa arasındakı ziddiyyətdir ki, bu müddəalar eyni dərəcədə məntiqi yolla isbat oluna bilən və ya eyni dərəcədə təkzib oluna bilən hesab olunur.

FİZİKA VƏ FƏLSƏFƏ

"Fəlsəfə" yunan dilindən "həqiqəti sevən" kimi tərcümə olunur. Əgər fəlsəfənin əşyalarla işi yoxdursa, onda o, həqiqəti hansı vasitələrlə əldə edir? Dünya birdir – bəs nə üçün fəlsəfi izahlar bir-birinə tamamilə uyğun gəlmir? Belə çıxır ki, minilliklərin cəhdinə baxmayaraq, fəlsəfə heç nəyə nail olmayıb – hamı üçün əhəmiyyətli olan, hamının qəbul etdiyi nəticələri almayıb.

Bununla belə, dəqiq elmlərdə həqiqət haqqında mübahisə etmirlər – onu tapırlar və sübut edirlər. Orada mübahisə etmirlər ki, üçbucağın bucaqları cəminin 180^0-yə bərabər olması və ya cərəyanlı naqilin öz ətrafında maqnit sahəsi yaratması həqiqətdir, ya yox. Belə müddəalar təcrübə ilə və ya məntiqlə sübut olunur. Bundan sonra onları heç bir adam inkar edə bilməz, onlar elmi biliyə çevrilir və artıq fəlsəfə olmur. Məsələn, enerjinin saxlanması ideyası bir çox əsrlər boyu yalnız fəlsəfi prinsip kimi qalırdı ("substansiyanın saxlanması"). XIX əsrdə Yulius Mayer və German Helmholts tərəfindən bu ideya miqdarca əsaslandırıldıqdan sonra o, fəlsəfənin bir hissəsi olmaqdan azad oldu – fiziki qanuna çevrildi.

Ona görə də hər bir fizik, "əgər bəzi şübhələr yaranmasaydı, ona fəlsəfə lazımdır, ya yox?" – sualına mənfi cavab verməkdə ciddi əsasa malik olardı.

Birincisi, tarixən fizika fəlsəfənin dərinliklərində, onun tərkib hissəsi kimi meydana gəlmişdir: ən qədim fizika filosof Aristotel tərəfindən yaradılmış və naturfəlsəfə – "təbiət fəlsəfəsi" adlandırılmışdır. Hətta fiziklərin danışdığı dil də filosoflardan götürülmüşdür: "enerji", "fəza", "zaman", "saxlanan kəmiyyət" ("substansiya") kimi başlıca anlayışları fizikaya məhz filosoflar daxil etmişlər. Yeni dövrün fizika və riyaziyyatı da filosoflar tərəfindən yaradılmışdır. Riyaziyyatın və mexanikanın böyük yaradıcıları Rene Dekart, Qotfrid Vilhelm Leybnis, Blez Paskal, İsaak Nyuton tarixə ən məşhur filosoflar kimi daxil olmuşlar. Nyuton ümumdünya cazibə nəzəriyyəsini qurarkən yeni fəlsəfi metod olan – induksiya metodundan istifadə etmişdir. Bu metod Nyutona öz cazibə qanununu Kainatdakı bütün cisimlərə şamil etməyə imkan verdi (Nyuton onların hamısını anlaya bilərdimi?). Dekartın deduktiv metodu fizikanın riyazilaşdirilməsinin elmi metoduna çevrildi.

İkincisi, fizikanın əsas anları – elmi inqilabları fəlsəfə ilə bağlıdır. Elmi inqilablar zamanı biliklər sadəcə çoxalmır – onlar keyfiyyətcə dəyişir. Elm tarixçiləri demişkən, elmi paradiqmanın və ya dünyanın fiziki mənzərəsinin prinsipial dəyişməsi baş verir. Bir qayda olaraq, paradiqmaların bir-birini əvəz etməsini mövcud nəzəriyyəyə uyğun gəlməyən yeni faktların ortaya çıxması doğurmur: bu faktlar, adətən, dünyanın hakim mənzərəsi ilə nə cürsə izah olunur. Başlıca inqilablaşdırıcı faktor alimlərin fəlsəfi elmi dünyagörüşünün dəyişməsidir: onlar dünyanı başqa cür qavramağa – xüsusən, əvvəlki anlayışlara yeni məna verməyə başlayırlar.

Nyutonun məhz mistik fəlsəfi baxışları ona, yunanların birləşdirilməsi mümkün olunmadığını hesab edən boşluğu və qarşılıqlı təsiri birləşdirməklə, mexanikanı qurmağa imkan verdi. Mütləq fəza-zamanın Allahın "idrak və təfəkkür qabiliyyəti" kimi təsəvvür edilməsi Nyutona çoxəsrlik çətin vəziyyətdən çıxmağa imkan verdi. Fəza-zaman həndəsəsi əbədi, sarsılmaz və vahiddir: bu, Evklidin qurduğu həndəsədir.

Müasir fizikaya görə zamanın və fəzanın xassələri əksinə, nisbidir – müşahidəçinin hərəkətindən, habelə cisimlərin vəziyyətindən və hərəkətindən asılıdır. Həndəsə artıq yeganə deyil, ona görə də üçbucağın bucaqlarının cəmi haqqındakı əvvəlki "şübhəsiz" müddəa həmişə doğru deyil. Paradiqmanın dəyişməsi yenə də yeni fəlsəfi ideyalardan başlanır: avstriyalı fizik Ernst Max, Nyutonun mütləq fəza-zamanı kimi, müşahidə olunmayan hər şeyi fizikadan çıxarmağı tələb etdi. Bu tənqid birbaşa nisbilik nəzəriyyəsinə apardı.

Kvant paradiqmasına keçid isə o qədər radikal idi ki, onu hətta Eynşteyn də qəbul etmədi. O vaxta qədər idrak obyektiv (yəni xarici aləmin bizdən asılı olmayan xassələrini özündə əks etdirən) hesab olunurdu. Kvant mexanikasının tənlikləri, onun yaradıcılarının özlərini təəccübləndirərək göstərdi ki, mikroobyektin xassələri müşahidə vasitələrindən, təcrübənin nəticəsi isə – obyektin müşahidəçi ilə qarşılıqlı təsirindən asılıdır. Əgər fizikanın nəticələri obyektin hansı şəraitdə tədqiq edilməsindən asılıdırsa, onda o, elmi (hamı üçün məcburi olan) bilik verə bilərmi?

Bu problemi həll etmək üçün Nils Bor İmmanuil Kantın fəlsəfəsinə müraciət etdi. Kanta görə dərk edən subyekt dünyanı kor-koranə əks etdirmir, xeyli dərəcədə onun özü öyrəndiyi təbiətə müəyyən xassələr aid edir.



İmmanuil Kantın idrak nəzəriyyəsi fəlsəfədə dönüş yaratdı. İlk dəfə o, belə bir sual qoydu: elmi bilik necə mümkündür? Belə çıxırdı ki, yeni bilik faktların toplanması sayəsində əmələ gəlir. Ancaq alim bütün faktları onsuz da dərk edə bilməz. Elmi mühakimə yalnız ayrı-ayrı faktlardan başlanır, ancaq öz-özlüyündə faktlar ümumi və zəruri olmalıdır. Məhz ona görə də, fiziki qanun ümumidir, onu ayrıca bir təcrübi faktdan çıxarmaq olmaz. Yeni bilik yaratmaq üçün ağıl, təcrübənin təsadüfiliyindən asılı olmayan müəyyən idrak qabiliyyətinə malik olmalıdır.

Kant belə nəticəyə gəldi ki, fəza və zaman haqqında bizə məxsus təsəvvürlər olmadan, təcrübənin özü mümkün deyildir. Onlarsız biz əşyaları və onlarda baş verən dəyişiklikləri qavraya bilməzdik. Fəza və zaman bizim şüurumuza təcrübədən əvvəl və təcrübədən xaricdə verilib və ona görə də hissiyyatdan alına bilməz: onlar aprioridir (*lat.* a priori – "əzəl").

Dünyanın dərk edilməsinin özü səbəbiyyət qanununa əsaslanır: hər bir hadisənin öz səbəbi var. Bəs, bu qanun bizə haradan məlumdur? Təcrübi faktlar yalnız onu göstərir ki, bir sıra hadisələr həmişə başqa hadisələrdən sonra baş verir. Ancaq bu hələ bizə əsas vermir ki, onlar arasında səbəbiyyət əlaqəsini müəyyən edək. Gündüz həmişə gecədən sonra gəlir. Məgər bu o deməkdirmi ki, gecə gündüzün başvermə səbəbidir? Səbəbiyyət qanunu heç də idrak vasitəsilə qazanılmış fakt deyil, onun apriori şərtidir, o təcrübədən çıxmır, ona aid edilir. Səbəbiyyət, ümumiyyətlə, hadisələrdə yox, bizim düşüncəmizdə mövcuddur. O, yalnız gündüzün baş verməsi və Yerin fırlanması arasındakı səbəbiyyət əlaqəsini quraq.

Fəza, zaman və səbəbiyyət (həmçinin materiyanın saxlanması ideyası) – bunlar bizim məhz təbiəti dərk etmək üçün bizim apriori vasitələrimizdir, bir növ ağlın instrumentarisidir. Onların sayəsində təcrübə, hisslərdən ibarət xaos yox, nəsə bir nizamlanmadır və ona görə də, dərk olunan bir şeydir. Kanta görə, təbiətin ən ümumi qanunları təcrübənin mümkünlüyünün şərtləridir. Əqli instrumentarinin aşkara çıxarılması, insan ağlının idrak imkanlarının sərhədlərinin müəyyən edilməsi fəlsəfənin məsələsidir.

Hələ qədim yunanlar şübhələnirdilər ki, əslində dünya onlara görünən kimidirmi və onların bu şübhələrindən fəlsəfə meydana gəldi. Onlar bütün şeylərin görünməyən və hiss olunmayan ilkin mahiyyətini (*yun.* "arxe") və ya başlanğıcını tapmağa cəhd etmişlər. Onlar dünyada görünən və hiss olunan hər şeyin ilkin mahiyyətinin təzahürüdür. Pifaqorun ədədlər, Demokritin atomlar, Empedoklun dörd ünsür, Platonun ideyalar (eydoslar), Aristotelin dünyanın İlkin hərəkətverici qüvvəsi haqqındakı təlimləri belə idi.

Bu filosoflar varlıq haqqında metafiziki təlim yaradırdılar. "Metafizika" sözü yunancadan hərfi tərcümədə "fizikadan sonra" və ya "fizikanın o biri tərəfi" mənasını verir. Bizim qavrayışımızdan gizlədilmiş, qavrayışımızın xaricində qalan dünyanı dərk etmək üçün edilən bu cəhd, Kantın sözləri ilə desək, insan ruhunun məhvedilməz tələbatını təşkil edir, çünki "təcrübə heç vaxt ağlı tam qane etmir".

Fizika məhz metafiziki məsələləri həll etməkdən imtina etdikdən sonra elmə çevrildi (Nyutonun "hipotez uydurmuram"ı). Buna baxmayaraq, fizika tarixi göstərir ki, metafiziki əsasları olmadan fizika mövcud ola bilməzdi. Artıq mütləq fəza və zaman anlayışları olmadan Nyuton mexanikası bir elim kimi yarana bilməzdi.

Nisbilik nəzəriyyəsi mütləq fəza və zamanı kənara atdı, ancaq onların əvəzində başqa absolyut – fəza-zaman və ya dördölçülü Eynşteyn dünyası daxil edildi. Minimum zamana malik, üstəlik, əyilmiş (cazibəni təsvir edərkən) bu qəribə dünya təcrübə əsasında heç cür yarana bilməzdi, çünki o nə gözlə, nə də cihazla müşahidə olunandır. O, idrakın apriori forması da ola bilməz, çünki orada fəza və zaman nisbidir – cisimlərin hərəkətindən asılıdır. Bu dördölçülü dünyanın əyriliyi cisimlərin bütün müşahidə olunan hərəkətlərini təyin edir. Kvant mexanikası da özünün görünməz mahiyyətini aşkar etdi. Mikroaləmdə zərrəciklərin halı müşahidə olunmaz kəmiyyətlə – ψ – dalğa funksiyası ilə təsvir olunur. Atomların tam şüalanma spektrini təyin edən ψ-funksiya özü müşahidə olunan kəmiyyətlər vasitəsi ilə birqiymətli təyin oluna bilməz.

Beləliklə, XX əsr fizikanın predmeti haqqındakı adi təsəvvürlər dəyişdi. İndi fizika əvvəlki mənada təcrübi aləmə aid olmayan, gözəgörünməz mahiyyətə nüfuz etmişdir. Fizika Kantın fiziki idrak üçün əlçatmaz hesab etdiyini öyrənir. Həm R əyriliyi, həm də ψ – funksiyası, həm bizim hiss üzvlərimizlə, həm də eyni dərəcədə bizim hiss üzvlərimizin təkmilləşdirilməsi olan fiziki cihazlarla da qavranılmır. Buna baxmayaraq, bu ideal müşahidə olunmaz mahiyyətlər təbii aləmdə bütün görünən, planetlərin hərəkətindən tutmuş atomların şüalanmasına qədər maddi nə varsa, hamısını təyin edir.

Fizikada "başa düşülmə" sözünün özünün mənası dəyişmişdir. Əgər əvvəllər "başa düşmək" sözü "naməlum hadisənin məlum olan, tanış olan hadisəyə gətirilməsini" bildirirdisə, müasir fizikada bu, artıq mümkün deyildir. Məsələn, atomda baş verən prosesləri əyani fəza-zaman təsviri kvant qeyri-müəyyənlik münasibətinə görə mümkün deyildir. Bu proseslər klassik fizikasının birbaşa təcrübəsinin artıq predmeti deyildir. Lakin onları yeni elmi idrakın predmeti kimi başa düşmək olar. Yeni idraka müşahidə olunmayan, imkandan xaric olan elementlər də daxildir. Verner Heyzenberq yazmışdır ki, "Atomlar şeylər deyil" və bu mənada Nils Bor da onunla razılaşmışdı. Atomlar müasir fizikanın öyrənə biləcəyi metafiziki reallıqdır.

* * *

Artıq nəzəriyyə yaradılıbsa və hadisələri hesablamaq üçün hazır texnika varsa, onda fizik heç filosof olmaya da bilər. Bu halda nəzəriyyə qurmaq üçün tələb olunan fəlsəfi başlanğıcları, həmçinin nəzəriyyənin söylədiyi ilkin metafiziki şərtlərini asanlıqla unutmaq olar. Ancaq fizikanın inkişafının dönüş dövrlərində, yeni paradiqma formalaşarkən, fəlsəfi təhlil aparıcı rol oynayır. Yalnız dünyaya baxışı və onu dərk etmək vasitələrini dəyişərək, fizik məlum faktları yenidən mənalandıra və elmi daha yüksək səviyyəyə çıxara bilər.

Verner Heyzenberq özünün İsveçrə fiziki Volfqanq Pauli ilə olan dialoqunu belə təsvir etmişdir. Pauli soruşmuşdu:

– Sən Allahın şəxsiyyətinə inanırsanmı?

– Olarmı bu sualı mən başqa cür söyləyim? – Heyzenberq cavab vermişdi. – Məsələn, belə: şeylərin və ya hadisələrin mərkəzi nizamlılığına bu cür birbaşa münasibət göstərmək, başqa adamın qəlbinə daxil olan kimi, onunla bu cür dərin əlaqəyə girmək olarmı? Əgər sən bu mənada soruşursansa, onda mən "bəli" deyə cavab verirəm.



Verner Heyzenberq.

Allahın kim olduğunu müəyyən etmək üçün elə bir üsul yoxdur. Yalnız Allahın nə olmadığını deyə bilərik: Allah əldəqayırma büt deyil, Allah od deyil, Allah təbiət deyil... Lakin fransız mütəfəkkiri Blez Paskalın dediyi kimi, hətta Allahın kim olduğunu bilmədən də, demək olar ki, Allah var. Allahın varlığını onun yaratdıqlarına görə, yəni görünən dünyaya görə dərk etmək olar.

Allahın bu cür dərk edilməsi yolu müşahidə olunan təbiəti öyrənən fizik üçün tamamilə tipikdir. Hələ qədim yunanlar, dünyanı harmonik qurulmuş bir tam kimi qavrayaraq hesab edirdilər ki, "dünyanı ağıl idarə edir" (Anaksaqor), yəni dünya ağıllı plan üzrə qurulub və bu plan riyazi plandır: "Allah həmişə həndəsəçidir" (Platon). Qotfrid Vilhelm Leybnis hesab edirdi ki, təbiətin özü ağıllı quruluşu ilə özünün ağıllı yaradıcısının olması ideyasının xeyrinə şahidlik edir (onun söylədiyi bu fikir əsərinin adında da öz əksini tapmışdır: "Ateistlərə qarşı təbiətin şahidliyi"). Leonard Eyler də hesab edirdi ki, riyazi qanunları kəşf etmək – Həqq-təalanın fövqəladə müdrikliyinə şahidlik etmək deməkdir: "Bizim dünya ən mükəmməl surətdə qurulub və hər şeyi bilən Yaradıcının yaratdığıdır".

XX əsr fizikası təbiətin ateistlərə qarşı bu şahidliyini nəinki rədd etmədi, hətta onu təkidlə təsdiq etdi. Albert Eynşteyn yazmışdır: "Reallığın rasional təbiətinə inamı işarə etmək üçün mən "din" ifadəsindən yaxşı ifadə tapa bilmirəm". Eynşteyn etiqaddan danışır, bilikdən yox. Bir dəfə o demişdi: "Dünyada onun üçün ən anlaşılmaz şey odur ki, dünyanı dərk etmək olar". Alim başqa bir yerdə söyləmişdir: "Bizim hissi təcrübəmizin dünyası dərk olunandır. Dərk olunabilmə faktının özü möcüzədir".



Bu "möcüzə" ona görə mümkündür ki, bizim düşünmə qabiliyyətimiz elə qurulub ki, biz təbiəti dərk edə bilərik. Kvant mexanikasının yaradıcılarından biri, alman nəzəriyyəçi-fizik Verner Heyzenberq, məsələn, bunu belə təyin etmişdi: "Təbiəti onun bütün formalarında yaratmış həmin nizamlayıcı qüvvələr bizim qəlbimizin quruluşuna və deməli, bizim düşünmə qabiliyyətimizə də cavab-



DİN VƏ ALİMİN ETİKASI

Alim yalnız təbiət sferasında yaşamır: düşünən şəxs kimi o da iradə azadlığına malikdir. Təbiət sferasında hadisələr, azadlıq sferasında isə fəaliyyət mövcuddur. Hadisəni ləğv etmək olmaz, fəaliyyəti isə ləğv etmək də olar, etməmək də. Bununla alim, bəzən özü də istəmədən, əxlaqi seçimin qarşısında qalır – yaxşılığa, yoxsa pisliyə xidmət etsin? Yaxşılıq nədir, pislik nədir? – elm onun bu sualına cavab vermir, bu, elmin səlahiyyətinə daxil deyildir. Bu sual etiqadın məsələsidir, biliyin yox.

Elm dünyanın necəliyini tədqiq edir və nə var, onu öyrənir. Din isə, necə olmalıdır və deməli, biz necə rəftar etməliyik haqqında danışır. Din sferasında elə dəyərlər müəyyən olunur ki, insanlar davranışlarını təkmilləşdirərək və hərəkətlərini müəyyənləşdirərək, özlərini onlara uyğun formalaşdırırlar. Bu mənada dini etiqad insana, sanki, naməlum dənizdə istiqamətlənməyə imkan verən kompas kimi xidmət edir. Verner Heyzenberq öz etiqadı haqqında, "kompas" haqqında danışan kimi danışır. Biz həyatda – bizim biliyimizin gücsüz olduğu sferada öz yolumuzu axtararkən etiqadımızı əldə rəhbər tutmalıyıq.



Etiqadın seçimi insan üçün olduqca böyük rol oynayır: edilmiş seçim onun dünyaya və bəşəriyyətə münasibətini təyin edir. Bu, xüsusilə fizikə aiddir, çünki onun kəşfi (məsələn, nüvə və ya hidrogen bombasının kəşfi) pislik üçün istifadə oluna bilər.

Vaxtilə ateizm Allahın qulu (antropomorf) ideyasına qarşı çıxan ədalətli reaksiya kimi müsbət rol oynamışdı. Lakin Allah haqqında bu pis təsəvvür dinsizliklə yox, daha yüksək Allah ideyası ilə əvəz olunmalıdır.

Dinsizlik insanın daimi halı ola bilməz: o həmişə dindardır və dinsizlik əvəzinə onda pis etiqad, məsələn, bütə etiqad yarana bilər, daha geniş mənada isə o, mənfi əhvali-ruhiyyə uçurumuna yuvarlana bilər.

Yaxşı və pisi seçməyən belə adamla manipulyasiya etmək, onu istənilən pis əməlin alətinə çevirmək olar, hətta bu adam dərin zəkalı şəxs olsa belə.

Fizika tarixində dini kompasdan məhrum olmuş böyük alimlərə misallar göstərmək olar. Bunun sayəsində onların istedadları pis məqsədlər üçün istifadə olunmuşdur. Misal üçün, Nobel mükafatı laureatları YohannesŞtark və Filipp Eduard Anton Lenard şüurlu surətdə nasizmə xidmət etmişlər. Onlar həqiqi "ariya" fizikasından danışırdılar, nisbilik nəzəriyyəsini yəhudi fizikası kimi inkar edirdilər.

dehdir". Başqa cür də demək olar: elmi idrak yalnız əvvəldən axıra qədər sərbəst Ağlın yaratdığı Kainatı qavrayır.

Bu xüsusi "təbii-elmi" növ dindarlığı Eynşteyn, kosmik dini hiss adlandırmışdır. Bu, məhz dindarlıqdır, yəni Allahın dərk edilməsi yox, Onun varlığına əmin olmaqdır. Bu, Eynşteynin sözlərinə görə, "Kainatın quruluşunun ali məntiqi ahəngliyinə dərin emosional inamdan doğur". Kosmik din ağlabatandır və ona görə kor-koranə və mövhumi deyil: o, kabusa və fanatizmə yol vermir. Bu din ucadır: o, "nə doğmadan, nə də insan surətində və insan oxşarında yaradılmış Allahdan xəbər vermədən" Eynşteyndə, onun öz sözlərinə görə, Kant əxlaq qanununu dərk edəndə və başı üzərindəki ulduzlu göyü seyr edəndə Kantın öz qəlbində hiss etdiyi həyəcan kimi bir "mistik həyəcan" doğurmuşdur.

"Əgər Allah hər hansı prosesləri və ya hadisələri "izah etmək" üçün cəlb olunursa, onda elmi təfəkkürlə Allaha etiqad heç cür bir araya sığışmaz. Həyatın yaranması, Kainatın təkamülü, həm də hər hansı istənilən başqa təbii-elmi problemlər elmi tədqiqatın predmetidir. Biz müşahidələr və təcrübələr və onların təhlili nəticəsində onlar haqqında addım-addım daha çox şey öyrənirik. Allah, məsələn, canlı varlıqları yaratmışdır deməklə, Allahı buraya cəlb ediriksə, onda əslində bu, təslim olmaq, canlı orqanizmlərin mənşəyi və təkamülü məsələsinə elmi yanaşmadan imtina etmək deməkdir... Mən əminəm ki, moda keçəcək, cəmiyyətin əsrlərlə davam edən dindən azadolma prosesi, nəhayət, çox tez olmasa da, qalib gələcəkdir. Gələcək mistikaya, müəmmalara və gizli etiqada yox, elmi təfəkkürə və elmi dünyagörüşünə məxsusdur".

V.L.Ginzburq

HƏQİQİ VƏ SAXTA FİZİKA

Yəqin ki, XX əsrdə insanın gözünün qabağında meydana çıxan hər bir şey fizikanın iştirakı olmadan yaranmamış və ya təkmilləşməmişdir. Rabitə, nəqliyyat, energetika, kompüterlər, tibb texnikası... Bundan başqa, fizika bizim yaşadığımız dünyanı başa düşməyimizi təmin edir. Fizikanın nailiyyətləri insanlarda dünyanın məntiqliyinə və dərk olunanlığına inam yaradır. Fiziklərin yaratdıqları və sınadıqları metodoloji prinsiplər biliyin başqa sahələrində də istifadə olunur.

Lakin fizika cəmiyyətə çox şey verməklə yanaşı, həm də çox şey sərf edir. Müasir fiziki avadanlığın dəyəri bir çox ölkələrin büdcəsi ilə müqayisə edilir. Özü də, cəmiyyət tam təminat olmadan, yalnız gələcəkdə faydalı nəticələrə ümid etməklə elmə pul xərcləyir. Ona görə də, elmdə sərvətlər və cəmiyyətin etimadı uğrunda rəqabət olmaya bilməz. Rəqabət mübarizəsində nəinki yalnız müxtəlif elmi istiqamətlərin nümayəndələri, həm də psevdoelm adlanan istiqamətin xadimləri də iştirak edirlər.

PSEVDOELM ALƏMİ

Psevdoelm elm adı altında maskalanaraq, elmə bənzəməyə çalışır, ancaq onun məqsədi və metodları başqadır.

Psevdofizikanın ən çox yayılmış hissələrindən biri dövlətdən pul almaq və şöhrət qazanmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Ənənəvi mövzu "ifratsilahdır". Məsələn, sualtı qayıqlarla rabitə üçün telepatiyanın tətbiqi, "birbaşa kosmik şüalanmanın Yer səthindəki bütün canlıları yandırması üçün atmosferdə pəncərələrin" yaradılması (bu, zarafat yox, dəqiq sitatdır). Bəzən büdcə pullarını bölüşdürən məmurlar psevdoalimlərlə simbiozda çıxış edirlər, çünki pullardan onlara da "pay" düşür. Demokratik cəmiyyətlərdə müstəqil ekspertiza sistemi, hakimiyyətin az ideologiyalaşdırılması və rüşvətxorluğun az olması psevdoelmin bu hissəsinin inkişafına mane olur.

Psevdoelmi ideologiya qidalandıra bilər. Elmi müzakirələrdə bəzən dövlət iştirak edirdi (SSRİ-də genetika və kibernetika ilə, nisbilik nəzəriyyəsi və kvant mexanikası ilə mübarizə). Dövlət özünün "dəlillərindən" – lagerlərdən və həbsxanalardan istifadə edərək, bu zaman əsil elmin kökünü kəsərək, psevdoelmi müvəffəqiyyətlə yaymışdır.

Psevdoelmin digər hissəsi şəxsi mənafeyin ödənilməsini nəzərdə tutur. Bir qayda olaraq "elmi" araşdırmalar ən mürəkkəb və fundamental problemlər sahəsində aparılır. Bu, həm real həll olunmamış, həm də artıq həll olunmuş (sadə "anlaşılan" həlli axtarılır) məsələ və ya həllinin olmadığı artıq sübut olunmuş məsələ və nəhayət, o qədər qeyri-dəqiq ifadə olunmuş məsələ ola bilər ki, onu ümumiyyətlə məsələ adlandırmaq olmaz. Klassik misallar: qravitasiyanın təbiətinin aydınlaşdırılması, Ferma teoreminin isbatı, dairənin kvadraturası, daimi mühərrikin yaradılması, Kainatın quruluşunun aydınlaşdırılması.

Psevdoelmin kommersiya uğurları üçün nəzərdə tutulmuş hissəsi də var. Onun üçün ənənəvi mövzu sağlamlıqdır. Psevdotibb çoxlu sayda, tamamilə yeni və qeyri-adi effektiv, tez və tam ziyansız olan müalicə üsulları təklif edir. Elmə bənzərliyin olması və inandırmaq üçün adətən fiziki terminologiyadan istifadə olunur, məsələn, evin divarının hansı yerlərindən qüvvə xətləri çıxır kimi söhbətlər edilir. Madam ki, dinləyicilər məktəb fizika kursunu unudublar, onlar etiraz edə bilməzlər ki, qüvvə xətləri necə ola bilər ki, otağın bir yerində "olsun", başqa yerində isə "olmasın". Kommersiya psevdoelminin vacib hissəsi – necə cavanlaşmaq, üçüncü gözün gücündən necə istifadə etmək, Kainatda necə ani səfər etmək, çarpayıları necə düz (meridianlar, yoxsa paralellər boyu) yerləşdirmək və s. haqqında çoxsaylı kitablar çap etdirməkdən ibarətdir.

Çox vaxt psevdoalim vəziyyəti tam dərk edən fırıldaqçıdır, müasir Ostap Benderdir, ancaq daha az cazibəlidir. Digər hallarda insan öz işi ilə çox aludə olur; məsələn, daimi mühərrik qurur və əsil vəziyyəti anlamır. O, mətbuatda az-az çıxış edir, ancaq sensasiya dalınca qaçan jurnalistlərin özləri onu axtarıb tapır və həvəslə "böyük kəşf" haqqında yazırlar: "Bu atılmış sarayda təkəbbürlü rəsmi elm tərəfindən qəbul edilməmiş dahi ixtiraçı özünün daimi mühərrikini yaratmışdır və bu haqda o, bizim müxbirə danışmışdır".

İNSANLAR VƏ PSEVDOELM

İnsanı 500% hallarda uğur qazanacağına təminat verən (bu sitatdır) üçüncü nəsildən olan cadugərlərin, ovsunçuların ağuşuna itələyən nədir? İnsanlar şəxsi və ya ictimai uğursuzluqları dövründə, insanın və ya cəmiyyətin qarşısında duran məsələlərin çətinlikləri adi haldakından çox olanda xüsusilə hər cür möcüzəyə (NUO, levitasiyaya, ani sağalma) həvəslə inanırlar. Sosioloji tədqiqatlar göstərir ki, XX-XXI yüzilliklərin sərhədində mistikaya maraq dərəcəsinə görə Rusiya Qərb ölkələrini xeyli ötərək, dünyada ilk yerlərdən birini tutur.

Buna baxmayaraq, birbaşa NUO-ya və onu dərmək istədiklərini məsafədən hiss edən bitkiyə inanmaqdan elə bir ziyan yoxdur. Pis olan başqa şeydir – hər şeyi qeyritənqidi qəbul etməyə adət etmiş, öz başı ilə fikirləşməyi yadırğamış adam asanlıqla müxtəlif fırıldaqçıların ovuna çevrilir. Bu fırıldaqçılar birbaşa havadan saysız-hesabsız pul yaradacaqlarına, sabah yerdə cənnət quracaqlarına və ya on saat ərzində hər şeyi – istər karate, istərsə menecment olsun – öyrədəcəklərinə söz verirlər. Yalnız psevdotibb birbaşa ziyan gətirir. Kimləri ki "ən güclü cadugərlər", "qara və ağ magiyanın magistrləri və apostolları" və "nəslən falçılar" müalicə edirlər, onları bəzən xilas etmək həkimlərə artıq müyəssər olmur.

ELMİ PSEVDOELMDƏN NECƏ FƏRQLƏNDİRMƏLİ?



Elmi psevdoelmdən fərqləndirmək həmişə asan olmur. İndi psevdoelm sayılan bəzi nəzəriyyələr vaxtilə elm idi. Tipik misallar – yoxlanıla bilən nəticələr almağa imkan vermiş teplorod nəzəriyyəsi və dünya efiri nəzəriyyəsidir. Lakin elmin vaxtı gələndə rədd edilən nəzəriyyələr əzəldən psevdoelmə xas olan xarakteristikalara malik deyildi – onlar o dövrdə əldə olunmuş bilik səviyyəsinə zidd gəlmirdi, mənasını başa düşməyən "elmi sözlərdən" istifadə etmirdi, məlum faktları və elmi nəticələri rədd etmirdi. Vaxt keçdikcə əksər elmi faktları izah edən başqa nəzəriyyələr yaradıldı – bu, normal elmi prosesdir.

Problemin başqa cəhəti ondan ibarət idi ki, istənilən yeni nəzəriyyə dərhal qəbul edilmirdi, yəni əvvəlcə o, psevdoelm sayıla bilər, ən inqilabi nəzəriyyələr isə, misal üçün, nisbilik nəzəriyyəsi, yalnız onilliklər keçəndən sonra qəbul edilmişdi. Ancaq diqqətli təhlil göstərir ki, elmi çərçivədə irəli sürülən yeni nəzəriyyələr həmçinin psevdoelmin yuxarıda qeyd olunan əlamətlərinə malik deyildi, çünki onlar diletantlar tərəfindən irəli sürülmürdü. Əgər yeni ideyanın müəllifi elmi ierarxiyaya daxil edilməmişdirsə, bu hələ o demək deyildi ki, o diletantdır. Axı, Eynşteyn də yalnız patent bürosunda qulluqçu idi. Diletantizm – dəqiq müəyyən olunmuş faktları bilməməkdir, öz araşdırmalarını, ümumiyyətlə, elmi faktlarla əlaqələndirməyi istəməməkdir, uyğun təhsilin olmamasıdır.

İstənilən elm kimi, fizika dünya haqqında ayrı-ayrı kəşflər şəklində yox, əlaqəli müddəalar, qanunlar və prinsiplər sistemi şəklində və zaman keçdikcə inkişaf edən bilik yaradır. Onlardan hər birinin etibarlılığı digərlərinin etibarlılığının nəticəsi və ya səbəbidir. Fizika sahəsində görülən hər bir yeni iş, əvvəllər yerinə yetirilmiş işlərin nəticələrini (bu işlərdən ya istifadə edərək, ya da onları təkzib edərək) inkişaf etdirir. Fiziki nəzəriyyə təcrübi nəticələrin, bütün mümkün izahlardan daha sadə izahını verməlidir. Ən azı, ona görə ki, daha mürəkkəb nəzəriyyəni həmişə fikirləşib tapmaq olar. Alınmış hər bir nəticə müzakirə olunur və tənqidə məruz qalır – həm də o, nə qədər yeni və orijinaldırsa, bu tənqid bir o qədər ciddi olur. Fizika mühəndislərə müəyyən şeylər düzəltməyə imkan verir və biz hər gün həmin şeylərin iş qabiliyyətinin şahidi oluruq. Hər dəfə biz telefonla danışanda, maqnitofona qulaq asanda və ya televizora baxanda Nyuton və Om qanunlarının və nisbilik nəzəriyyəsinin sübutunu əldə edirik. Nəhayət, fizika nəzəriyyələr qurmaq bacarığını, tədqiqat texnologiyasını, təfəkkür aparatını toplayır, öz dilini və təhsil sistemini yaradır.

Öz yaradıcılarının maraqlarını güdən və insanları dünyada hər şeyin sadə "izahına" cəlb edən psevdoelm, elmi çox şeydə yamsılasa da, ondan prinsipial olaraq fərqlənir. Psevdoelmdən də kitablar yazılır, ancaq ondan biliklər sistemi yaranmır. O, "cihazlar" və "metodlar" (məsələn, su axtarmaq üçün çərçivələr) yaradır. Ancaq bu cihaz və metodları diqqətlə yoxlamağa başlayanda, onlar işləmir. Onda onların yaradıcıları elan edirlər ki, sizin auranız pisdir və ya bu gün əlverişli gün deyil. Psevdoelmdə diskussiyalar aparmaq və nəticələrin müzakirəsini keçirmək qəbul edilməmişdir. Axı, iş onda deyil ki, məsələni araşdırasan, ondadır ki, özünü reklam edəsən.

Məktəb proqramını unutmuş adam üçün elm – hər şeydən əvvəl, çoxlu anlaşılmaz sözlər (qoloqrafiya, elektron, kvant sahəsi, vakuum) yığınıdır, həmçinin rütbədir (akademik, vitse-prezident və s.). Ona görə də, psevdoelm terminologiya ilə doldurulmuş elməbənzər mühakimələrdən istifadə edir, çox vaxt akademiklərin, ekspertlərin rəylərinə, MKİ-nin və DTK (FTX)-nin məxfi məruzələrinə mənalı istinadlar edir, hər şeyi inandırıcı göstərmək üçün çoxlu məşhur titullar işlədir.

BƏLKƏ ORADA HƏQİQƏTƏN NƏ İSƏ VAR?

Fizikada çox vaxt elə olur ki, yeni ölçmələrdən alınan məlumatlar köhnə nəzəriyyəyə "yerləşmir". Məsələn, mis və lantanın oksidlərindən hazırlanmış nümunənin müqavimətinin kiçik olduğu aşkar olunur. Bu qəribə görünür (çünki keramika dielektrikdir) və onu diqqətlə yoxlamaq tələb olunur. Ancaq əvəzində kim ki bu fakta diqqət yetirdi, o, nəticədə yüksək temperaturlu ifrat keçiriciliyi kəşf etdi. Elmdə gözlənilməz nəticələr olur; bu cür nəticələrin xüsusi gözəlliyi var. Lakin, məhz adamın quruyub qaldığı nəticəni xüsusi diqqətlə yoxlamaq lazımdır.

Beləliklə, fizika, bütün elmlər kimi, hər şeydən əvvəl, uzunmüddətli, çox zəhmət və səbir tələb edən əməkdir. Dünyanın necə qurulduğunu bilməyin sevinci tədqiqatçıya havayı verilmir. Tədqiqatçı dünya haqqında indicə, onun özündən başqa hələ heç kəsə bəlli olmayan, həqiqətən yeni bir şey biləndə, onun yaşadığı sevinc hissi xüsusilə havayı başa gəlmir.

Kosmik dini hiss haqqında təkcə Eynşteyn danışmamışdır. Alman riyaziyyatçısı Herman Veylin (1885-1955) fikrinə görə, fizika düşünən insan üçün Allaha yol açır, çünki fizika "uca səbəblə uzlaşan qüsursuz harmoniyanı görməyə" imkan verir. Din haqqında oxşar sözləri Maks Plank, Nils Bor, Verner Heyzenberq də söyləmişlər.

Eynşteyn dəfələrlə demişdir ki, o, Allaha etiqad edir, ancaq "mükafatlandıran və cəzalandıran" Allaha yox. Bu sözləri çox vaxt belə yozurdular ki, dahi fizik Allaha bir şəxsiyyət kimi, yəni canlı bir varlıq kimi inanmır. Ona görə Eyşteyni, Allahı Kainatla eyniləşdirən panteistlərə aid etmişlər, panteizm isə ateizmin hörmətli formasıdır. Ancaq Eynşteyn Allahın adamabənzərliyi ideyasına qarşı çıxmışdır.

Panteizm (*yun.* "pan" – "hər şey" və "teos" – "Allah") – təbiəti Allahla eyniləşdirən və təbiətə allahlığın təcəssümü kimi baxan bir dini-fəlsəfi təlimdir.

Antropomorfizm (*yun.* "antropos" – "insan" və "morfe" – "forma") – allahlığı insan obrazında təqdimetmə.

FİZİKANIN ALİ MƏQSƏDİ

Fizikanın qarşısında ali məqsəd – dünyanın vahid elmi mənzərəsini yaratmaq məqsədi olmasaydı, onun inkişafının mənası olmazdı. Ali məqsəd dedikdə, qədimdən bəri bir neçə qanun əsasında Kainatdakı hər şeyi təsvir etmək qabiliyyətinə malik olan nəzəriyyə (və ya əvvəllər deyildiyi kimi, sistem) nəzərdə tutulurdu. Fiziki aləmin rəngarəngliyini bu bir neçə qanundan sırf məntiqi yolla çıxarmaq mümkün olmalıdır. Gələcək elmin bu məqsədini Leybnis arzulamışdı. O, hesab edirdi ki, deyilən məqsədə aparan yolda insan idrakı İlahi idraka – ali mükəmməlliyə yaxınlaşır.

Əvvəllər, Nyuton paradiqmasının bütün hadisələri, məsələn, elektromaqnit hadisələrini əhatə etmədiyi aydınlaşana qədər fiziklərə elə gəlirdi ki, dünyanın mexaniki (Nyuton) mənzərəsi prinsipcə bu məsələni həll etmişdir. Bundan sonra Nyuton paradiqmasını başqa – kvant-relyativistiki paradiqma əvəz etdi. Lakin hazırda fiziklərin əksəriyyəti bu paradiqma çərçivəsində də vahid sahə (elementar zərrəciklər) nəzəriyyəsinin mümkünlüyünə inanmır. Ali məqsəd getdikcə daha sürətlə uzaqlaşır.

Halbuki metafizika həmin məqsədi – dünyanı şeylərin vahid başlanğıcının köməyi ilə izah etmək məqsədini – bütün dövrlərdə öz qarşısına qoymuşdu. Bu məqsədə nail olmaq üçün o, hələ qədimdən riyaziyyatı yaratmış və məntiqi təfəkkürün prinsiplərini işləyib hazırlamışdır. İngilis filosofu, məntiqçi və riyaziyyatçı Bertran Rassel (1872-1970) metafizikanın məqsədini belə təyin etmişdir: bu, "bütövlükdə dünyanı təfəkkürün köməyi ilə əhatə etmək cəhdidir". Ola bilsin ki, ali məqsəd daim fiziklərin nəzərindən qaçır, çünki prinsipial başqa metodlar olmadan, yalnız təkcə fizikanın üsulları ilə onu əldə etmək mümkün deyildir. Ola bilsin ki, gələcəkdə bu iki dərin həqiqət – fiziki və dini həqiqətlər – dünyanın vahid mənzərəsini yaratmaq xatirinə bir-biri ilə sintez edəcəkdir.

Deməli, bir çox yüzilliklər ərzində bir-birindən ayrı düşmüş fizika və din indi, onların bir vaxtlar ayrılmaz olduqları başlanğıc hala qayıdırlar. Çünki onların məqsədi eynidir və bu məqsəd əvvəlki kimi qalmışdır.

3

NƏHƏNG SİRLİ DÜNYA

Materiyanın dərinliklərinə səyahət.
Fizikanın əsasları və metodları.





MATERİYANIN DƏRİNLİKLƏRİNƏ SƏYAHƏT

BİZİM YAŞADIĞIMIZ DÜNYA

Xalqın zərbi-məsəllərində deyilir: "Dağ kimi nəhəngdir", "Xaşxaş dənəciyindən kiçikdir". Bir çox minilliklər ərzində insanlar üçün bütün dünya, bax təxminən bu sərhədlər – insan baxışlarının əhatə edə biləcəyi ən böyük obyektlərdən tutmuş ən kiçik obyektlərə qədər olan sərhədlər çərçivəsində yerləşmişdir. Lakin insan həmişə daha uzağa baxmaq istəyir – orada meşənin arxasında, üfüqün, ən uzaqda görünənlərin arxasında nə var? İnsan həm də dərinliklərə nüfuz etmək istəyir: toxumun daxilində, qum dənəciyinin daxilində, onlardan daha kiçik olanın daxilində nə var? Ona görə də insanlar getdikcə daha uzağa və daha dərinə nüfuz edərək, "Yerin qurtaracağına", sonra isə Yerin hüdudlarından kənara və daha dərinliklərə yollandılar, teleskoplar və mikroskoplar ixtira etdilər, atomları və nüvələri parçaladılar. "İndi müasir insanın dünyasının miqyası ölçüyəgəlməz dərəcədə genişlənmişdir, lakin o, bu gün də sonsuzluqların kəsişməsində dayanıb. Bir yol onu qalaktikalar aləminə aparır – oraya ki, orada



hər tərəfə dağılışan maddənin sürəti, sanki, işıq sürətlərinə çatır, başqa bir yol – məsafələrin və zaman aralıqlarının sonsuz kiçik miqyaslarına malik mikroaləmə aparır..." (Rusiyalı yazıçı-fantast Y.İ.Parnov).

UZAĞA, GETDİKCƏ UZAĞA

Nə vaxtlarsa gözlə gördüyümüz, məskunlaşdığımız dünya – planetimiz bizə sonsuz böyük görünürdü. "Üfüq xəttinin arxası" dedikdə "dünyanın qurtaracağı" başa düşülürdü. Ora çox uzaq idi, lakin prinsipcə ora gedib çatmaq və ya üzüb çatmaq mümkün idi, baxmayaraq ki, belə bir səfər uzunmüddətli və təhlükəli hesab olunurdu. 1521-ci ildə məlum oldu ki, dünyanın qurtaracağına baş çəkmək həqiqətən təhlükəlidir, ancaq elə də böyük vaxt tələb etmir. Magellanın gəmiləri cəmi iki ilə Yer kürəsinin ətrafına dolandı. Sonra – Jül Vernin məşhur romanında bunu cəmi 80 günə, XX əsrdə isə ilk kosmonavt Yuri Qaqarin Yer kürəsinin ətrafına saat yarıma dövrə vurdu. Böyük şəhərlərin bir çox sakinləri evdən işə qədər olan yola təxminən bu qədər vaxt sərf edirlər.

İnsanlar Yerə onun səthindən yox, kosmosdan baxmağı öyrənmişlər. Ucsuz-bucaqsız dünya əvəzinə onların gözləri qarşısında Günəş ətrafında orbit üzrə dövrə vuran kiçik mavi kürəcik canlandı. Bizim planetin diametri 12800 km-ə yaxındır. Günəşin diametri bundan 109 dəfə böyükdür. Əgər Yer, ölçüsü 1 mm olan xaşxaş dənəciyi boyda olsaydı, Günəş diametri təxminən 11 sm-ə bərabər olan çox iri alma böyüklüyündə olardı. Bu halda onlar arasında məsafə 12 km-ə yaxın olardı. Bütün Günəş sisteminin radiusu isə 1 km-ə çatardı! İnsanlar isə atom ölçüsündə olardı.



Kiçik Magellan buludu.

Dünya Günəş sisteminin sərhədlərində qurtarmır. Bizə ən yaxın ulduz Kentavrın Proksima ulduzudur. Bu ulduz bizdən, təxminən Günəş sisteminin radiusundan 7 min dəfə böyük olan bir məsafədə yerləşir. Belə məsafəni qət etmək üçün işığa dörd ildən çox vaxt lazımdır. Əgər elə məsafələri kilometrlərlə ifadə etsək, alınmış rəqəmlər bir sətri tutardı. Astronomlar kosmik məsafələri ölçmək üçün elmə parsek (pk) adlanan xüsusi vahid daxil ediblər: 1 parsek 3,26 işıq ilinə bərabərdir, yəni 1 pk = $3{,}09 \cdot 10^{13}$ km (31 trilyon km). Kentavrın Proksimasına qədər məsafə 1,31 pk-yə bərabərdir. Üçüncü kosmik sürətlə (16,67 km/san) hərəkət edən kosmik gəmi ona 70 min ildən tez çata bilməzdi! Fikir verin, bu ulduz bizim ən yaxın "qonşumuzdur", qalan ulduzlar isə daha uzaqda yerləşir.

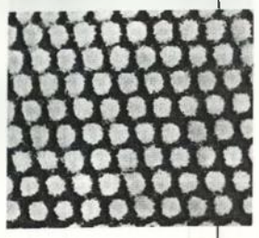
Aydın və aysız gecədə səmaya baxsaq, orada 3 minə yaxın ulduz görmək olar. Təxminən bir o qədər ulduz da Yerin o biri tərəfindən baxdıqda görmək olar. Bunlar hələ teleskopsuz və ya binoklsuz, adi gözlə görünənlərdir. Beləliklə, bizə bizim Qalaktikanın yalnız kiçik bir hissəsi görünür. Bizim Qalaktikaya (Süd Yoluna) isə 200 mlrd-dan çox ulduz daxildir.

Lakin Süd Yolu (bizim Qalaktika başqa cür belə adlanır) – hələ bütün dünya deyil. Dünyada trilyonlarla başqa qalaktikalar var. İşıq bizə hətta

Sonsuz bir aləm açıldı, ulduzlar çox; Ulduzların sayı, aləmin sonu yox.

Mixail Vasilyeviç Lomonosov.

Qızılın atomları elektron mikroskopu altında.





Kainatın miqyasları. Hər bir sonrakı kvadratın tərəfi təxminən 10 000 dəfə əvvəlki kvadratın tərəfindən böyükdür. Sonuncu kvadratdakı sfera Kainatın müşahidə olunan oblastının 0,01 radiuslu sferasını işarə edir.

ən yaxın qalaktikadan (Kiçik Magellan Buludundan) 170 min ilə gəlib çatır. Kiçik Magellan Buludu nisbətən kiçik ulduz sistemi olub, Böyük Magellan Buludu ilə birlikdə Süd Yolunun peyklərinə aiddir. Bizim Qalaktikaya bənzəyən (astronomlar bu cür qalaktikaları spiralvari qalaktikalar adlandırırlar) və bizə ən yaxın olan qalaktika Andromeda Dumanlığıdır. Aydın gecədə heç bir teleskop olmadan onu dumanlı bulud şəklində görmək olar. Daha doğrusu, onu 2 mln il bundan əvvəl olduğu şəkildə görmək olar, çünki bu qalaktikanın işığı Yerə məhz bu qədər vaxta gəlib çatır. Bizə məlum olan kosmik obyektlərdən ən uzaqlarda olanları Yerdən 5 000 Mpk məsafədə yerləşir. Bu gün onlara teleskopla baxanda, biz onları 15 mlrd-a yaxın il bundan əvvəlki kimi görürük.

Edvin Pauell Habbl.



Bütün qalaktikalar birlikdə Metaqalaktikanı əmələ gətirir. Lakin hətta Metaqalaktika da hələ bütün dünya deyil, onun yalnız bizim görə bildiyimiz hissəsidir. Dünyanın daha uzaq oblastlarından işıq, Metaqalaktikanın bugünkü şəklində mövcud olduğu 15 mlrd il ərzində bizə hələ gəlib çatmağa macal tapmamışdır (dünyada elə bir sərhəd var ki, insan baxışları ona nüfuz edə bilmir; həmin sərhədi alimlər *işıq üfüqü* adlandırırlar). Bugünkü təsəvvürlərə görə, dünya daha böyükdür. Lakin heç kim bunu dəqiq bilmir; biliyin oblastı burada qurtarır və bundan sonra çox və ya az dərəcədə ağlabatan fərziyyələr və sezmələr oblastı başlayır.

DƏRİNƏ, GETDİKCƏ DƏRİNƏ

Adama elə gəlirdi ki, dərinliyə doğru səfər, sadəcə olaraq, bu qədər uzunmüddətli ola bilməz və onlarca sıfırı olan ədədlər tələb etməz. Maddənin ən bambalaca, gözlə güclə seçilən zərrəciyinin daxilində nə gizlənə bilər axı? Lakin nəticələr çıxarmağa tələsməyin.

Sən demə, xaşxaş dənəciyinin daxilində də bütöv bir aləm yerləşmişdir. Bu atomlar aləmidir; atomlar kiçik kollektivlər – molekullar şəklində yaşamağı üstün tuturlar. Atomun ölçüsünü metrlərlə yazmaq üçün, demək olar ki, tam bir sətir tutan sıfırlar lazım gəlir: atomun ölçüsü təxminən 10^{-10} m-dir. Alma Yer kürəsindən neçə dəfə kiçikdirsə, atom da almadan bir o qədər dəfə kiçikdir. Hər bir almada olan atomların sayı müşahidə olunan Kainatdakı ulduzların sayı kimi çox böyükdür.

Lakin atom dərinliyə gedən yolun hələ sonu deyil. Atomun, demək olar ki, bütün kütləsi bambalaca nüvədə toplanmışdır; nüvə protonlardan və neytronlardan təşkil olunmuşdur. Əgər nüvənin ölçüsü xaşxaş dənəsi boyda olardısa, onda atomun özü futbol meydançası böyüklüyündə olardı!

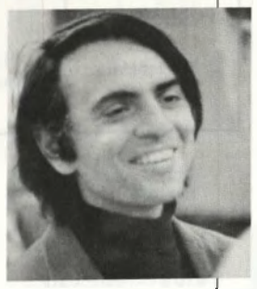
Protonlar və neytronlar öz növbəsində kvarklar adlanan zərrəciklərdən təşkil olunmuşdur. Kvarklar, həmçinin, məsələn, elektronun aid olduğu leptonlar bugünkü təsəvvürlərə görə o qədər kiçikdir ki, onların ölçülərini dəqiq təyin etmək hətta qeyri-mümkündür; yalnız məlumdur ki, onların ölçüləri 10^{-18} m-dən kiçikdir. Fiziklər bu zərrəciklərin davranışını təsvir edərkən, onları ölçüsü olmayan nöqtə kimi qəbul edirlər. Bundan da kiçik, sanki, ola bilməz.

ƏBƏDİYYƏT VƏ AN

"Çoxdan" nə deməkdir? İnsan üçün bu, 100 il əvvəl deməkdir. Bəşəriyyət üçün 100 əsrdir. Təkamül üçün 100 mln ildir. Bəs Kainat üçün?

1929-cu ildə Amerika astronomu Edvin Pauell Habbl (1889-1953) müəyyən etdi ki, Kainat genişlənir: onun bütün qalaktikaları bir-birindən uzaqlaşır, həm də onlar arasındakı məsafə böyük olduqca daha sürətlə uzaqlaşır. Aydın oldu ki, insanlara əvvəl göründüyü kimi, Kainat əbədi və dəyişməz deyil. Axı müəyyən zaman müddətindən əvvəl bütün qalaktikalar bir-birinə yaxın idi. Daha əvvəl isə, onlar ağlasığmaz sıxlığa qədər sıxılmış halda bir nöqtədə yerləşmişdir. Həmin vaxtda da hər şey başlamışdır: hansısa səbəb ucbatından Kainat sürətlə genişlənməyə başlamış və genişlənməni bu günə qədər davam etdirir. Astronomlar bizim Kainatı yaratmış və bütün zamanların başlanğıcını qoymuş hadisəni Böyük partlayış adlandırırlar. Onlar hesablamışlar ki, Kainatın yaşı (yəni Böyük partlayışdan bu günlərə qədər keçən vaxt) 15 mlrd ilə yaxındır.

Bu zaman müddətini insan ağlı sadəcə təsəvvür etmək iqtidarında deyil. Buna görə Amerika astronomu Karl Saqan (1934-1996) Kainatın tarixini təsvir etmək üçün ağıllı bir üsul fikirləşib tapmışdır; bunun üçün o, Kainatın bütün yaşama müddəti bir yer ilinə bərabər götürmüşdür. Daha doğrusu, bir kosmik saniyəyə 500 yer ili uyğun gəlir. Bu cür miqyasda Yerdə ilk insanlar yalnız bir neçə saat bundan əvvəl meydana gəlmişlər. Məktəb proqramında öyrənilən bütün tarixi hadisələr isə son on saniyədə baş vermişdir! Bununla il hələ qurtarmamışdır – "Yeni ilə" hələ 40 dəqiqə – milyon ildən çox qalıb.



Karl Saqan.

Bizim ömrümüzün ili Kainat üçün yalnız bir andır, ancaq elə proseslər də var ki, bu, onlar üçün əbədiyyətdir. İşıq Aydan Yerə təxminən bir saniyəyə çatır və bu zaman 380 min km yol qət edir. Bu müddət ərzində televizorun ekranında onlarca kadr bir-birini əvəz edir. İşığın işləyən televizorun ekranından, onun qarşısında oturan adama çatma müddəti bundan 200 mln dəfə kiçikdir və saniyənin beş milyardda bir hissəsinə bərabərdir.

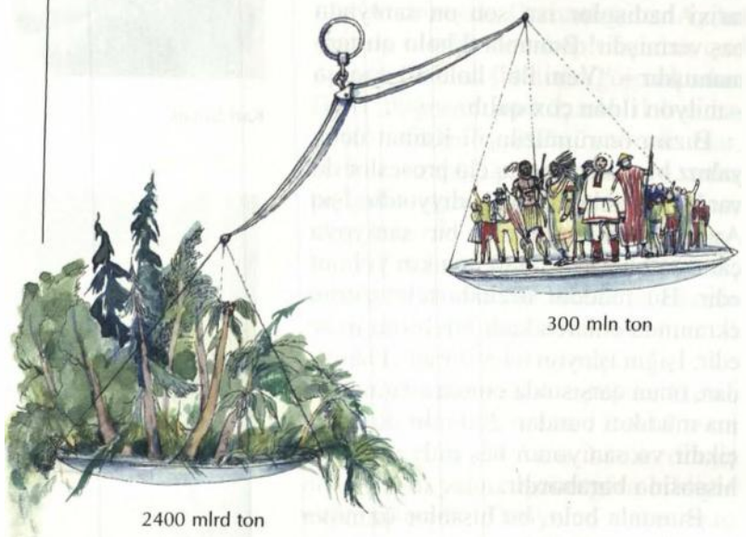
Bununla belə, bu hissələr öz növbəsində qısaömürlü elementar zərrə-

KARL SAQANIN KOSMİK XRONOLOGİYASI

Böyük partlayış – 1 yanvar (0 saat 0 dəq 0 san); qalaktikaların əmələ gəlməsi – 10 yanvar; Günəş sisteminin əmələ gəlməsi – 9 sentyabr; Yerin əmələ gəlməsi – 14 sentyabr; Yerdə həyatın yaranması – 25 sentyabr; bakteriyaların və göy-yaşıl yosunların meydana gəlməsi – 9 oktyabr; fotosintezin yaranması – 12 noyabr.

Dekabr

Bazar	Bazar ertəsi	Çərşənbə axşamı	Çərşənbə	Cümə axşamı	Cümə	Şənbə
	1 Yerdə oksigen atmosferinin yaranması	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15 Nüvəli ilk hüceyrələr	16 İlk qurdlar	17	18 Okean planktonu. Trilobitlər	19 İlk balıqlar	20 Bitkilər quruda məskunlaşır
21 İlk cücülər. Heyvanlar quruda məskunlaşır	22 İlk suda-quruda yaşayanlar və qanadlı cücülər	23 İlk ağaclar, ilk sürünənlər	24 İlk dinozavrlar	25	26 İlk məməlilər	27 İlk quşlar
28 İlk çiçəklər	29 İlk primatlar (meymunlar dəstəsi)	30 İlk insanabənzər meymunlar	31 İlk insanlar (22 saat 30 dəq) Müasir hadisələr (23 saat 20 dəq)			



ciklər – rezonanslar üçün əbədiyyətə çevrilir.

Onların yaşama müddəti (ömrü) 10^{-22}–10^{-24} san tərtibindədir və təxminən Kainatın yaşından, protonun ölçüsü müşahidə olunan Kainatın ölçülərindən neçə dəfə kiçikdirsə, bir o qədər dəfə kiçikdir.

DÜNYANIN ÇƏKİSİ NƏ QƏDƏRDİR

Adamın çəkisi orta hesabla 70 kq-a yaxındır. Bizim hamımızın birlikdə çəkisi, yəni şüurlu bəşəriyyətin çəkisi cəmi 300 mln tona yaxındır. Yerdə canlı maddənin əsas kütləsi bitkilərdə toplanıb – bu, 2400 mlrd tondur.

Yerin kütləsi ölçüyəgəlməz dərəcədə böyük olub, təxminən $6 \cdot 10^{24}$ kq-a, bizim ulduzun – Günəşin kütləsi isə $2 \cdot 10^{30}$ kq-a bərabərdir. Müşahidə olunan Kainatda 10^{23}-dən artıq ulduz var və əgər Günəşi orta ölçülü ulduz hesab etsək, onda Kainatdakı bütün ulduz maddəsinin kütləsi 10^{53}–10^{54} kq olar.

Şkalanın o biri ucunda – dünyada nə varsa, onların ən yüngülü olan elementar zərrəciklər yerləşir. Burada da nəhəng ədədlər vardır. Ən yüngül elementar zərrəciyin – elektronun kütləsi $0{,}9 \cdot 10^{-30}$ kq-a bərabərdir. Proton və neytron isə bundan təxminən 1800 dəfə ağırdır. Deməli, bizim planetin tərkibində $3{,}5 \cdot 10^{51}$-ə yaxın proton və neytron var.

Bu cür kəmiyyətləri təsəvvür etmək heç cür mümkün deyil və məşhur Berkli fizika kursunun müəlliflərinin qeyd etdiyi kimi, "bu ədədlərlə bağlı ən maraqlısı odur ki, biz ümumiyyətlə onları bilirik".

İNSAN KAİNATDA

Ədədi ifadələrdə dünyanın necə olduğunu bilmək – bu, işin yarısıdır. Dünyanın artıq xaşxaş dənəciyi və qitə arasında heç cür yerləşməyən yeni mənzərəsini başa düşmək daha mürəkkəbdir. Kainatın həqiqi miqyaslarının kəşfi elmin olduqca böyük nailiyyətidir və eyni zamanda insanın özü və dünya haqqındakı təsəvvürləri üçün ciddi sınaqdır. Kainat haqqında biliyimiz artdıqca, bizim Kainatdakı yerimiz bir o qədər xırda görünür. Özünü Kainatın mərkəzi və məxluqatın zirvəsi zənn edən, öz tarixini dünya tarixinə bərabər tutan insan birdən-birə kiçik bir planetin yalnız kiçik bir sakininə çevrilir. Elə bir planetin ki, o, kosmosun ənginliklərində milyardların milyardları qədər çox olan tamamilə adi bir ulduzun ətrafında gözə çarpmayan bir nöqtədir. Bəşər tarixinin bütün hadisələri bu yeni miqyasda olduqca cüzi görünür, ayrıca bir adamın problemlərindən və gördüyü işlərdən isə heç danışmağa dəyməz.

Kainatın əzəmətliyi insanı həm heyrətləndirə, həm də sarsıda bilər. Lakin hələ XVII əsrdə fransız alimi Blez Paskalın yazdığı kimi, "ulduzlar aləminin nəhəngliyi yox, onu ölçmüş insan heyranlıq doğurur". Həqiqi möcüzə ondadır ki, insan zəkası bütün məsafələri, bütün zamanları və dünyanın bütün rəngarəngliyini özündə yerləşdirməyə qadirdir.

İNSANIN DÜSTURU

İnsan ulduzdan neçə dəfə kiçikdirsə, atomdan bir o qədər dəfə böyükdür:

$$\frac{İnsan}{Atom} = \frac{Ulduz}{İnsan}.$$

Buradan alınır ki,

$$İnsan = \sqrt{Ulduz \cdot Atom}.$$

Bu qəribə düstur insanın Kainatdakı yerini təyin edir. Bu düstura görə insanın ölçüləri ulduzun və atomun ölçüləri arasında orta mütənasibdir.

ATOMLAR VƏ İNSANLAR

Bizim dünya nədən qurulmuşdur? Əşyaların və maddələrin bu qədər rəngarəngliyinin əsasında nə durur? Dünya kəsilməz materiya aləmi dolmuşdur, yoxsa materiya zərrəcikləri boş fəzada hərəkət edir? Təbiətşünaslığın tarixi bu kimi suallarla başlamışdır. İlk addımı həndəsənin və astronomiyanın misilsiz nailiyyətlərindən ruhlanan qədim yunan alimləri atmışdılar. Əsrlər boyu insanlar qeyri-aşkar şəkildə fərz etmişdilər ki, həqiqət yalnız allahlar

"Əgər dünyaya uzaqdan baxsaq, o bizə yumru, hamar, təmiz cilalanmış kürəcik kimi görünər, yox əgər ona yaxından baxsaq, o, sən demə, çox mürəkkəb imiş: milyardlarla kiçik atomlar, bütün mümkün nahamarlıqlar".

Riçard Fillips Feynman, amerikan fiziki

"Ancaq baxmayaraq ki, Kainatın sonu yoxdur, axı hətta çox kiçicik şeylər də sonsuz sayda hissələrdən eyni cür təşkil olunacaqdır".

Anaksaqor

üçün əlçatandır, adi adamlar yalnız fikir söyləməyə qadirdir. Buna zidd olaraq, yunanlar gözlənilmədən ciddi mühakimənin fövqəladə gücünü aşkar etdilər. Pifaqor teoremi göstərdi ki, adi adamlar hətta heç allahların da təkzib edə bilməyəcəyi qeyri-trivial həqiqətləri müəyyən edə bilərlər. Yerin kürəyəbənzərliyini kəşf edərək, Günəş və Ay tutulmalarının səbəbini aydınlaşdıraraq yunan mütəfəkkirləri dərk etdilər ki, Kainatın quruluşunu öyrənməyə də onların gücləri çatar. Onlar əmin idilər ki, dərin düşüncə dünyanın bizim hiss üzvlərimiz tərəfindən yaradılan aldadıcı surətinin daxilinə nüfuz etmək və bütün şeylərin həqiqi mahiyyətinə çatmaq qabiliyyətinə qadirdir. Dünya quruluşunun bir növ aksiomları olan təməl həqiqətlərini aydınlaşdırmaqla filosof pərakəndə, tez-tez dəyişən hadisələrin mahiyyətində duran gizli məntiqi açа bilər.

Qədim yunan alimi Aristotel yazmışdı: "Bütün insanlar təbiətən biliyə can atırlar... Təəccüblənmək hissi insanlarda filosofluq etmək həvəsi oyadır... Müdrik, nə qədər mümkündürsə, hər şeyi o qədər bilir, baxmayaraq ki, o, ayrıca hər bir əşya haqqında ayrıca biliyə malik deyil... Elmlərdən müdrikliyə ən yaxın olanı odur ki, o, onun öz xatirinə və idrak xatirinə arzu olunandır, nəinki ondan götürdüyümüz fayda xatirinə. Kim ki, biliyi bilik xatirinə üstün tutur, o hər şeydən çox ən mükəmməl elmi üstün tutmuş olur, idraka ən layiq elm bələdir. Ən çox ilkin başlanğıc və səbəblər dərk edilməyə layiqdir, çünki bütün yerdə qalanlar onlar vasitəsilə və onlar əsasında dərk olunur".

İnsanları nə maddi qüvvələr, nə də pul xoşbəxt etmir, düzlük və hərtərəfli müdriklik xoşbəxt edir.

Əgər öyrənməsən, nə sənətə, nə də müdrikliyə çata bilməzsən.

Əgər tərifləri özünə layiq bilmirsənsə, onda onları özünə yaltaqlıq hesab et.

Haqsızlıq edən, haqsız əziyyət çəkəndən bədbəxtdir.

Bir ağıllı adamın dostluğu, bütün ağılsız adamların dostluğundan qiymətlidir.

Öz səhvlərini ifşa etmək, başqalarının səhvini ifşa etməkdən yaxşıdır.

Demokritin söylədiklərindən

Antik elmin banisi, qədim yunan filosofu Fales (e.ə. təxminən 625 – təxminən 547) metamorfoz qabiliyyətinə malik olan, hər yerdə – həm havada, həm daşda mövcud olan suyu ilkin əsas hesab edirdi. Fales deyirdi ki, hər şey sudan əmələ gəlmişdir və Yer, ağac parçası kimi, suda üzür. Su sıxlaşaraq bərk cisimləri, buxarlanaraq havanı əmələ gətirir.



Aqrigentli Empedokl (e.ə. təxminən 490-430-cu illər) dünyanın ilkin əsası olan elementlərin sayını dördə çatdırmaqla (torpaq, su, hava, od) geriyə doğru müəyyən addım atmış oldu. Qalan hər şey məhz onlardan əmələ gəlib. Doğrudan da, tutaq ki, biz ağac parçasını yandırırıq. Bu zaman ağacdan tüstü (hava) ayrılır və alov (od) yaranır. Alova yaxın olan soyuq səthdə su damcıları görünəcək, ağac yanandan sonra isə kül (torpaq) qalacaqdır. "Prosesin getməsi" üçün ona "hərəkətin törədiciləri" adlanan iki əks qüvvə: müxtəlif cins elementləri birləşdirməyə çalışan məhəbbət və onları ayıran düşmənçilik qoşulmalıdır.

Lakin özünəməxsus gözəl və çox şairanə olan bu nəzəriyyə antik dövrün heç də bütün mütəfəkkirlərini qane etmirdi. "Dünya nədən əmələ gəlmişdir?" sualına e.ə. V əsrdə qədim yunan alimi Levkipp və onun tələbəsi Demokrit (e.ə. təxminən 470-371-ci illər) tamamilə başqa cavab təklif etdilər. Rəvayətə görə, almanı bölərkən Levkipp özünə belə bir sual vermişdi: onu nə vaxta qədər hissələrə bölmək olar? Görünür, elə bir an gələcəkdir ki, almanın alınmış hissəciyini artıq daha bölmək qeyri-mümkün olacaqdır. Materiyanın bu cür kiçicik, artıq daha bölünməyən hissəciklərini atomlar (yunancadan hərfi tərcüməsi "bölünməyən", "kəsilməyən") adlandırdılar. Atom hipotezi belə yarandı. Onun mahiyyətini Demokrit belə ifadə etmişdi: "Kainatın əsasları – atomlar və boşluqdur. Bütün qalan şeylər isə yalnız fikirdə mövcuddur".

Demokrit atom ideyasına əsaslanaraq, hər şeyi əhatə edən bir elmi sistem yaratdı. Kosmos haqqında təlim, idrak nəzəriyyəsi, məntiq, etika, riyaziyyat, biologiya və psixologiya bu sistemə daxil idi. Onun baxışlarına görə atomlar xüsusi çıxıntılar, çuxurlar və qarmaqcıqlar vasitəsilə öz aralarında birləşə bilər. Atomizim ideyası Demokriti elə valeh etmişdi ki, o, hətta insan ruhunu və allahları da xüsusi növ atomlar toplusu kimi təsəvvür edirdi. Onun sonrakı davamçısı məşhur Epikur (e.ə. 341-270) olmuşdur. Epikur atomlara müəyyən iradə sərbəstliyinə bənzər xassə aid edirdi. Atomistlərin ideyalarının və arqumentlərinin ətraflı şərhi Qədim Roma şairi və filosofu Tit Lukretsi Karın (e.ə. I əsr) "Şeylərin təbiətinə dair" adlı məşhur poeması sayəsində bizim günlərimizə gəlib çatmışdır. Hətta Levkipplə və Demokritlə razılaşmayan Platon, demək olar ki, bütün məsələlər üzrə atom hipotezinə rəğbət bəsləyirdi. Platona görə müxtəlif atomlar və onların müxtəlif birləşmələri, az sayda hərflər dəsti saysız-hesabsız sözlər çoxluğunu əmələ gətirdiyi kimi, təbiətdəki maddələr rəngarəngliyini əmələ gətirir.



Epikur.
Qravüra. XVIII əsr.

Stagirli Aristotel (e.ə. 384- 322) atomizmi sarsıdıcı tənqid etdi. Atomlar boşluqda hərəkət edir, lakin boş-



Levkipp.
Qravüra. XVIII əsr.

ƏN MÜHÜM MƏLUMAT

Əgər dünyada baş vermiş hər hansı bir fəlakət nəticəsində, bütün toplanmış elmi biliklər məhv olmuş olsaydı və sağ qalmış gələcək nəsillərə təkcə bir fraza çatmalı olsaydı, onda ən az sözlərdən düzəlmiş hansı müddəa ən çox informasiya daşıyardı? Mən hesab edirəm ki, bu – atom haqqındakı hipotezdir (siz onu hipotez yox, fakt adlandıra bilərsiniz, ancaq bu heç nəyi dəyişdirmir): bütün cisimlər atomlardan – nizamsız hərəkətdə olan, yaxın məsafələrdə bir-birini cəzb edən, lakin birini digərinə kip sıxanda itələnən çox kiçicik cisimciklərdən əmələ gəlmişdir. Təkcə bu frazada... dünya haqqında ağlasığmaz miqdarda informasiya vardır, onun haqqında azca düşünmək və bir az da fərasətli olmaq kifayətdir.

("Fizikadan Feynman mühazirələri" kitabından.)

Qədim Hindistan mütəfəkkirləri tərəfindən də atomistik ideyalar inkişaf etdirilmişdir. Demokritdən çox-çox əvvəl Kanada (Zərrəcik Yeyən) ləqəbli filosof Kanabxuj e.ə. VII əsrdə vayşeşika təlimini yaratmışdı. Bu təlim "Vayşeşika-sutra" aforizmlərində şərh olunmuşdur. Burada əsas anlayış atom anlayışı idi. Kanada deyirdi ki, biz atomların mövcudluğunu hisslərimizlə yox, mühakimələrimizlə dərk edirik.

luq qeyri-mümkündür. Axı boşluq – xalis heç nədir, heç nə isə necə mövcud ola bilər? (Heç nə məhz hər bir mövcudiyyətin inkarı deməkdir). Aristotel soruşurdu ki, əgər atomlar çox kiçik və bölünməyən zərrəciklərdisə, onda onlar bir-birindən necə fərqlənə bilər? Məgər hissələri olmayan bir şeyin formasından danışmaq olar? Axı, "bölünməyən şeyin nə kənarı var, nə də hər hansı başqa bir hissəsi". Bununla belə, Aristotel materiyanın sonsuz bölünməsi haqqındakı ideyanı da qəbul etmirdi. Çünki cismi get-gedə bölsək, nəhayət, ölçüsü olmayan nöqtə, yəni "heç nə" alınardı və "cisim maddi olmayan nəyəsə çevrilərək, məhv olardı. Onda o, yenidən ya nöqtələrdən və ya da, ümumiyyətlə, heç nədən yaranmış olardı. Məgər bu mümkündürmü?.. Axı hətta bütün nöqtələr bir yerə toplanmış olsaydı belə, fərqi yoxdur, onlar yenə də heç bir böyüklük əmələ gətirməzdi".

Aristotel yenidən ilkin başlanğıc ideyasına qayıtdı. Onun ilkin materiyası kəsilməzdir, onda boşluq yoxdur. İlkin materiya dörd ünsürdən – od, hava, su və ya torpaqdan hər hansı birinin formasını ala bilər. Bütün mümkün olan birləşmələrə daxil olaraq, onlar müxtəlif maddələri əmələ gətirir. Çevrilmələrin hərəkətverici qüvvəsi, Aristotelin müəllimi Platonun daxil etdiyi beşinci elementdir, yəni efirdir. Efir həm də ruhun başlanğıcıdır.

Sonrakı dövrlərdə elmin inkişafına tamam başqa növ qüvvələr qarışdı. Aristotelin dediyi kimi, qədim yunan alimləri "bilik xatirinə biliyə üstünlük verirdilərsə", Orta əsrlərdə həqiqəti səhv fikirdən dini təlimlər əsasında fərqləndirirdilər. XI əsrdə kardinal Petr Damiani (1007–1072) birbaşa elmi "teologiyanın xidmətçisi" elan etdi. Dünyaya dini baxış atomistik yanaşma ilə uzlaşmırdı. Əgər bütün dünya və deməli, Yaradıcının özü atomlardan qurulmuşdursa, onda bəs atomları kim yaratmışdır? Əgər atomlar arasında boşluq varsa, bu, o deməkdir ki, dünyada ilahi qüvvənin olmadığı yer var? Kilsənin nöqteyi-nəzərinə görə, Aristotel təlimi dünya quruluşunun daha münasib izahı idi, lakin onun elmi, yəni tənqidə məruz qalmış canlı məzmunu saxtalaşdırılmış oldu. Aristotel təlimi doqmaya, bu təlimin tənqidi isə





Allah və kilsə qarşısında cinayətə çevrildi. Təbiət haqqındakı elmlərin inkişafı bir neçə əsr dayandı və həm də yalnız xristian aləmində yox.

XI əsrdə fars və tacik şairi və təbiətşünası Ömər Xəyyam (əsil adı Qiyasəddin Əbülfəth ibn İbrahim idi; təxminən 1048–1122-ci ildən sonra) yazırdı: "Biz alimlərin həlak olduqlarının şahidi olduq, onlardan az sayda, ancaq əzablı insanlar dəstəsi qaldı. Bu dövrlərdə taleyin sərtliyi onlara özlərini büsbütün elmi mükəmməlləşdirmək və dərinləşdirmək işinə həsr etməyə mane olur. Hazırda özlərini alim göstərənlərin əksəriyyəti həqiqətə yalan geydirir və elmdə saxtakarlıqdan və ikiüzlülükdən kənara çıxmayaraq, malik olduqları bilik ehtiyatından yalnız alçaq, şəhvət məqsədləri üçün istifadə edirlər".

Atomizm ideyalarına qayıtmaq cəhdləri faciə ilə qurtarırdı: 1347-ci ildə fransız alimi Otrekurlu Nikolanın (təxminən 1300–1350-ci ildən sonra) əsəri camaatın gözü qarşısında yandırıldı, onun özü isə ölüm təhlükəsi altında öz baxışlarından əl çəkdi. Yalnız 1638-ci ildə İohann Şperlingin (1603–1658) "Fizikanın nəsihətləri" adlı dərsliyi işıq üzü gördü. Burada qəti surətdə hökm edilirdi: "Atomlar haq-

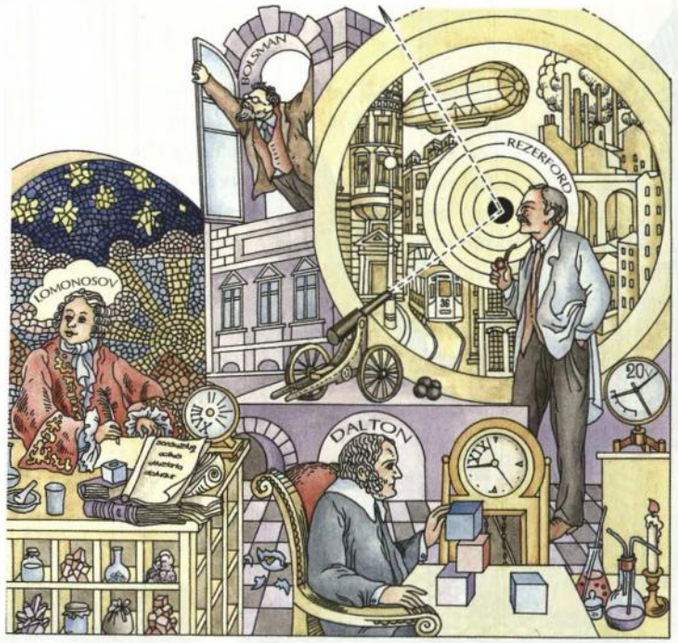


Lüdviq Bolsman.

NƏZƏRİYYƏÇİNİN TALEYİ

Avstriya nəzəriyyəçi fiziki Lüdviq Bolsman (1844-1906) yazmışdır: "Şair nədən şikayət edirsə, o, nəzəriyyəçiyə də aiddir: onun əsəri onun ürəyinin qanı ilə yazılıb və ali müdriklik ali ağılsızlıqla həmsərhəddir". Bolsmanın öz taleyi onun bu sözlərinin doğruluğunu sübut edir. Maddə quruluşunun atomistik nəzəriyyəsinin tərəfdarı olan alim özü ilə hörmət etdiyi həmkarları – müasirləri Osvald və Max arasındakı fikir ayrılığını çox böyük ürəkağrısı ilə qarşılayırdı. Bolsman xatırlayırdı ki, bir dəfə Vyana akademiyasında atomistik nəzəriyyənin müzakirəsi zamanı o birdən Maxın dediyi sözləri eşitdi: "Mən atomların mövcudluğuna inanmıram". O yazmışdı ki, bu fikirdən mənim başım hərləndi...

Alim atomların mövcud olduğunu qəti sübut etmiş həlledici təcrübələrin həyata keçirilməsinə qədər yaşamadı. Bolsman elmi təcrid şəraitində 1906-cı ildə özünə sui-qəsd etdi. Artıq beş ildən sonra məlum oldu ki, o, tamamilə haqlı imiş.



qındakı təlim, çoxlarına göründüyü kimi, elə də dəhşətli bir şey deyil. O şeylər haqqındakı dərhal fikir söyləmək mümkün deyilsə, onlara istehza etmək, onları fitə basmaq, məzəmmət etmək bizim əsrin biabırçı bəlasıdır... Epikurun sayıqladığını, Demokritin sərsəmlədiyini, qədimlərin axmaq olduqlarını deməyə nə var ki!".



Pyer Qassendi.

XVII əsrin əvvəlində fransız alimi Pyer Qassendi (1592-1655) bir neçə atomdan ibarət zərrəcikləri işarə etmək üçün ilk dəfə olaraq "molekul" (*lat.* "kiçik kütlə") terminini daxil edir. Atom – molekulyar təsəvvürlər kimyaçıların və fiziklərin diqqətini cəlb etməyə başladı. Kilsə isə öz mövqeyindən dönmədi. 1624-cü ilin yayında Parisdə camaatın gözü qarşısında Aristotel təliminin tənqidinə həsr olunmuş elmi disput keçirilməli idi. O cümlədən burada atom hipotezinə qayıtmaq da nəzərdə tutulmuşdu. Lakin təyin olunmuş gündə disputun təşkilatçılarından birini – de Klavanı həbs etdilər, digər təşkilatçı Villon isə güclə



Con Dalton.

qaça bildi. Disputun qalan iştirakçıları Parisdən qovuldular. Fransız parlamenti belə müzakirələr aparmağa hər cür cəhdi və atomlar haqqındakı təlimi yaymağı ölüm cəzası ilə qadağan edən qərar qəbul etdi.

Bir əsr keçdikdən sonra rusiyalı alim və maarifçi Mixail Vasilyeviç Lomonosov (1711-1765) da atomistika ideyalarına gəlib çıxdı. O, iki növ zərrəcik – "elementlər" ("atom" anlayışına uyğun) və "korpuskullar" (faktik olaraq molekullar) haqqında danışırdı. Lomonosova görə, "element cismin elə hissəsidir ki, o, hər hansı kiçik və öz aralarında fərqlənən cisimlərdən ibarət deyil", "korpuskula elementlərin bir böyük olmayan kütlədə toplanmasıdır".

Atomizmin daha fəlsəfi bir ənənə kimi yox, aydın və qabaqcadan xəbərvermə gücünə malik bir elmi nəzəriyyə kimi həqiqi doğuluşu ingilis alimi Con Daltonun (1766-1844) adı ilə bağlıdır. Dalton atomların mövcudluğu haqqındakı müddəa ilə kifayətlənmədi, o, ilk dəfə olaraq, atomların xassələrini öyrənməyə başladı, atom çəkisi anlayışını elmə daxil etdi və müxtəlif kimyəvi elementlərin atom çəkilərinin ilk cədvəlini tərtib etdi.

Həmin dövrdə terminologiya ilə bağlı bir sıra çətinliklər yığılıb qalmışdı. Lomonosov "korpuskullar" haqqında danışırdı, Dalton "mürəkkəb atomlar" anlayışından istifadə edirdi, italyan fiziki və kimyaçısı Lorentso Romano Amedeo Karlo Avoqadrodi Kvarenyaedi Çerreto (1776-1856), əksinə, atomları "elementar molekullar" adlandırırdı. Elmi müzakirə aparmaq çox çətin idi. Alman şəhəri Karlsruedə 1860-cı ildə keçirilmiş Beynəlxalq kimya konqresi bu problemi həll etdi. İtalyan kimyaçısı Stanislao Kannissaronun (1826-1910) parlaq məruzəsindən sonra müxtəlif ölkələrdən gəlmiş

140 alim, nəhayət, "atom" və "molekul" anlayışlarının bugünkü mənada fərqləndirilməsi haqqında qərar qəbul etdi.

Buna baxmayaraq, fizikada bundan sonra da, atomları mühakimələri asanlaşdıran işçi hipotez kimi qəbul edən skeptiklər canfəşanlıq göstərirdilər. Alman fiziki və kimyaçısı Vilhelm Fridrix Ostvaldın (1853-1932) sözlərinə görə, "atomlar yalnız kitabxanaların tozunda mövcud olacaqdır". Böyük Avstriya fiziki və filosofu Ernst Max (1838-1916) atomun mövcudluğuna dəlalət edən dəlillərə aşağıdakı sözlərlə etiraz edirdi: "Siz, heç olmazsa, bir atom görmüsünüzmü?"

XX əsrin əvvəlində atom nəzəriyyəsi tam qələbə çaldı, lakin tale elə gətirdi ki, həmin dövrdə də elm keçmiş atomistlərin baxışlarından radikal şəkildə əl çəkdi. Hər şeydən əvvəl, əslində atoma ad vermiş əsas ideya – atomun bölünməzliyi ideyası təsdiqlənmədi. İngilis fiziki Ernest Rezerfordun (1871-1937) təcrübələri aydınlaşdırdı ki, atom elektron təbəqəsilə əhatə olunmuş müsbət yüklü nüvədən ibarətdir.



Vilhelm Fridrix Ostvald.

Beləliklə, mücərrəd hipotez real məzmun əldə etdi, atom keyfiyyət, kəmiyyət xarakteristikaları və quruluş qazandı, həqiqətən "materiya vahidinə" çevrildi.

ATOMLARDAN MOLEKULLARA

Bizi əhatə edən maddələrin rəngarəngliyi sonsuz böyükdür. Daş və şüşə, süd və üzüm şirəsi, tonqal tüstüsü və dəniz küləyi. Hətta bir-birinə bənzəməyən, müxtəlif daşların sayı da minlərlədir. Bu o deməkdirmi ki, hər bir maddə özünün xüsusi atomlarından əmələ gəlmişdir? Atomistikanın yaradıcıları olan Levkipp və Demokrit hesab edirdilər ki, bəli, "atomlar sonsuz sayda formalara malikdir. Formaların sayı sonsuzdur, ona görə ki, təbiətdə bu sayın müəyyən ədədlə məhdud olmasına, bu sayın başqa cür yox, belə olmasına əsas yoxdur".

Platon onlarla razılaşmırdı. O hesab edirdi ki, atomlar məhdud sayda ola bilər, lakin atomların müxtəlif birləşmələri cürbəcür xassəli maddələr çoxluğunu doğurur. Bu çox gözəl ideya idi və öz dövrünü iki min il qabaqlamışdı. Bununla belə, Platona görə, atomların sayı azdır – yalnız beşdir, çünki məhz bu qədər sayda düzgün tərəfli çoxüzlü mövcuddur. Onları maddədə bu və ya digər nisbətdə qarışdırmaqla, elmə məlum olan olduqca müxtəlif xassəli milyonlarla maddəni almaq qeyri-mümkündür. XX əsrdə aydın oldu ki, müxtəlif atomların sayı xeyli çoxdur – 100-ə yaxındır. Əgər dayanıqsız və olduqca nadir atomları atsaq, təxminən yarısı qalır. Maddələrin rəngarəngliyi onunla izah olunur ki, atomlar molekullarda birləşərək, öz aralarında əlaqə yaratmağa qadirdir. Oxşar qayda ilə bir neçə on hərf saysız-hesabsız sözlər çoxluğunu əmələ gətirir.

> "Atomlar kəmiyyətcə və sayca sonsuzdur, Kainatda isə onlar burulğanlarda fırlanaraq dolaşır və beləliklə, mürəkkəb olan hər şeyi: odu, suyu, havanı, torpağı yaradır".
>
> *Demokrit*

Sözlər kimi, ən geniş yayılmış maddələrin molekulları az sayda atomlardan əmələ gəlmişdir. Məsələn, duz molekulu natrium və xlor atomlarından (NaCl), su molekulu iki hidrogen və bir oksigen atomundan (H_2O), ammoniak molekulu bir azot və üç hidrogen atomundan (NH_3) ibarətdir. Canlı təbiətdə tamam başqa vəziyyətdir. Üzvi molekullara (onlara həmişə karbon atomları C daxildir), məsələn, zülal molekulları kimi, onlarca və yüzlərcə atomlardan ibarət uzun zən-



Antuan Loran Lavuazye.

cirlər daxil ola bilər. DNT molekulları daha uzundur – onlara milyonlarla atom daxildir. Bu, daha sözə oxşamır, bu, yəqin ki, bir yığım kitabdır. Bu məhz belədir ki var: hər hansı orqanizmin DNT molekulları dəsti – həmin orqanizmin bütün hüceyrələrinin yaradılmasına dair tam instruksiyalar dəstinin daxil olduğu əsil mətndir.

Maddənin quruluşu haqqındakı müasir biliklərə aparan yolda sıçrayışı XVIII əsrin sonunda ingilis fiziki, kimyaçısı və meteoroloqu Con Dalton etdi. Atomların mövcud olub-olmamasına dair ikiminillik fəlsəfi mübahisə və şübhələrdən sonra, ona, təxminən bir vaxtlar qədim yunan atomistlərinin dayandığı həmin nöqtədən başlamaq lazım gəldi. Lakin Dalton məsələyə tamamilə yeni yaxınaşma tapdı. Həmin vaxtda fransız kimyaçısı Antuan Loran Lavuazye (1743-1794) kimyəvi reaksiyalarda kütlənin saxlanılması qanununu kəşf etmiş və bütün maddələri ilk dəfə olaraq kimyəvi elementlərə və kimyəvi birləşmələrə ayırmışdı. Bir çox tədqiqatçıların səyi sayəsində çoxlu kimyəvi birləşmələrin tərkibini müəyyən etmək mümkün olmuşdu.

Dalton aşağıdakı postulatları qəbul etdi:

1. Bütün kimyəvi elementlər atomlar adlanan çox kiçik zərrəciklərdən ibarətdir.

2. Verilmiş kimyəvi element atomları eyni kütləyə və eyni kimyəvi xassələrə malikdir.

3. Müxtəlif elementlərin atomları müxtəlif kütləyə və müxtəlif kimyəvi xassələrə malikdir.

4. Atomlar sadə tam ədədlərin nisbətində birləşib, kimyəvi birləşmələr əmələ gətirə bilər.

Dalton öz qarşısına cəsarətli bir məqsəd – atomun kütləsini təyin etmək məqsədini qoydu. Lakin bu necə mümkündür? Axı, görmək və saymaq mümkün olmayan zərrəcikləri tərəzidə çəkmək həllolunmaz məsələdir. Alim bəlli olmayan bir çıxış yolu tapdı: naməlumu naməlumun köməyi ilə tapmaq. Əgər atomları "qramlarla" çəkmək qeyri-mümkündürsə, deməli, onları ən yüngül elementin – hidrogenin atomları ilə çəkmək lazımdır. Hidrogen atomunun kütləsini vahid qəbul edərək, digər atomların ondan neçə dəfə ağır və ya yüngül olduğunu təyin etməyə, yəni onların nisbi kütlələrini tapmağa cəhd etmək olar.

Kimyaçılar artıq bilirdilər ki, məsələn, su hidrogendən və oksigendən ibarətdir, həm də su əmələ gələndə 1 q hidrogen 8 q oksigenlə birləşir. Dalton məhz bu məlumatlara əsaslanaraq irəli getdi.

ÇOX AZ ŞEYDƏN ÇOX ŞEY

Platon atomlarından nə qədər çox maddə qurmaq mümkün olduğunu qiymətləndirək. Canlı orqanizmlərin qurulmuş olduğu uzun molekulları kənara qoyaq. Yalnız qeyri-üzvi molekullara baxaq: onlar bir qayda olaraq 6-dan artıq atomu birləşdirmir. Sulfat turşusunun H_2SO_4 7 atomlu molekulları kimi belə molekullara cansız təbiətdə az-az rast gəlinir.

Beləliklə, molekul ən çoxu 6 atomdan ibarətdir. Onda hesablamaq çətin deyildir ki, Platon atomlarından $5^6=15625$ sayda 6 atomlu, $5^5=3125$ sayda 5 atomlu, $5^4=625$ sayda 4 atomlu molekul qurmaq olar və s. Cəmisi biz 20 minə yaxın müxtəlif maddə ala bilərik. Əslində isə maddələr bundan xeyli az olacaqdır. Birincisi, heç də bütün atomlar bir-birilə birləşmir; bu ona bənzəyir ki, *v d m x q* hərflərindən söz düzəltmək qeyri-mümkündür. İkincisi, əgər dildə kitab, katib kimi sözlər üst-üstə düşmürsə də, qeyri-üzvi kimyada verilmiş atomlar dəstindən, demək olar ki, həmişə yalnız bir növ molekul qurmaq (əlbəttə, əgər nə isə bir şey qurmaq mümkünsə) olar. Məsələn, su molekulunda hidrogen atomları həmişə oksigen atomuna birləşmiş olur və heç vaxt bir-birinə birləşmiş olmur. Nəticədə mümkün olan maddələrin sayı yalnız yüzlərcə hesablanacaqdır.

Beləliklə, təbiətdəki maddələrin rəngarəngliyini təsvir etmək üçün Platon atomlarının sayı açıq-aşkar azdır. Müasir atomlar tamamilə başqa mənzərə yaradır. Təbiətdə nisbətən çox yayılmış 50 atom götürərək, formal olaraq, 6 atomdan uzun olmayan $50^6+50^5+...\approx16$ milyard müxtəlif molekul qura bilərik. Üzvi maddələrin sayı real olaraq bundan xeyli az, lakin hər halda on minlərdən az olmayacaq.

Özünün formulə etdiyi "sadəlik prinsipindən" çıxış edərək, o, belə mühakimə etməyi təklif etdi. Əgər *A* və *B* elementlərinin yalnız bir birləşməsi məlumdursa, onda hesab edəcəyik ki, bu birləşmə *AB* tipli ikiatomlu molekullardan ("mürəkkəb atomlardan") əmələ gəlib. Əgər verilmiş elementlərin daha bir və ya iki birləşməsi məlumdursa, onda fərz etmək olar ki, onların molekulları AB_2 və ya A_2B şəklinə malikdir və s. "Sadəlik prinsipinə" əsaslanaraq Dalton belə qərara gəldi ki, su molekulu ikiatomludur, o, 1 hidrogen və 1 oksigen atomundan ibarətdir. Kimyaçıların verdiyi məlumatlara söykənərək, o, buradan belə nəticə çıxardı ki, oksigen atomu hidrogen atomundan səkkiz dəfə ağırdır. Çünki, əgər su əmələ gələrkən 1 q hidrogen 8 q oksigenlə birləşirsə və suyun hər bir "mürəkkəb atomuna" həm onun, həm də bunun 1 atomu daxildirsə, deməli, 1 q hidrogendə olan atomların sayı 8 q oksigendəki atomların sayına bərabərdir. Dalton su molekulunun quruluşunda yanılmışdı və ona görə də səhv ədədi nəticələr almışdı, lakin o, birinci olaraq tərəzidə çəkilməsi prinsipial mümkün olmayan zərrəciklərin kütlələri haqqında mühakimə aparmaq üsulunu tapmışdır – onların kütləsini ancaq hesablamaq olar. Daltonun kəşfi yeni yolda – nə görmək, nə hiss etmək mümkün olmayan, yalnız mühakimələr və riyazi hesablamalar vasitəsilə başa düşülən şeyin dərk edilməsi yolunda fizikanın ilk addımlarından biri oldu.

Kimyəvi birləşmələr haqqında çoxlu məlumatları öyrənərək, Dalton kimyəvi elementlərin nisbi atom kütlələrinin bütöv bir cədvəlini tərtib etdi. Onun aldığı nəticələr 1803-cü ildə çap olundu. Lakin alimin rəhbər tutduğu "sadəlik prinsipi" onu pis vəziyyətdə qoydu. Ən məşhur birləşmələr hökmən deyil ki, ən sadə olsun. Daltonun hətta çıxış nöqtəsi də düz deyildi: o, hidrogeni biratomlu qaz hesab edirdi, halbuki əslində hidrogen molekulu iki eyni atomdan ibarətdir. Bu və ya digər maddə molekulunun quruluşu haqqında öz təsəvvürlərində səhvə yol verməklə, Dalton atom kütləsi haqqında labüd olaraq səhv nəticələrə gəlib çıxırdı.



Dalton birinci olaraq atom və molekullar üçün şərti rəsmlər şəklində xüsusi işarələr daxil etmişdir. O, oksigen atomunu və hidrogen atomunu belə təsvir etmişdir:

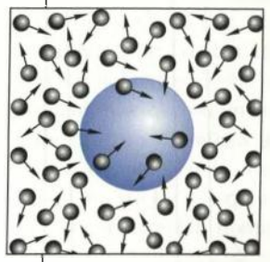
Məşhur filosof A.Şopenhauer atomları "avam aptekçilərin uydurması" hesab edirdi; fizik və filosof E.Max atomistikanın tərəfdarlarını "dindarlar təşkilatı" adlandırırdı; 1885-ci ildə dərsliklərin birində yazılmışdı: "Bərk atom... ağlasığmaz, lakin hələ təkzib edilməmiş bir hipotez şəklində yaşayır... Ancaq materiyanın kəsilməz olması, yəni aralıqlarla ayrılmış zərrəciklərdən ibarət olmaması haqqındakı nəzəriyyə həqiqətə müqayisəyəgəlməz dərəcədə daha uyğundur". Atomistikanın əleyhdarları deyirdilər ki, atom hipotezi "bütün fiziki hadisələr arxasında mexaniki model görməyin primitiv təmayülüdür". Bolsman ürəkağrısı ilə deyirdi ki, mən dünyanın atomistik mənzərəsindən başqa istənilən digər mənzərəsini qurmaq imkanını inkar edənlərdən axırıncısıyam.



Amedeo Avoqadro.



Jozef Lui Gey-Lüssak.



Braun hissəciyi əhatəsində olduğu molekulların zərbələrinin təsiri altında.

Bəs, əslində molekulun quruluşunun nə cür olduğunu necə bilmək olar? Çünki yenə də onları görmək mümkün deyil, yalnız güman etmək qalır. Bu çətin vəziyyətdən çıxış yolunu italyan alimi Amedeo Avoqadro tapdı.

Avoqadro o vaxta qədər öyrənilmiş çoxlu sayda kimyəvi reaksiyaları, ilk növbədə, qazabənzər maddələr arasındakı reaksiyaları təhlil etdi. Avoqadro ona diqqət yetirdi ki, bütünlüklə reaksiyaya girən qazların həcmləri nisbəti tam ədədlərin nisbəti kimidir. Bu, Daltonun tam nisbətlər qaydası ilə açıq-aşkar bağlı idi. Müəyyən bir anda Avoqadronun beyninə "fikir gəldi". Əgər fərz etsək ki, eyni şəraitdə istənilən qazın bərabər həcmlərində eyni sayda molekullar var, onda bu, o ana qədər məlum olan bütün reaksiyalardakı ədədi münasibətləri izah edər. Bu prinsip *Avoqadro qanunu* adını almışdır. Bu qanundan belə çıxır ki, qaz molekullarının kütlələri nisbəti eyni təzyiq və temperaturda onların sıxlıqları nisbətilə üst-üstə düşür.

Doğrudan da, əgər N sayda molekuldan ibarət olan qazın kütləsi $m = \rho V$-dirsə, onda bir molekulun kütləsi

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{\rho V}{N}.$$

olar. Eyni bir V həcminə malik olan və eyni şəraitdə yerləşən iki qaz üçün aşağıdakı tənasübü alarıq:

$$\frac{m_{01}}{m_{02}} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

Misal kimi, Avoqadro oksigenin nisbi molekulyar kütləsini hesabladı və oksigen molekulunun kütləsinin hidrogen molekulunun kütləsindən təxminən 15 dəfə böyük olduğunu aşkar etdi (və azca səhv etmiş oldu – əslində isə 16 dəfə böyükdür). Avoqadronun ideyası irəliyə doğru böyük sıçrayış idi, çünki indi nisbi molekulyar kütləni

Nisbi molekulyar kütlə anlayışı bu gün də istifadə olunur, ancaq onun vahidi olaraq hidrogen atomunun kütləsini yox, karbon atomu kütləsinin 1/12-ni (ona atom kütlə vahidi deyilir; a.k.v. = 1,6605655 (86) · 10^{-27} kq) götürürlər, yəni

$$M_r = \frac{m_0}{{}^1/_{12}\, m_c} = \frac{m_0}{\text{a.k.v.}},$$

burada M_r – nisbi molekulyar kütlədir. Axırıncı münasibət molekulun kütləsini atom kütlə vahidləri ilə ifadə etməyə imkan verir:

$$m_0 = M_r \cdot \text{a.k.v.}$$

tapmaq üçün verilmiş qazın yalnız sıxlığını bilmək kifayət idi. O, öz kəşfini 1811-ci ildə "Cisimlərin elementar molekullarının nisbi kütlələrinin və onların birləşmələrə daxilolma mütənasibliyinin təyini metodunun oçerkləri" adlı məqaləsində çap etdirmişdir.

Avoqadro qanunu müxtəlif maddələrin molekullarının tərkibinin təyin edilməsində yeni imkanlar açdı. Həmin dövrə qədər artıq fransız kimyaçısı və fiziki Jozef Lui Gey-Lüssakın (1778-1850) eksperimentlərinin nəticələri məlum idi. O müəyyən etmişdi ki, $2V$ həcmli su buxarı əmələ gətirmək üçün reaksiyada həmin həcmli hidrogen və V həcmli oksigen iştirak etməlidir, yəni



$$2V\,(\text{hidrogen}) + V\,(\text{oksigen}) \rightarrow 2V\,(\text{su}).$$

Avoqadro qanunun kəşfinə qədər bu fakt heç nə demirdi. Lakin indi, qazın həcmilə ondakı molekulların sayı arasında əlaqə müəyyən olunduqdan sonra bu cür faktlar molekulların sirrinin açılması üçün açar oldu. Tutaq ki, V həcmində N molekul yerləşir, onda $2V$ həcmində $2N$ molekul olacaqdır və yuxarıda verilmiş tənlik aşağıdakı şəklə düşür:

$$2N\,(\text{hidrogen}) + N\,(\text{oksigen}) \rightarrow 2N\,(\text{su})$$

və ya (N-ə ixtisar etdikdən sonra)

2 hidrogen molekulu + 1 oksigen molekulu → 2 su molekulu.

Avoqadro təbiətin bu göstərişini təhlil edərək, belə nəticəyə gəldi ki, hidrogen və oksigen molekulları ikiatomludur. Əgər "sadəlik prinsipinə" uyğun olaraq, onlar biratomlu olsaydı, onda aşağıdakı tənliyi alardıq:

$$2H + O \rightarrow H_2O.$$

Lakin, bizim düstura əsasən, bir yox, iki su molekulu olmalıdır. Əgər hidrogen və oksigen molekullarının hər birinə iki atom daxildirsə, onda hər şey öz yerini alır:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O.$$

Avoqadro metodu etibarla işləyirdi və o vaxt məlum olan bütün molekulların quruluşunu təyin etməyə imkan verdi. Bununla belə, Avoqadronun heyranedici nəticələrinə baxmayaraq, XIX əsr alimləri arasında nə görmək, nə də hiss etmək mümkün olmayan zərrəcikləri qəbul etməyə hazır olmayan xeyli skeptiklər qalmışdı. Məsələn, fransız kimyaçısı Jan Batist Düma (1800-1884) yazmışdı: "Əgər bu məndən asılı olsaydı, mən elmdən atom



sözünün kökünü kəsərdim, çünki mən əminəm ki, o, təcrübədə yoxlanıla bilən şeylər xaricindədir, kimya isə heç vaxt eksperimentdə yoxlanıla bilən şeylərin sərhədini keçməməlidir".

Maddənin atomar quruluşunun xeyrinə tamam gözlənilməz tərəfdən güclü bir dəlil ortaya çıxdı. 1827-ci ildə ingilis botaniki Robert Braun (1773-1858) mikroskop altında suda asılmış çiçək tozcuqlarını müşahidə etdi və aşkar etdi ki, asılmış hissəciklər ən əcaib trayektoriyalar cızaraq arasıkəsilmədən hərəkət edir. Braunun şərəfinə xırda hissəciklərin mayedəki bu nizamsız hərəkəti *Braun hərəkəti* adlandırıldı. Demək olar ki, yarım əsr o, alimlər üçün sirr olaraq qaldı. Onu mayedə hər hansı axınların mövcud olması ilə izah etmək mümkün olmadı. Çünki hətta qonşu Braun hissəciklərinin hərəkətləri bir-birilə heç cür bağlı deyildi. Müşahidə nə qədər çox davam etdirilirsə-etdirilsin və içərisində maye olan kolba nə qədər diqqətlə kip bağlanırsa-bağlansın, hərəkət arasıkəsilmədən davam edirdi. Bu hərəkət hissəcikləri mayedə yerləşdirilmiş maddənin xassələri ilə heç cür bağlı deyildi. İstənilən suda asılmış hissəciklər eyni mənzərə verirdi.

Eynşteyin Braun hərəkətinə baxaraq yazmışdı: "Mənim başlıca məqsədim elə faktlar tapmaqdan ibarətdir ki, onlar müəyyən sonlu kəmiyyətə malik atomların mövcudluğunu mümkün qədər etibarlı müəyyən etsin".



Robert Braun.



Perrenin çəkdiyi və üç Braun hissəciyinin yollarının təsviri verilmiş orijinal şəkil. 16 damanın uzunluğu 50 mkm təşkil edir, hissəciyin diametri isə 0,53 mkm-ə bərabər idi. Elə fikirləşmək lazım deyil ki, şəkil Braun hissəciklərinin həqiqi trayektoriyalarının dəqiq formasını təsvir edir. Əgər hissəciyin vəziyyətini Perrenin etdiyindən 100 dəfə kiçik zaman fasilələrindən bir qeyd etsəydik, onda hər bir düz xətt parçası əvəzinə verilmiş bütün şəkil qədər mürəkkəb olan uyğun əyriüyrü xətt alınardı.

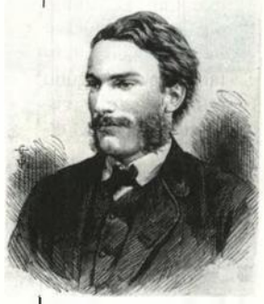
Hər bir hissəcik digərlərindən asılı olmadan, heç bir zahiri qanunauyğunluq olmadan tamamilə xaotik olaraq ora-bura vurnuxurdu.

Nəhayət, belçikalı alim İnyas Karbonell fərz etdi ki, hissəciyin Braun hərəkətini doğuran odur ki, onu əhatə edən mayenin molekulları ona zərbələr vuraraq, onu itələyir. Lakin yalnız sonrakı əsrdə, 1905-ci ildə Braun hərəkətinin ilk miqdarı nəzəriyyəsi meydana çıxdı. Bu nəzəriyyəni Albert Eynşteyn yaratdı. O, Braun hərəkətini təsvir edən tənlik yazdı və aşağıdakı düsturu aldı:

$$\langle x^2 \rangle = b(T/N_A)t, \qquad (1)$$

burada $\langle x^2 \rangle$ – Braun hissəciyinin X oxu boyunca t müddətindəki yerdəyişməsinin kvadratının orta qiyməti, T – mayenin mütləq temperaturu, b – Braun hissəciyinin ölçülərindən və mayenin özlülüyündən asılı olan mütənasiblik əmsalı, N_A isə *Avoqadro sabiti* adlanan universal fiziki sabiti işarə edir. O, atom kütlə vahidinin (*a.k.v.*) bir qramdan (q) neçə dəfə kiçik olduğunu göstərir.

Asanlıqla ölçülə bilən məsafəni və temperaturu ölçməklə, Eynşteyn düsturu sayəsində atom və molekulların kütləsini təyin etmək mümkün oldu.



Con Uliyam Strett, lord Reley.



Jan Batist Perren.

Bunun üçün (1) düsturunda $\langle x^2 \rangle$, b, T və t-nin qiymətlərini yerinə yazmaq kifayət idi. Məşhur Amerika nəzəriyyəçi-fiziki Abraham Pays (1918–2000) yazmışdı: "Sanki, heç nədən alınmış bu nəticəyə heyran olmaqdan yorulmursan: ölçüləri sadə molekulların diametri ilə müqayisədə çox böyük olan sferik hissəcikləri suda asıb, saniyəölçəni və mikroskopu götürün və buyurun Avoqadro sabitini təyin edin!" Artıq onun köməyilə atom və molekulların bütün nisbi kütlələrini qramlarla və kiloqramlarla asanlıqla hesablamaq olar.

Tezliklə Eynşteyn nəzəriyyəsi fransız fiziki Jan Batist Perrenin (1870–1942) eksperimentlərilə təsdiq olundu. Perren onları 1908-ci ildə aparmağa başladı və sonra bir neçə il davam etdirdi. Hər bərabər zaman fasilələrindən bir (Δt = 30 san) mikroskopun görüş dairəsində Braun hissəciyinin yerdəyişməsini qeyd edərək, Perren müəyyən etdi ki, Avoqadro sabiti $6 \cdot 10^{23}$ ədədi ilə ifadə olunur. Bu sabitin başqa üsullarla ölçülməsi də həmin nəticəni verdi. (Müasir qiyməti – $6{,}022045(31) \cdot 10^{23}$-dür.) İndi alimlər ayrı-ayrı atom və molekulların m_0 kütləsini, bütün cismin m kütləsini, m_0-a bölməklə isə bu cisimdəki zərrəciklərin sayını hesablaya bildilər. Perren öz kəşfinə görə Nobel mükafatı aldı.

1912-ci ildə Perren demişdi: "Atom nəzəriyyəsi qalib gəldi. Bir vaxtlar onun çoxsaylı düşmənləri devrilmiş, bir-birinin ardınca uzun müddət əsaslandırılmış və faydalı hesab etdikləri baxışlarından əl çəkmişlər". Doğrudan da, hətta Vilhelm Fridrix Ostvald kimi skeptiklər də təslim olmağa başladılar və etiraf etdilər ki, "hətta ehtiyatlı alimin də maddənin atomar quruluşunun eksperimental təsdiq olunmasından danışmasına imkan verir".

Növbəti məsələ molekulların ölçülərinin təyin olunması məsələsi idi. Bu, bir sıra eksperimentlər sayəsində mümkün oldu; bunlardan ən ağıllısı XX əsrin əvvəlində ingilis fiziki Con Uilyam Strett, lord Reley (1842–1919) tərəfindən aparılmışdır. O, suyun səthinə yağ damcılatdı. Yağ yayılmağa başladı və getdikcə nazilən təbəqə əmələ gətirdi. Müəyyən vaxtdan sonra yağ ləkəsinin genişlənməsi dayandı. Nə üçün? Reley fərz etdi ki, yağ daha yayıla bilməz, çünki onun molekulları *monomolekulyar təbəqə*, yəni qalınlığı bir molekul ölçüsündə olan təbəqə əmələ gətirmişdir. Bundan sonra məktəb məsələsini həll etmək qalmışdı: damcının həcmini əmələ gəlmiş ləkənin sahəsinə bölmək. Beləliklə, ən sadə ölçmə və hesablamaların köməyilə ağlasığmaz kiçik ədəd – bir yağ molekulunun diametri tapıldı. O, təqribən $1{,}6 \cdot 10^{-9}$ m-ə bərabər oldu.

Baxmayaraq ki, atom və molekulları nə adi gözlə, nə də ən güclü optik mikroskopla görmək olmaz, fiziklər ağıllı təcrübələrin və nəzəri çıxarışların köməyilə bu mikroobyektlər haqqında çox şey öyrəndilər. XX əsrin ortalarında, elektron mikroskopları adlanan mikroskoplar yaradıldıqdan sonra vəziyyət dəyişdi. Onlarda işıq şüaları əvəzinə sürətləndirilmiş elektron dəstələrindən istifadə olunur. Elektron dəstələri ilə obyektləri 10^6 dəfə böyütmək, obyektləri müşahidə etmək və onların fotoşəklini çəkmək olur. Bu cür mikroskopların ayırdetmə qabiliyyəti *nanometrin* (*yun.* nanos – "cırtdan" və metreo – "ölçürəm"; $1\ \text{nm} = 10^{-9}\ \text{m}$) onda birlərinə çatır. Onlar bir çox əsrlər boyu bəşəriyyətin ən ağıllı mütəfəkkirlərinin mövcudluğuna yalnız inana bildikləri atomu görməyə, nəhayət ki, imkan verdi. Ən qəribəsi odur ki, fiziklər materiyanın quruluşuna dair başlıca məlumatları, bu quruluşu əyani surətdə görmək mümkün olduqdan çox-çox əvvəl əldə edə bilmişlər.

Bu gün atom miqyasları artıq elmin yox, texnikanın da ön cəbhəsinə çevrilmişdir. Alimlər ayırdetmə qabiliyyəti nanometrin yüzdə birləri qədər olan skanirləşdirici mikroskoplardan istifadə edirlər. Onlarda müşahidə qurğusunun vericisi itiucluqlu iynədir. İynə öyrənilən səthin üzərilə yerini dəyişir və onun atom və ya molekullarının cazibə qüvvələrinin dəyişməsinə reaksiya verir. İfrat miniatür elektron qurğuları quraşdırılır. Onlarda məftillərin rolunu kimyəvi rabitələr, elementlərin rolunu isə molekulların fraqmentləri oynayır. Bu kimi nanorobotlar, məsələn, tibbdə möcüzələr yarada bilər. *Nanotexnologiya* XXI yüzillikdə tətbiqi elmin çox ümidlər verən sahəsidir.

TABAŞİR PARÇASINDA NƏ QƏDƏR MOLEKUL VAR?

Hər hansı bir əşyada, deyək ki, tabaşir parçasında olan molekulların sayını hesablamaq çətindir? Məlum olur ki, əgər əlimizin altında kimyəvi elementlərin nisbi atom kütlələrinin verildiyi Mendeleyev cədvəli varsa, yox. Sadə şəkildə desək, tabaşir – bu, kalsium karbonatdır ($CaCO_3$). Kalsiumun (40) və karbonun (12) nisbi atom kütlələrini, oksigenin nisbi atom kütləsinin (16) üç misli ilə toplayaraq 100 alarıq. Deməli, tabaşirin bir molekulunun kütləsi $m_0 = 100$ *a.k.v.* olacaqdır.

İndi nəzərə almaq lazımdır ki, atom kütlə vahidi 1 q-dan $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ dəfə kiçikdir. Ona görə də həmin molekulun qramlarla kütləsi

$$m_0 = 100 \cdot \frac{1\text{q}}{6 \cdot 10^{23}} \approx 17 \cdot 10^{-23}\text{q}$$

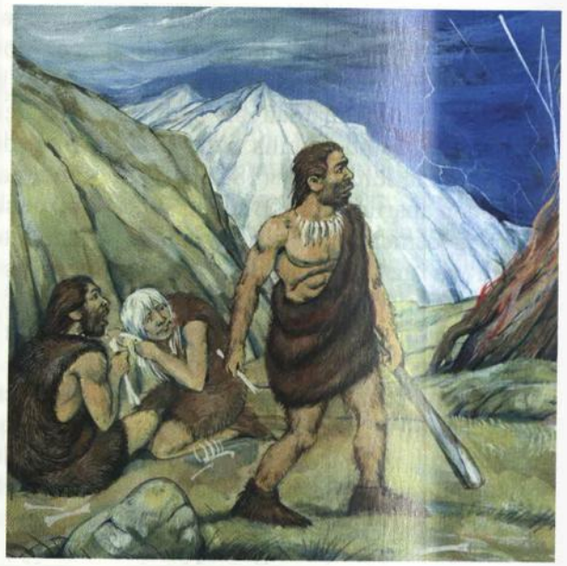
olacaqdır.

Əgər tabaşir parçası, məsələn, 10 q gəlirsə, onda onun kütləsinin bir molekulun kütləsindən neçə dəfə böyük olduğunu asanlıqla hesablamaq olar. Beləliklə,

$$N = \frac{10\text{q}}{17 \cdot 10^{-23}\text{q}} \approx 0{,}6 \cdot 10^{23}.$$

Bu, məhz tabaşir parçasındakı molekulların sayıdır. Bu, o qədər böyük ədəddir ki, əgər hər saniyədə milyard molekul sərf etsəydik, bu tabaşir parçası 2 mln ilə bəs edərdi! Əslində isə tabaşir parçası adətən bir neçə gün ərzində sərf olunur. Təsəvvür edirsinizmi ki, sinif lövhəsində bir məsələnin həllinə nə qədər molekul sərf olunur!





MADDƏNİN QURULUŞU

Alman alimi Verner Gildenin ("Aynadakı dünya" kitabındakı) təsnifatına görə bütün insanları aşağıdakı dörd qrupa bölmək olar:
1) heç vaxt təəccüblənməyən insanlar;
2) təəccüblənən, ancaq onları təəccübləndirən hadisə üzərində heç vaxt düşünməyən insanlar;
3) təəccüblənərək, "nə üçün?" deyə soruşan insanlar;
4) təəccüblənərək ədədə və ölçüyə müraciət edən insanlar.

Demokrit dünyanın bütün rəngarəngliyində yalnız atomları və boşluğu görürdü. Müasir elm oxşar nöqteyinəzərin tərəfdarıdır: hesab olunur ki, maddə hətta ən güclü mikroskopda da görünməyən çox xırda zərrəciklərdən ibarətdir. İstənilən qum dənəciyində, istənilən kiçik su damcısında, demək olar ki, Kainatın tədqiq oluna bilən hissəsindəki ulduzların sayı qədər zərrəcik var.

Belə görünə bilər ki, maddənin atom quruluşu haqqındakı təsəvvürlər dünyanın mənzərəsini həddən ziyadə sadələşdirir. Kimyaçılara məlum olan milyonlarla maddələrin, xüsusən, məsələn, canlı orqanizmlər kimi olduqca mürəkkəb quruluşların eyni atomların məhdud sayda "növündən" alındığı mümkünsüz görünür. Atomların molekullarda birləşmə üsullarının nə qədər rəngarəng olduğunu insanlar dərk etdikdən sonra birinci sirr aydınlaşdı. Üzvi molekulların nə qədər nəhəng ola bildikləri və onlarda nə qədər çox informasiya yazmaq mümkün olduğu zaman ikinci sirr açıldı.

Lakin eyni bir maddə bir-birindən kəskin fərqlənən formalara malik ola bilər. Hələ Platon qeyd etmişdi ki, "suyun hər şeydən öncə iki növü var: biri maye, digəri əriməyə qadir olan bərk forma". Sonralar üçüncü – qazabənzər formasını (su buxarını da) kəşf etdilər. Bərk hal çoxlu sayda variasiyalara malikdir: buz öz quruluşuna görə qar dənəciyindən fərqlənir. Bu xassə təkcə su üçün xarakterik deyil. Məsələn, bərk karbon qrafit, almaz və daha bir neçə modifikasiyalar şəklində mövcuddur. Necə olur ki, eyni molekullardan maddənin qaz, maye və bərk cisim kimi bir-birinə bu qədər bənzəməyən halları yaranır, həm də axırıncı hal bir neçə formada mövcud ola bilir?

Ərimə və bərkimə prosesləri bizim hamımız üçün o qədər adidir ki, bu məsələ üzərində çox az adam fikirləşmiş və eyni bir maddənin tamamilə

bənzəməyən hallarda mövcudluğunu bütün qəribəliyi ilə dərk etmişdir. Bu sirri görənlər isə, demək olar ki, bütün bəşər tarixi ərzində onu həll etmək üçün heç bir vasitəyə malik olmamışlar. Bu pessimist dilemmanı 1758-ci ildə ingilis şairi və filosofu Semyuel Conson yaxşı ifadə etmişdi: "Geri qalmış və tənbəl insanlar adi məlumatlılığı biliklə qarışdırırlar və hesab edirlər ki, əgər onlar şeylərin xarici formasını görür və onların vəzifələrini bilirlərsə, onda onlara şeylərin təbiəti məlumdur. Mütəfəkkir isə mövcudiyyətin fövqəltəbii qüvvələrlə izahı ilə razılaşmayaraq, səmərəsiz hər şeyi bilmək həvəsi ilə özünü cana gətirir, incidir və şeylərin mahiyyətinə nə qədər çox nüfuz etməyə çalışırsa, özünün başadüşməzliyinin dərinliyini bir o qədər aydın anlayır".

Lakin tarix miqyasında hər şeyi bilmək həvəsi və inadcıl maraq heç vaxt faydasız olmur. Məşhur fransız fiziki Lui de Broylun dediyi kimi, müasir elm məhz insanlardakı təəccüblənmə və hər şeyi bilmək həvəsi sayəsində yaranmışdır. Bəs eyni bir maddənin forma çoxluğunu atom-molekulyar nəzəriyyə necə izah edir?

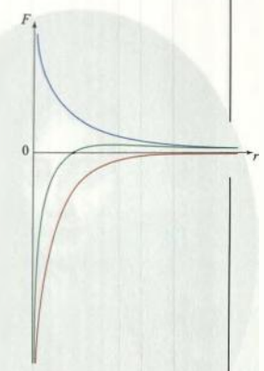
MOLEKULLARIN QARŞILIQLI TƏSİRİ

Əgər cisimləri əmələ gətirən zərrəciklər bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olmasaydı, onda cisimlər vahid bir tam halında mövcud ola bilməzdi, onlar, sadəcə, ayrı-ayrı zərrəciklərə dağılardı. Hansı qüvvələr zərrəcikləri öz aralarında bir-birinə bağlayır?

Qədim alimlərə yalnız cisimlər bilavasitə toxunan zamanı yaranan kontakt qarşılıqlı təsir və qüvvələr məlum idi. Ona görə də atomistik nəzəriyyənin tərəfdarları uzun müddət belə hesab edirdilər ki, zərrəciklər arasında da qarşılıqlı təsir eyni cür baş verir: atomlar qarmaqcıqlara və çıxıntılara malikdir ki, bunlarla da onlar bir-birinə ardıcıl ilişə bilər. Belə təsəvvürlər 2 min il davam etmişdir! XVII əsrdə ingilis alimi Robert Boyl təsdiq edirdi ki, bərk cisimlərin zərrəcikləri "özlərinin şaxələnməsi, qeyri-düzgün fiqurası, formasının qarmaqcıqşəkilli və digər narahatlıqları sayəsində bir-birinə ilişir və dağılışmır". O, artıq başa düşürdü ki, qaz başqa izahat tələb edir. Boyl qaz zərrəciklərini balaca yaycıqlara bənzər kimi təsəvvür edirdi (havanın elastikliyini o, belə izah edirdi).

XVII əsrin ikinci yarısında İsaak Nyuton maddənin zərrəciklərinin qarşılıqlı təsirinin prinsipial başqa nəzəriyyəsini irəli sürmüşdü. O fərz etdi ki, atomlar arasında uzağa təsir qüvvələri mövcuddur. Bu qüvvələrin yaranması üçün kontakt və ya qarşılıqlı təsiri ötürən mühit lazım deyil. Onlar elektriklənmiş cisimlər arasında təsir edən qüvvələrlə eyni təbiətə malikdir. Nyuton yazmışdı: "Qravitasiya, maqnit və elektrik cazibələri çox uzaq məsafələrə yayılır və beləliklə, adi gözlə müşahidə olunur; lakin olduqca kiçik məsafələrə yayılan və indiyədək gözdən yayınan başqa cazibələr də mövcud ola bilər. Ola bilsin ki, elektrik cazibəsi belə kiçik məsafələrə, həm də sürtünmə ilə həyəcanlanma olmadan yayılır".

Bizim dövrdə hesab olunur ki, molekullar arasındakı cazibə və itələmə qüvvələri həqiqətən elektromaqnit təbiətinə malikdir. Molekullar bütövlükdə neytral olsa da, yüklərin asimmetrik, qeyri-bərabər paylanması sayəsində onlar arasında elektrik qarşılıqlı təsir mümkündür. Molekullararası qarşılıqlı təsirin əvəzləyici qüvvəsinə molekulların hissələri arasında eyni zamanda təsir edən cazibə



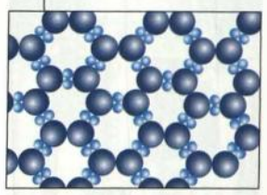


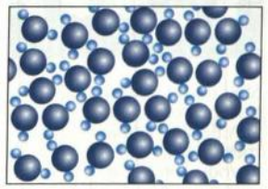
SSRİ-də ən iri elektron mikroskopu. A.A.Baykov adına metallurgiya zavodu.1982-ci il.

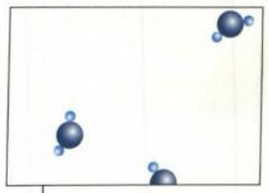


Robert Boyl.

və itələmə qüvvələrinin modulları fərqi kimi baxmaq olar. Tədqiqatlar göstərir ki, molekullar arasında təsir edən cazibə qüvvələri və itələmə qüvvələri məsafənin artması ilə sürətlə azalır, lakin müxtəlif cür. Cazibə qüvvələrinin azalması $1/r^n$ qanunu ilə (burada $n \approx 7$), itələmə qüvvələri isə $1/r^k$ qanunu ilə azalır (burada $k \geq 9$), yəni itələmə qüvvələri cazibə qüvvələrinə nisbətən daha sürətlə azalır. Tutaq ki, r_0 molekullar arasında elə məsafədir ki, həmin məsafədə cazibə qüvvəsi qiymətcə itələmə qüvvəsinə bərabərdir (r_0 – təqribən qarşılıqlı təsirdə olan molekulların radiuslarının cəminə bərabərdir). Onda $r < r_0$ olduqda itələmə qüvvələri, $r > r_0$ olduqda isə cazibə qüvvələri üstünlük təşkil edir. Məhz buna görədir ki, bərk və maye cisimlər həm sıxılmaya, həm də dartılmaya qarşı müqavimət göstərir.







Suyun aqreqat halları: bərk, maye və qazabənzər.

AQREQAT ÇEVRİLMƏLƏRİ

Çox qədim zamanlardan məlum idi ki, maye su buza və buxara çevrilə bilər, lakin uzun müddət heç kəsin ağlına gəlməmişdi ki, bu üç substansiya eyni bir maddənin – suyun hallarıdır. Müasir insana, sanki, tam aydındır ki, müxtəlif maddələr kimi görünən bunların hamısı eyni molekullardan (H_2O) ibarətdir. Lakin bu fikrə gəlmək alimlər üçün asan olmayıb: suyun halları bir-birindən çox kəskin fərqlənir. Qədim yunan filosofu Epikur (e.ə. 341-270) suyun buza çevrilməsini belə təsvir etmişdir: "Sudan yumru formalı zərrəciklərin sıxışdırılıb çıxarılması və suda yerləşən üçbucaqlı və itibucaqlı zərrəciklərin birləşməsi sayəsində, həmçinin toplaşaraq suya donma verən və müəyyən miqdar yumru zərrəcikləri sıxışdıran zərrəciklərin kənardan suya əlavə edilməsi sayəsində buz əmələ gəlir". Bu parçadan gördüyümüz kimi, Epikurun fikrincə, çevrilmə zamanı maddənin tərkibi dəyişir: suyun donması zamanı yumru zərrəciklərin itibucaqlı zərrəciklərlə, ərimə zamanı isə əksinə əvəz edilməsi baş verir.

Halbuki əslində isə aqreqat çevrilmələri zamanı maddənin zərrəcikləri dəyişmir, onların yalnız qarşılıqlı yerləşməsi və hərəkətinin xarakteri dəyişir. Lakin bunu müəyyən etmək üçün elə bir bilik səviyyəsi lazım oldu ki, həmin səviyyə Epikurda yox idi. Hətta Epikurdan 19 əsr sonra yaşamış və mexanika sahəsində mühüm kəşflər etmiş Qaliley də etiraf etmişdi ki, maddənin çevrilmələri haqqında "son həqiqət" ona məlum deyil. O, əriməni izah etməyə çalışmışdı, lakin nəticədə yalnız "çoxlu çətinliklərlə bağlı olan və tədqiqat tələb edən "əsassız güman" alınmışdı. Qalileyə görə əriməni "onunla izah etmək olar ki, odun ən incə zərrəcikləri metalın kiçik məsamələrinə nüfuz edərək... onlar arasında mövcud olan kiçik boşluqları doldurur və zərrəcikləri bir-birinə bağlayan qüvvələrin təsirindən azad edir və bununla da onların bir-birindən ayrılmasına səbəb olur. Bu cür sərbəst hərəkət qazanaraq, zərrəciklər maye kütləsi əmələ gətirir və nə qədər ki, onların arasında od zərrəcikləri var, bu halda qalır". Bu izah Epikurun fikirlərini xatırladır.

Maddənin bir haldan digərinə keçidlərinin mənzərəsi tədricən, addım-addım dəqiqləşdirilirdi. Robert Boyl birincilərdən biri olaraq aqreqat halını maddə zərrəciklərinin hərəkəti ilə əlaqələndirdi. Onun təsəvvürlərinə görə zərrəciklər daimi hərəkətdədir və "bu hərəkətin istiqamətləri həddən çox

cürbəcürdür, bəzi zərrəciklər sağa, digərləri sola, başqaları düz yuxarı, bəziləri aşağı, üçüncülər köndələn və s. hərəkət edir". Maddəni qızdıranda hərəkətin intensivliyi artır: "Su həqiqətən qaynar olanda zərrəciklərin hərəkəti aşkar və buna uyğun olaraq şiddətli olur və buxarlanma əmələ gətirir, çünki zərrəciklər məruz qaldıqları çaxnaşma nəticəsində havaya qalxmaq qabiliyyəti əldə edir".

Müasir insan bilir ki, təkcə su yox, istənilən maddə də müxtəlif aqreqat hallarında ola bilər. Məsələn, dəmir normal şəraitdə (0°C temperaturda və 760 mm c.st. təzyiqdə) bərkdir, lakin kifayət qədər yüksək temperaturda (1535°C) o, mayeyə çevrilir. Bu mayeni buxarlandırmaq və qaz almaq – dəmir atomlarının buxarını almaq olar. Normal şəraitdə oksigen qazdır, lakin -183°C temperaturda o, mayeyə çevrilir. Əgər onu -218,6°C-yə qədər soyutsaq, bərk oksigen alınar. Ərzaq məhsullarını soyutmaq və saxlamaq üçün istifadə olunan "quru buz" bərk formada karbon dioksiddir (CO_2). Bu maddə -78°C-dən yuxarı temperaturda, maye halına keçmədən buxarlanır və adi karbon qazı olur. Karbon dioksid maye də olur, lakin yüksək təzyiqlərdə.

İstənilən maddənin müxtəlif aqreqat hallarında ola bilməsi fikri yalnız XIX əsrin sonunda öz təsdiqini tapdı. Bir çox maddələr (azot, oksigen) uzun müddət mayeyə və ya bərk cismə çevrilməyə qadir olmayan "daimi" qazlar hesab olunurdu. Səbəb onda idi ki, bu maddələrin digər aqreqat hallarına keçdiyi şərait olduqca özünəməxsusdur və çox vaxt çətin əldə ediləndir. Maye hava almaq üçün çoxlu cəhdlər olmuşdu, yalnız 1877-ci ildə bu cəhdlər uğurla nəticələndi: fransız fiziki Lui Kalyete (1832-1913) və isveçrəli alim Raul Pikte (1846-1929) yüksək təzyiq altında havanı soyutdular və mayeyə çevirdilər. Maye heliumu yalnız 1908-ci ildə almaq müyəssər oldu.

QAZ



Raul Pikte.

Uzun müddət hava qaz halında məlum olan yeganə maddə olaraq qalmışdı. Yunan filosofu Empedokl (e.ə. V əsr) onu bütün dünyanı əmələ gətirən dörd elementdən biri hesab edirdi, Anaksimen (e.ə. VI əsr) isə ona "ilkinmateriya" statusunu aid edirdi. Atomistlər hesab edirdilər ki, hava eyni atomlardan ibarətdir: "Havanın quru qum dənəciklərini əhatə etməsinə oxşar olaraq, hava vakuumla əhatə olunmuş balaca zərrəciklərdən ibarətdir". (İskəndəriyyəli Heron, təxminən b.e. I əsri).

Havanın müxtəlif qazlar qarışığı olduğu yalnız XVIII əsrin ikinci yarısında müəyyən olundu. Azotun (1772-ci il) və oksigenin (1774-cü il) kəşfindən dərhal sonra fransız kimyaçısı Antuan Loran Lavuazye (1743-1794) göstərdi ki, onların hər ikisi havanın tərkibinə daxildir.

Qazın məxsusi forması yoxdur və ona verilmiş bütün həcmi doldurur. Bu onun əsas xassəsidir. Bu xassə onunla izah olunur ki, qaz molekulları xaotik hərəkət edir və öz sürətlərinin istiqamətini və qiymətini yalnız birbirilə və ya qabın divarları ilə toqquşarkən dəyişdirir. Məhz bununla bağlı olaraq, holland alimi Yan Baptist van Helmont (1579-1644) "qaz" terminini daxil etmişdir; bu termin yunan sözü "xaos"dan törəmişdir (əvvəllər qazı xüsusi növ maye hesab edirdilər).



Rudolf Yulius Emanuel Klauzius.

Normal şəraitdə istənilən qazın 1 sm^3-də təxminən 10^{19} molekul var, deməli, onlar arasında orta məsafə 10 nm-ə yaxındır. Molekullararası qüvvələrin radiusu isə təxminən 1 nm-ə bərabərdir. Ona görə də qaz

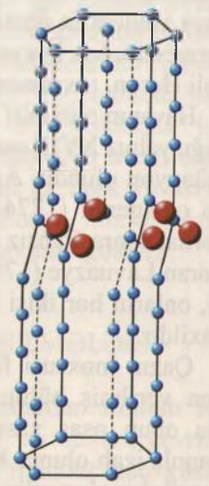
molekullarının qarşılıqlı təsiri o qədər zəifdir ki, molekulyar fizikanın bir çox məsələlərində onu nəzərdən atmaq olar. Baxmayaraq ki, molekulların toqquşması zamanı yaranan itələmə qüvvələri çox böyük ola bilər, ancaq bu toqquşmalar molekulların sərbəst hərəkəti ilə müqayisədə xeyli az-az baş verir. Belə vəziyyətlərdə molekullara maddi nöqtələr (kütləsi olan, lakin ölçüləri sıfır olan cisimlər) kimi baxmaq əlverişlidir. Bu cür modeli ilk dəfə XIX əsrin ortalarında alman fiziki Rudolf Yulius Emanuel Klauzius (1822-1888) təklif etmişdir. O, bu modeli "mükəmməl qaz" adlandırdı, lakin sonralar elmdə "ideal qaz" termini bərqərar oldu.

ƏN ƏSAS ELEMENT

Karbon (C) nadir elementdir; onun atomları çox böyük sayda birləşmələr əmələ gətirməyə qadirdir. Məhz karbonun nəhəng sayda rabitəli molekullar əmələ gətirmək xassəsi sayəsində həyat mövcud ola bilər. Karbonun latınca adı carbo ("kömür") sözündən törəyir.

Məşhur rus kimyaçısı D.İ.Mendeleyev (1834-1907) karbon elementini belə təsvir etmişdi: "Karbona təbiətdə həm sərbəst, həm də birləşmələr halında, çox müxtəlif forma və şəkillərdə rast gəlinir. Sərbəst halda karbonun ən azı üç şəkli məlumdur: kömür, qrafit və almaz. Birləşmələr halında karbon üzvi maddələr adlanan maddələrin, yəni hər bir bitkinin və heyvanın bədənində yerləşən çoxsaylı maddələrin tərkibinə daxildir. O, karbon qazı şəklində suda və havada, karbon turşusunun duzları və üzvi qalıqlar şəklində torpaqda və yer qabığında vardır... Mum və yağ, skipidar və qatran, pambıq parçası və zülal, bitkilərin hüceyrə toxuması və heyvanların əzələ toxuması, çaxır turşusu və nişasta – bütün bunlar, bitki və heyvan toxumalarına və şirələrinə daxil olan bir çox digər maddələr karbonlu birləşmələrdir".

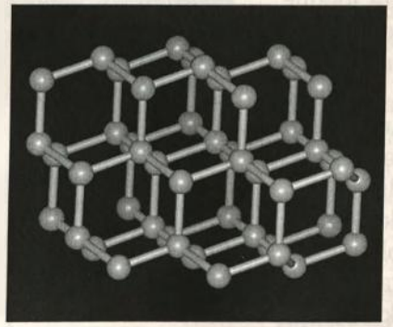
Sərbəst halda karbon kristallik quruluşlu bərk maddədir. Deyəsən, bununla karbonun müxtəlif şəkildəyişmələri arasındakı oxşarlıq başa çatır: onun atomları xassələrinə görə tamamilə fərqli maddələr əmələ gətirmək qabiliyyətinə malikdir. Baxmayaraq ki, bu quruluşların tərkibi eynidir, atomlar müxtəlif üsullarla birləşir və müxtəlif kristal qəfəslər əmələ gətirir.



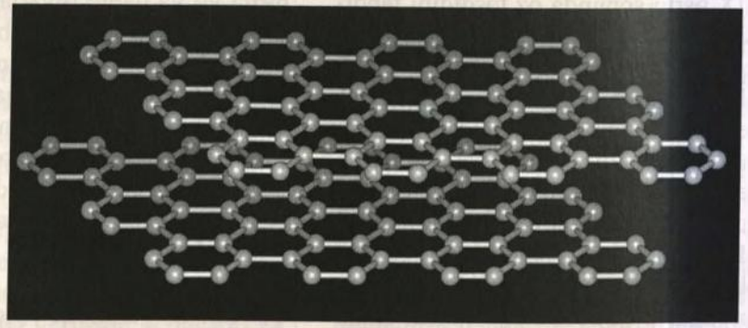
Karbinin modeli.

Atomları şəkildə göstərildiyi kimi yerləşdirək. Bu, qrafitin – metal parlaqlı qara yumşaq materialın kristal quruluşudur. O, basanda təbəqələşmə xassəsinə malikdir ki, bunun da sayəsində ondan yazı yazmaq üçün geniş istifadə edirlər. Sadə karandaşların qrifelləri (*yun.* "qrafo" – "yazıram") qrafitdən hazırlanır. Həmin atomlardan başqa bir qəfəs düzəltməklə almazı – təbiətdə ən bərk olan mineralı alarıq. Bu kristal da böyük sındırma əmsalına malikdir və bunun sayəsində ən bahalı daş-qaşlardan biridir. Almazı süni yolla da almaq olar. Bu, onun sənayedə geniş tətbiqinə imkan verir: çox böyük bərkliyinə görə sintetik almazlar cilalayıcı materiallar və bəzi alətlərin (kəskilər, burğular və s.) kəsici hissələri kimi istifadə olunur.

Mendeleyev tərəfindən sadalanan şəkildəyişmələrlə (qrafit və almazla) yanaşı, karbin, deylit və fullerit də mövcuddur. (Yeri gəlmişkən, qeyd edək ki, indi məlum olduğu kimi, kömür saf karbon deyil.)



Almazın modeli.



Qrafitin modeli.

KONDENSƏ OLUNMUŞ HAL

Biz gördük ki, normal şəraitdə qaz molekulları arasındakı məsafələr molekulların öz ölçülərindən bir tərtib böyükdür. Qazın tutduğu tam həcmin, onun molekullarının yekun həcminə nisbəti 10^3 tərtibindədir, yəni vahiddən çox-çox böyükdür ($V/V_0 >> 1$).

Təbiətdə maddənin başqa bir halı da yayılmışdır; bu halda $V/V_0 = 1 \div 3$. Zərrəciklər, demək olar ki, bir-birinə kip yerləşmişdir. Belə hal *kondesə olunmuş hal* (*lat.* condensatio – "sıxlaşma") adlanır. Kondesə olunmuş sistemlərə mayelər və bərk cisimlər, o cümlədən kristallar, həmçinin amorf cisimlər və maye kristallar aiddir.

Karbin karbonun bir-birinə paralel düzülmüş xətti zəncirlərindən ibarətdir. O, ağımtıl rəngə çalır və yüksək möhkəmliyə malikdir. Karbin 1960-cı illərdə kəşf olunmuşdur. Təbiətdə az rast gəlinir, ancaq laboratoriya şəraitində alınma üsulu məlumdur.

Lonsdeylit və ya heksaqonal almaz karbon atomlarının altıbucaqlı sütuncuqlarından təşkil olunmuşdur. Onun qəfəsi almazın qəfəsinə oxşayır ki, bu da onun adlarından birində öz əksini tapmışdır. Lonsdeylit meteoritlərdə xırda kristalcıqlar şəklində aşkar olunmuşdur. Həmin vaxta qədər onu süni yolla alırdılar.

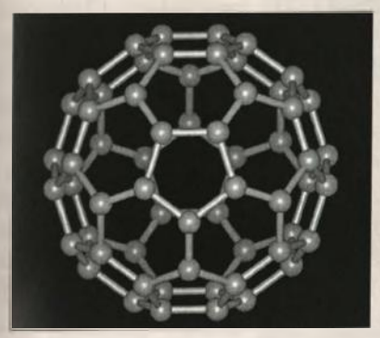
Karbonun şəkildəyişmələrindən biri fullerendir. Onun sferik molekulları futbol toplarını xatırladır. Əgər bu molekullardan elə kristal düzəltsək ki, onlar qəfəsin düyünlərində yerləşsin, onda fullerit – metal parlaqlığına malik qara rəngli maddə alarıq. Bu material məşhur Amerika dizayneri və mühəndisi, binalar üçün formaca fullerenlərə oxşayan orijinal "geodezik qüvvələrin" yaradıcısı Riçard Bakminster Fullerin şərəfinə adlandırılmışdır. Fullerenləri 1985-ci ildə ingilis alimi Harold Kroto və amerikalı alimlər Robert Kerl və Riçard Smelli kəşf etmişlər. 1996-cı ildə hər üçü kimya üzrə Nobel mükafatı ilə təltif olundular. Ən sadə və ən geniş yayılmış molekul – bakminsterfulleren C_{60}-dır.

Fullerit yarımkeçirici xassələrinə malikdir. Onu süni yolla almaq olar. Fullerenlər həmçinin meteoritlərin tərkibində də tapılmışdır. Maraqlıdır ki, fulleren formalaşan zaman onun boşluğunda başqa maddələrin atom və molekulları da ola bilər. Bu cür molekulların xassələri bəzən "boş" fullerenlərin xassələrindən kəskin fərqlənir.

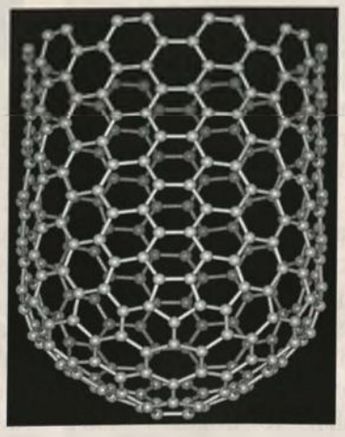
Fulleritlərin xassələri indiyədək öyrənilir. Onlar, məsələn, yeni növ qalvanik elementlər, rəngləyicilər, şişəqarşı fəal dərmanlar, ifratkeçirici materiallar və yüksək informasiya sıxlıqlı yaddaş qurğuları hazırlamaq üçün tətbiq olunur.

Qrafit elektrodlar arasındakı boşalma nəticəsində, onlarda maraqlı karbon quruluşları əmələ gəlir. Onlara yalnız fullerenlər yox, həm də *nanoborucuqlar* adlanan borucuqlar da aiddir. Bunlar içi boş, diametri 3-4 nm-dən 10-30 nm-ə qədər olan, divarları bir və ya bir neçə atom təbəqəsindən ibarət olan karbon borucuqlardır. Borucuğun başlarından biri bağlıdır və fulleren fraqmentinin quruluşuna malikdir. Nanoborucuqlar 1991-ci ildə yapon alimləri tərəfindən aşkar edilmişdir.

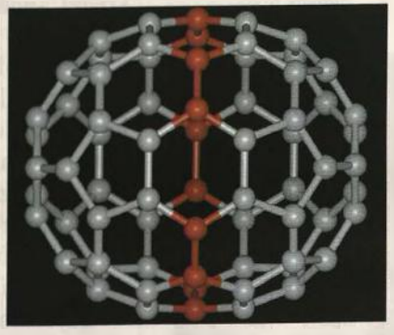
Nanoborucuqlardan hazırlanmış materiallar nanomateriallara aiddir. Tədqiqatların göstərdiyi kimi, nanomaterial-lar həm keçirici, həm dielektik və həm də yarımkeçirici ola bilər. Nanoborucuqların içərisinə dəmir atomlarının daxil edilməsi materiala gözlənilməz xassə verir – maddə ferromaqnetik olur. Ola bilsin ki, borucuqlar yeni növ ifratkeçirici materiallar yaratmaq üçün istifadə olunsun.



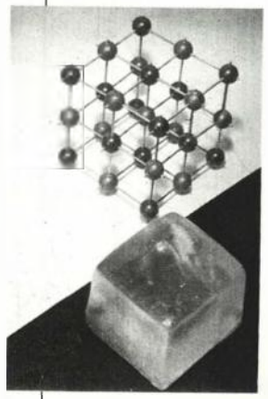
Fulleren C_{60}-ın modeli.



Nanoborucuğun modeli.



Fulleren C_{70}-in modeli.



Kristalların fəza qəfəslərinin modelləri.

Maye kristallar mayelərlə kristallar arasında aralıq mövqe tutur.

Bərk cisimlərdə zərrəciklərin hərəkəti tarazlıq vəziyyətləri ətrafındakı rəqslərdən ibarətdir. Xarici təsirlər olmadıqda bərk cisimlər forma və həcmini saxlayır. Bərk cisimlərin mühüm nümayəndələri *kristallardır*; bunlar periodik quruluşa (kristal qəfəsə) malik cisimlərdir. Ətraflarında zərrəciklərin rəqsləri baş verən nöqtələrin yerləşməsindəki periodiklik istənilən qədər uzaqda müşahidə olunur (*uzaq nizamlılıq*). Kristallar atomlardan, molekullardan və ya ionlardan ibarət ola bilər.

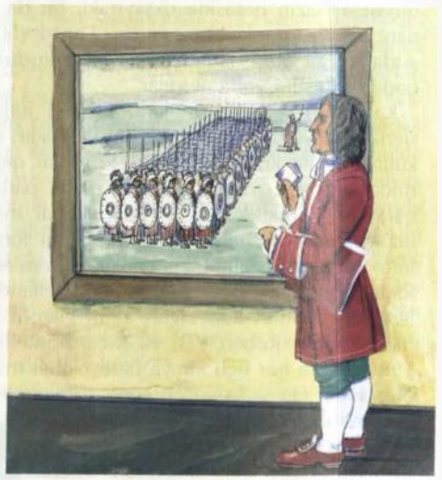
Çox vaxt kristallar düzgün çoxüzlülər formasında olur. İri tək kristallar *monokristallar* adlanır (məsələn, almaz, çöl şpatı, kvars). Onlardan bəziləri (kvars, beril) nəhəng ölçülərə və kütlələrə malik ola bilər. Ölçüsü 1 m-dən çox, kütləsi 1 t-dan artıq olan kristallar məlumdur.

Bərk cisimlərin əksəriyyəti *polikristallikdir*. Bu o deməkdir ki, onlar çoxlu sayda ayrı-ayrı, nizamsız istiqamətlənmiş kristallar çoxluğundan ibarətdir və ona görə də düzgün formaya malik deyil.

Monokristalların düzgün formaya malik olmasının sirri XVII əsrdə açılmışdır. Kristal qəfəsin mövcudluğunu ilk dərk edənlərdən biri Nyuton olmuşdur: "Fərz etmək olmazmı ki, kristal əmələ gələrkən zərrəciklər cərgəyə və sıraya düzülür?" Nyutonun müasiri holland alimi Xristian Hüygens kristallar haqqında yazmışdır: "Bu törəmələrdə aşkar olunan düzgünlük, çox güman ki, onları əmələ gətirən kiçicik, gözə görünməyən eyni zərrəciklərin yerləşməsinin nəticəsidir".

Kristalların diqqətəlayiq xassələrindən biri *anizotropiyadır* (*yun.* "anizos" – "qeyri-bərabər" və "tropos" – "istiqamət"): fiziki xassələr (istidən genişlənmə, optik xassələr, istilik və elektrikkeçiciliyi, möhkəmlik və s.) kristal daxilindəki istiqamətdən asılıdır. Anizotropiya kristalda zərrəciklərin nizamlı yerləşməsi ilə izah olunur ki, bu da kristal qəfəsin zərrəcikləri arasındakı məsafələrin və qarşılıqlı təsirin intensivliyinin müxtəlif istiqamətlər üzrə fərqlənməsinə səbəb olur. Kifayət qədər çoxlu sayda kristallardan ibarət olan polikristal cisimlər əksinə izotropdur (*yun.* "izos" – "eyni" və "tropos" – "istiqamət"), yəni onların fiziki xassələri istiqamətdən asılı deyil.

Digər xarakterik xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, kristallar müəyyən ərimə temperaturuna malikdir. Bu xassə isveçrəli fizik Jan Andre Delyuk



(1727-1817) tərəfindən 1754/55-ci illərin qışında aşkar edilmişdir: içərisində buz olan qabı odda qızdıraraq, o müəyyən etdi ki, tam əriyənə qədər buzun temperaturu 0°C-yə bərabər qalır.

Amorf cisimlər və ya amorflar (*yun.* "amorfos" – "formasız"), monokristallardan fərqli olaraq izotropdur. Ətrafında zərrəciklərin rəqs etdikləri mərkəzlərin yerləşməsindəki nizamlılıq yalnız atomlararası məsafələrlə müqayisə olunan məsafələrdə müşahidə olunur (yaxın nizamlılıq). Həm təbii (müxtəlif qatranlar, o cümlədən kəhrəba), həm də süni (şüşə, bəzi plastik kütlələr) amorf cisimlər mövcuddur. Amorfların müəyyən ərimə temperaturu yoxdur, onlar qızdırıldıqda yumşalır və tədricən maye halına keçir.

Nəhəng kvars kristalı.



Mayeni sürətlə soyutmaqla maddəni amorf halda almaq olar.

Maye kristallar – mayelərin axıcılığını və kristalların anizotropluğunu özlərində birləşdirən cisimlərdir. Onları əmələ gətirən maddələrin molekulları uzunsov formaya malikdir və

NƏHƏNG MOLEKULLAR

Bəzi hallarda atomlar uzun zəncirlər şəklində birləşir; bu zəncirlər xətti və ya budaqlanmış (daraq və ya ulduz şəklində) formaya malik olur. Bu cür quruluşlar polimer zəncirlər, onlardan əmələ gələn maddələr isə polimerlər (yüksək molekulyar birləşmələr), zəncirlərin bir neçə atom daxil olan və təkrarlanan fraqmentləri isə *monomerlər* adlanır. Polimerlər *monomerlərdən* polimerləşmə prosesində – zəif molekulyar maddənin molekullarının zəncirdə ardıcıl birləşməsi prosesində alınır. Polimerlər təbii mənşəli (zülallar, kauçuk, qatran, nuklein turşuları, sellüloz, nişasta və s.) və süni alınmış (polipropilen, polietilen və s.) olur. Polimer zəncirində halqaların sayı bir neçə on halqadan milyard halqaya qədər (DNT halında) dəyişir. Bəzi makromolekullar çox mürəkkəb və xarakterik ölçüləri bir neçə santimetrə qədər olan torlar və ya "gellər" əmələ gətirir.

Bəzi polimerlər hələ XIX əsrin əvvəlində alınmışdı, lakin onların ortaya çıxması kimyaçıların adətən rədd etdikləri lazımsız "qatranlaşma" (polimerləşmə) effekti kimi qiymətləndirilmişdi.

Polimerlərin kəşfindən sonra onların quruluşu uzun müddət sirr olaraq qaldı. Bu oblastda irəliyə doğru sıçrayış polimerlərin müasir nəzəriyyəsinin yaradıcısı, alman kimyaçısı German Ştaudingerin (1881-1965) adı ilə bağlıdır. O, ilk dəfə polimerlərə zəncirvari quruluşa və olduqca böyük molekulyar kütləyə (bu oblastda xeyli sonrakı tədqiqatların göstərdiyi kimi, biopolimerlərin molekulyar kütləsi 10^{10} a.k.v.-nə çatır) malik makromolekullardan ibarət maddələr kimi baxmağa başladı.



German Ştaudinger.

Buna qədər hesab olunurdu ki, polimerlər kiçik molekullardan əmələ gəlmişdir və bu molekullar məhlula düşən kimi komplekslərdə birləşir. Ştaudingerin nəzəriyyəsi 1922-ci ilə meydana çıxmışdı, 1953-cü ildə isə onun müəllifi yüksək molekulyar birləşmələr kimyası oblastındakı kəşfinə görə Nobel mükafatı laureatı oldu.

Maraqlı nüans: polimerlər qaz formasında mövcud ola bilməz: yüksək temperaturlarda zəncirlər aşağı molekulyar birləşmələrə parçalanır. Əvvəllər hesab olunurdu ki, istənilən maddə üç aqreqat halında ola bilər, lakin polimerlərin tədqiqinin nəticələri bu, universal görünən qanuna yenidən baxmağa məcbur etdi.

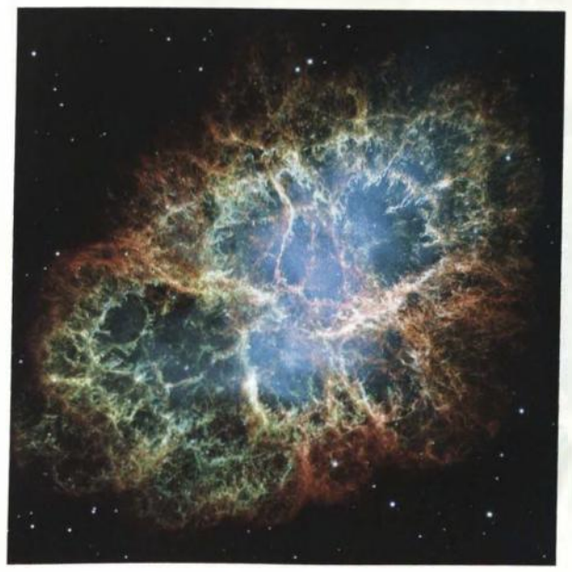
Polimerlər, bir qayda olaraq, şüşəyəbənzər maddədən (plastik kütlələr və qatranlar), özlü mayedən (polimer ərinti) və ya maye kristallardan ibarət olur. Makromolekulların uzunluğunun böyük olması nəticəsində həqiqi kristalların formalaşması çətinləşir: o, əmələ gələn zaman kristallik oblastlar dolaşıq düşmüş zəncirləri olan böyük amorf təbəqələrlə ayrılmış olur.

Polimerlərsiz həyat yarana bilməzdi, çünki biopolimerlər bütün canlı orqanizmlərin əsasını təşkil edir. Müxtəlif polimerlər (rezin, boyalar, yapışqanlar, plastik kütlələr və s.) müasir istehsalatın və məişətin başlıca elementləri olmuşdur.

bir-birinə paralel yerləşir. Məhz bu paralellik anizotropiya doğurur. Axıcılıq molekullararası qüvvələrin zəifliyi ilə izah olunur.

Maye kristallar 1889-cu ildə Avstriya botaniki F.Reynitser və alman fiziki Otto Leman (1855-1922) tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bizim dövrümüzdə onlardan texnikada geniş istifadə olunur. Bunun səbəbi odur ki, elektrik sahəsi molekulların oriyentasiyasını dəyişməyə qadirdir, kristalın optik xassələri isə bundan asılıdır. Maye kristallar, xüsusi hallarda kompüterlərin müstəvi monitorlarında, portativ televizorların ekranlarında, mikrokalkulyatorlarda, elektron saatlarda tətbiq olunur.

Mayelərə həm bərk cismin, həm də qazın xassələri xasdır. Bir tərəfdən onlar, gözə çarpan elastikliyə və qırılmağa qarşı möhkəmliyə malikdir, həcmini saxlayır, digər tərəfdən yerləşdiyi qabın formasını alır. Onun əsas xassəsi axıcılıqdır. Molekulları, demək olar ki, kip və nizamlı yerləşib, yəni mayelərdə yaxın nizamlılıq mövcuddur.



M2-9 planetar dumanlığı. E.Habbl adına kosmik teleskopdan alınan şəkil.



Epikur mayenin axıcılığını onunla izah edirdi ki, onun zərrəcikləri yumru formaya və hamar səthə malikdir; bu isə onların bir-birinə ilişməsinə imkan vermir.

Əslində isə axıcılıq başqa cür izah olunur. Mayedə zərrəciklərin hərəkəti tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqsdən və bir rəqs mərkəzindən digərinə vaxtaşırı baş verən sıçrayışlardan ibarətdir. Əgər mayeyə, sıçrayışlar arasındakı τ zaman intervallarına nisbətən böyük zaman müddətində xarici qüvvə təsir edirsə, onda maye axır. Bu zaman intervalları 10^{-11} saniyədən saatlara və günlərə qədər dəyişir. Birinci az özlü mayelər üçün, ikinci isə şüşələr üçün xarakterikdir. Əgər qüvvənin təsir müddəti τ-dan çox-çox kiçik olarsa, onda maye axıcılıq yox, bərk cisim xassəsini büruzə verir (o, sadəcə, axmağa macal tapmır). Mayedə bərk cisim üçün xarakterik olan deformasiyalar (sürüşmə, çatlar və s.) yarana bilər. Böyük hündürlükdən suya düşən damcı sudan praktik olaraq bərk cisim kimi geri sıçrayır.

PLAZMA

Kainatda maddənin çox hissəsi plazma halındadır. Plazma – müsbət və mənfi yüklərinin sıxlıqları eyni olan ionlaşmış qazdır. Plazma həm qismən, həm də tam ionlaşa bilər. Qazı

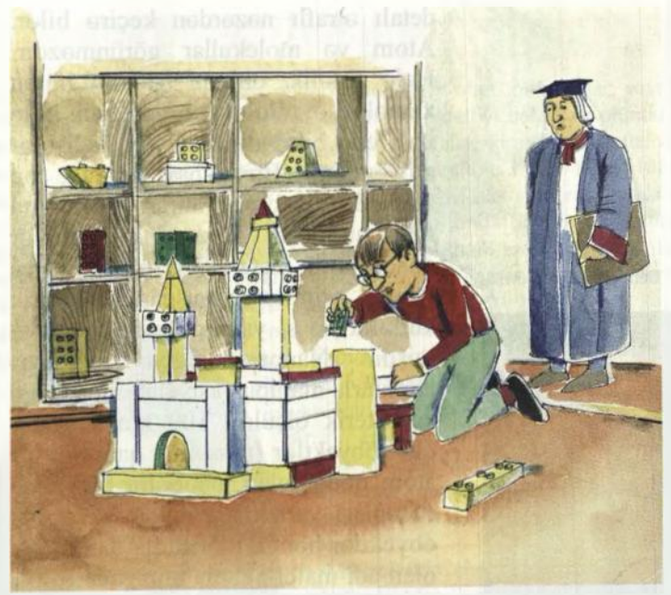
sabit təzyiqdə qızdırmaqla plazma almaq olar: müəyyən temperaturda toqquşmalar nəticəsində molekullar ionlara və elektronlara parçalanmağa başlayır. Məsələn, plazma yanma zamanı meydana çıxır və alov əmələ gətirir.

Temperaturu 10^5 °C-dən kiçik olan plazma *aşağı temperaturlu* (alov, atmosferin yuxarı qatları, qazboşalmaları plazması, ulduz atmosferləri, ulduzlararası mühit və qalaktik dumanlıqlar), temperaturu 10^6 °C-dən böyük olan plazma – *qaynar* və ya *yüksək temperaturlu* plazma adlanır. Qaynar plazmanın halı ulduzların və o cümlədən Günəşin daxilindəki maddəyə xasdır. Plazmanın iki növə bölünməsi yüksək temperaturlu plazmada termonüvə reaksiyalarının gedə bilməsi ilə əlaqədardır.

Qədim zamanlardan od (aşağı temperaturlu plazma) dünyanı əmələ gətirən dörd elementdən biri sayılmışdır. Robert Boyl yazmışdır: "Alov bizim bildiyimiz cisimlərdən ən qızğını olub, o qədər coşqunluqla rəqs edən zərrəciklərdən ibarətdir ki, onlar dəstələr şəklində daim və cəld hər tərəfə uçur və səpilir və ya öz yollarında rast gəldikləri yanar cisimləri dağıdır". Maraqlıdır ki, bizim dövrdə plazmanı çox vaxt maddənin dördüncü aqreqat halı adlandırırlar. Doğrudan da, plazmadakı yüklü zərrəciklərin əhəmiyyətli dərəcədə böyük elektromaqnit qarşılıqlı təsiri hesabına, onun xassələri adi, ionlaşmamış qazın xassələrindən kəskin fərqlənir.

NEYTRON HALI

Çox nəhəng təzyiqlərdə maddə neytron halına keçə bilər. İş ondadır ki, elektronların nüvənin içərisinə basılması zamanı, onların protonlarla birləşməsi baş verir, nəticədə neytronlar



əmələ gəlir. Bu proses maddənin neytronlaşması adlanır.

1967-ci ildə nəhəng sıxlığa (10^{18} kq/m^3-ə qədər) malik olan kosmik obyektləri aşkar etdilər. Müasir təsəvvürlərə görə maddə belə halda mütləq neytronlaşmaya məruz qalmalıdır. Ona görə də adı çəkilən səma obyektləri neytron ulduzları adını almışdır. Onların xassələri Günəşin xassələrindən gözəçarpan dərəcədə fərqlənir. Neytron ulduzu atom nüvəsinin nəhəng oxşarıdır.

Yer şəraitində maddənin neytron halı heç vaxt müşahidə olunmamışdır.

* * *

Materiya quruluşunun ümumi prinsiplərini bilmək bizə nəinki yalnız məlum maddələrin davranışının qanunauyğunluqlarını izah etməyə, həm də yeni materiallar yaratmağa imkan verir. Sonuncu uşaq konstruktoru ilə oyunu xatırladır: bizdə çoxsaylı "detallar" var və biz onlardan bizə lazım olan şeylər yığmağa çalışırıq. Əlbəttə, uşağın işi asandır: o, hər bir

detalı ətraflı nəzərdən keçirə bilər. Atom və molekullar görünməzdir. Hələ üstəlik, onların heç də bütün xassələri öyrənilməyib və elmin hələ izah edə bilmədiyi bir çox hadisələr mövcuddur. Buna baxmayaraq, bu "oyunda" çox şey alınır: maddənin mikroquruluşu haqqındakı biliklər odadavamlı materiallar, möhkəm və yüngül ərintilər, yapışqanlar, plastik kütlələr və s. yaratmağa imkan vermişdir. Nanotexnologiya ayrı-ayrı atomlarla manipulyasiyalar etməyə və xarakterik ölçüləri 100 nm-ə qədər olan obyektlər (məsələn, qalınlığı bir atom qədər olan təbəqələr, nanoborucuqlar) yaratmağa imkan verir; bu obyektlər həmin molekullardan ibarət olan adi materiallarda olmayan xüsusi xassələrə malikdir.

Bencamin Rumford.



Lakin bu biliklərin necə alındığı az adamı maraqlandırır. İnsanlar elmin nailiyyətlərindən istifadə edirlər və onlar uğrunda alimlərin və konstruktorların nə dərəcədə əzəmətli zəhmət çəkdikləri haqqında düşünmürlər. Axı Qədim Yunanıstan alimlərindən istənilən biri atom və molekulların xassələri haqqında müasir biliklərə yiyələnmək üçün hər şeyini qurban verərdi. Demokrit daim özünə suallar verərdi: onlar – materiyanın kiçicik zərrəcikləri necədir? Onları düzgünmü təsəvvür edir? Başlıcası isə, onların mövcudluğuna inanmaqda səhv etmir ki? O deyirdi: "Mən, heç olmazsa, bir hadisənin həqiqi səbəbini tapmağı İran çarı olmaqdan üstün tutardım! Lakin o vaxtlar həqiqəti və ya faktlar sistemini axtarmağın və

İSTİLİYİN TƏBİƏTİNİN BAŞA DÜŞÜLMƏSİ

1620-ci ildə filosof Frensis Bekon (1561-1626) "Yeni orqanon" traktatında ilk dəfə belə bir ideya irəli sürmüşdü ki, istilik hərəkətdir. Analoji baxışların tərəfdarı olan Robert Boyl 1675-ci ildə nümayiş etdirdi ki, sürtünən səthlərin nizamlı hərəkəti istilik doğurur. Bundan sonra istiliyin kinetik nəzəriyyəsini Robert Huk və Daniil Bernulli inkişaf etdirdilər. 1738-ci ildə "Hidrodinamika" əsərində Bernulli qaza, hərəkətlərilə istiliyi doğuran kiçicik zərrəciklər yığını kimi baxırdı. O, qabın divarına qazın göstərdiyi təzyiqi, bu zərrəciklərin birgə fəaliyyətinin nəticəsi hesab edirdi. Buna bənzər fikirləri "İstiliyin və soyuğun səbəbinə dair düşüncələr" əsərində 1744-cü ildə Mixail Vasilyeviç Lomonosov da söyləmişdi. Lomonosov həmin səbəbi "hiss olunmaz fiziki zərrəciklərin qarşılıqlı hərəkətində" görürdü. O, termogen nəzəriyyəsini – istilik törədən maye nəzəriyyəsini, onun təcrübi faktlara zidd olduğunu göstərərək (məsələn, mərmi partlayarkən ətraf mühitin soyuması ilə müşayiət olunmayan küllü miqdarda istiliyin tez bir zamanda ayrılması), istehzalı tənqidə tutmuşdu. Lomonosovun dəlilləri Leonard Eylerə təsir etdi. O, 1752-ci ildə yazmışdı: "İstiliyin cisimdəki kiçik zərrəciklərin müəyyən hərəkətində toplandığı artıq indi kifayət qədər aydındır".

Lakin XVIII əsrin ikinci yarısında istiliyin *substansial* (*lat.* substantia – "əsasında duran") və ya maddi nəzəriyyəsi yenidən hökmranlıq etməyə başladı. Bu nəzəriyyənin banisi kimi Platonu göstərirlər. Platon iddia edirdi ki, həmin nəzəriyyəyə görə, xüsusi, çəkisiz maye olan flüid – termogen (istiliktörədən maye) mövcuddur. Hesab olunurdu ki, termogen bütün materiyaya səpələnib və cisimlərə nüfuz etməyə, onlarla "birləşməyə", bərk cisimləri mayeyə, mayeləri isə qazlara çevirməyə qadirdir. Termogen nəzəriyyəsi istiliyin Günəş işığı ilə verilməsi, ərimə istiliyinin mövcud olması (onu o vaxtlar "gizli istilik" adlandırırdılar), maddələrin xüsusi istilik tutumlarının müxtəlifliyi və s. kimi təcrübi faktları izah edirdi. Kinetik nəzəriyyə isə bunları izah edə bilmirdi, ona görə də o dövrdə alimlərin əksəriyyəti istiliyin maddi nəzəriyyəsinin tərəfində idilər.

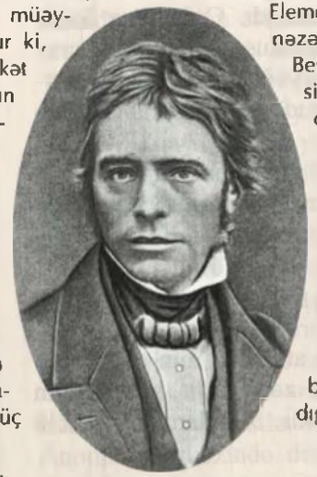
Bununla belə, XVIII əsrin axırından başlayaraq fizika və kimyada istiliyin mexaniki nəzəriyyəsi tədricən kök salmağa başladı. Məsələn, 1798-ci ildə Münxendə məşəcə amerikalı olan qraf Bencamin Rumford (əsil soyadı Tompsondur; 1753-1814) küt burğunun köməyi ilə suda yerləşən top lüləsini sürtmək işinə başladı və 2,5 saat işlədikdən sonra gördü ki, su qaynayır. Elə həmin dövrdə də ingilis Hemfri Devi sürtünmə vasitəsilə buzun ərimәsinə aid təcrübələr apardı. Bu təcrübələr "gizli istiliyi" cismə göstərilən mexaniki təsirlə əlaqələndirməyə imkan verdi. Albert Eynşteyn və Marian Smoluxovski, Braun hərəkətini mayenin mütəhərrik molekullarının zərbələrilə əlaqələndirərək, bu hərəkətin nəzəriyyəsini qurduqdan sonra istiliyin təbiəti məsələsi öz qəti həllini tapdı.

ELEKTRİKİN ATOMU

Bütün maddələr, bir qayda olaraq, elektrik baxımdan neytraldır, ancaq müəyyən şəraitdə onların elektrik xassələri büruzə verir. Belə şərait, məsələn, elektroliz hadisəsi (*yun.* "elektron" – "kəhrəba" və "lizis" – "parçalanma", "həll olunma", "ayrılma") zamanı yaranır ki, bu halda elektrik cərəyanının təsiri altında elektrolit öz tərkib hissələrinə ayrılır. Ayrılma məhsulları elektrolitə batırılmış və hər hansı sabit cərəyan mənbəyilə birləşdirilmiş elektrodlarda toplanır.

Elektrolizin kəmiyyət qanunlarını ingilis fiziki Maykl Faradey (1791-1867) 1833-1834-cü illərdə müəyyən etmişdir. Elektroliz onunla izah olunur ki, elektrolit məhlullarında ionlar (*yun.* "hərəkət edən") əmələ gəlir. Məhlulda molekulların dissosiasiyası (parçalanması) nəticəsində yaranan yüklü atomları işarə etmək üçün Faradey "ion" terminini daxil etmişdi. Alim aşkar etdi ki, molekulları birvalentli atomlardan düzəlmiş müxtəlif maddələrin məhlullarından eyni qədər elektrik yükü keçəndə, həmişə elektrodlarda eyni miqdarda maddə miqdarı, yəni bərabər sayda atomlar ayrılır. Cərəyan ikivalentli ionların məhlulundan keçəndə həmin sayda atom özü ilə Faradey yükünün iki mislini, üçvalentli ionların məhlulundan keçəndə isə üç mislini və s. daşıyır.

Deməli, müxtəlif ionlar e, 2e, 3e və s. yüklərinə malik ola bilər, ancaq e yükünün kəsr hissəsi qədər yükə malik olan ionlara heç vaxt rast gəlinmir. Elektrik yükünün diskretliyi belə kəşf olundu.



Maykl Faradey.

Bununla əlaqədar alman fiziki, kimyaçısı və fizioloqu German Lüdviq Ferdinand Helmholts (1821-1894) 1881-ci ildə yazmışdı: "Əgər biz kimyəvi elementlərin atomlarının mövcudluğunu qəbul ediriksə, onda biz sonrakı nəticəyə də gəlməliyik ki, həm müsbət, həm mənfi elektrik yükləri özlərini elektrikin atomları kimi aparan müəyyən elementar paylara bölünmüşdür".

Elementar, yəni ən kiçik elektrik yükünə dair nəzəri fikirlər çoxdan var idi. Hələ 1749-cu ildə Bencamin Franklin deyirdi: "Elektrikin substansiyası olduqca kiçik zərrəciklərdən ibarətdir...". Elektrik substansiyası "adi materiyadan o mənada fərqlənir ki, materiya zərrəcikləri qarşılıqlı cəzb olunur, elektrik substansiyası zərrəcikləri isə bir-birindən itələnir".

1891-ci ildə elektrik yükünün ən kiçik miqdarını İrlandiya fiziki və riyaziyyatçısı Corc Conston Stoninin (1826-1911) təklifilə elektron adlandırmağa başladılar. Əvvəlcə "elektron" sözü zərrəcik anlayışını bildirmirdi. Bu yalnız birvalentli ionun daşıdığı elementar elektrik yükünün işarəsi idi. Elektronun müəyyən kütləyə və elementar yükə malik olan zərrəcik olması tamam başqa təcrübələrdə sübut olundu.

yoxlamağın etibarlı metodu yox idi ki, öz mühakimələrində ona əsaslanmaq mümkün olsun: qədim yunan alimləri fizikanı sıfırdan yaratdılar. Bilavasitə müşahidələr də çox az kömək edirdi. Əgər görmək həqiqəti müəyyən etməyə kömək etmirsə və yalnız dərin mühakimələrdən yayındırırsa, onda gözlər nəyə lazımdır? Rəvayətə görə, Demokrit dünyanın həqiqi quruluşunu dərk etmək ümidilə öz gözlərini çıxarmışdır...

Antik alimlərin faciəsi onda idi ki, onların sualları cavabların alınması imkanlarını minilliklərlə qabaqlayırdı. Lüdviq Bolsman yazmışdır: "Kainatın ilk nəzəriyyələri necə də uşaq nəzəriyyələri idi... O vaxtlar fantaziya çox səmərəli idi, eksperimentdə onu yoxlamaq cəhəti isə çatışmırdı. Təəccüblü deyildir ki, həmin nəzəriyyələri empiriklər və praktiklər istehza ilə qarşılayırdılar. Bunlara baxmayaraq, onlarda bütün sonrakı böyük nəzəriyyələrin rüşeymləri var idi..." İndi biz Qədim Yunanıstan alimlərindən xeyli çox şey bilirik. Alimlərin zehni sıçrayışları materiyanın quruluşu haqqında çox şeyi başa düşməyə nəinki imkan vermiş, həm də texnologiyanın partlayışlı inkişafına gətirib çıxarmışdır. Bu gün biz təbiətdə heç vaxt olmayan yeni maddələr yarada bilərik. Bununla belə, təbiətin yaratdığı atom-molekulyar konstruktorun imkanlarının böyük hissəsi bizə məlum deyil və böyük kəşflər hələ qabaqdadır.

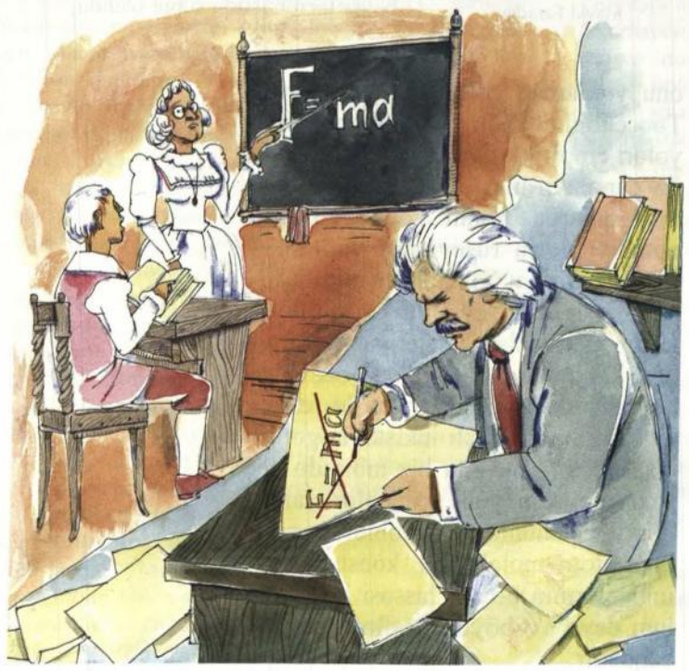
ATOMUN DAXİLİNDƏ

XX əsrin əvvəlində atom-molekulyar hipotezi eksperimental sübut olundu və heç kəsdə şübhə yaratmadı. Ancaq Eynşteynin dediyi kimi: "Təəssüf ki, təbiət qanunları yalnız o vaxt tam başa düşülən olur ki, artıq onların səhv olduğu məlum olur". O dövrə qədər çoxlu miqdarda təcrübi məlumatlar toplanmışdı. Onlar çox kiçik bölünməz, quruluşsuz maddi zərrəciyi kimi təsəvvür edilən atomun təbiətdə mövcud olmadığı nəticəsinə gətirirdi!

Bəs ilkin "atom" anlayışını öz əvvəlki mənasından məhrum edən hansı faktlardır?

KATOD ŞÜALARI

Elektronun – atomdan min dəfə yüngül olan bu zərrəciyin kəşfi atom haqqındakı adi baxışlara ən güclü zərbə vurdu.



Elektronun kəşf tarixi bir neçə on ili əhatə edir. 1858-ci ildə alman şüşəçisi və kustar emalatxananın sahibi Henrix Qeyssler (1815-1879) içərisinə iki elektrod lehimlənmiş və seyrəldilmiş qazla doldurulmuş şüşə boru hazırladı (boru Qeyssler borusu adlanır). Əgər bu elektrodları sabit gərginlik mənbəyinin müxtəlif qütblərinə birləşdirsək, onda dövrədən cərəyan keçər və qaz işıq saçmağa başlayar. Təxminən XIX əsrin ortalarında alman fiziki Yulius Plükker (1801-1868) qaz boşalmaları ilə maraqlanırdı. O, müəyyən etdi ki, boruda qazın keçiriciliyi qazın sıxlığından asılıdır: qazın bir hissəsini borudan sorub çıxaranda keçiricilik artır. Bu zaman məlum oldu ki, hər bir qaz özünəməxsus rəngdə işıq saçır. Beləliklə, 1858-ci ildə Plükker işıqlanan borular ixtira etdi. Hazırda onlardan reklamlarda və müxtəlif şoularda (əyləncə mərkəzlərində) geniş istifadə edirlər. Boruda qazın seyrəkləşməsi artmağa başlayanda katod yaxınlığında "katod ləkəsi" adlanan qaranlıq fəza əmələ gəlir və qazın sonrakı seyrəkləşməsi zamanı o, böyüyüb bütün borunu doldurur. Bu halda boru daha işıq saçmır. Plükkerin tədqiqatları (1859-cu il) göstərdi ki, həmin bu qaranlıq fəzanı gözə görünməyən hansı isə "şüalar" yarıb keçir. Sonralar bu şüalar *katod şüaları* adlandırıldı.

Katod şüalarının əsas xassələri ingilis fiziki və kimyaçısı Uilyam Kruks (1832-1919) bir sıra parlaq təcrübələrin köməyi ilə müəyyən edildi. Bu təcrübələri o, Kruks boruları adlanan borular vasitəsilə aparmışdı. Çox seyrəldilmiş qazla dolu həmin borulara o, cürbəcür formalar vermişdi. Əgər katod şüalarının yoluna metal ekran (Kruks Malta xaçından istifadə etmişdi) qoysaq, onda

borunun əks tərəfində onun kölgəsi müşahidə olunar. Deməli, boru daxilində katod şüaları düz xətt boyunca yayılır. Kruks borunun daxilində 1875-ci ildə özünün ixtira etdiyi radiometri yerləşdirərək aşkar etdi ki, o, katod şüalarının yolunda olduqda fırlanmağa başlayır, yəni katod şüaları mexaniki təsirə malikdir. Maqniti yaxınlaşdıranda şüalar dəstəsi və onların yaratdığı kölgə kənara meyil edir – deməli, katod şüaları özləri ilə elektrik yükü daşıyır. Alim hesab etdi ki, katod şüaları şüalanan materiyadır və maddənin dördüncü və ya "ultraqaz halıdır. Bu hal qaz halından, qaz halı isə maye halından uzaq olduğu qədər uzaqdır".

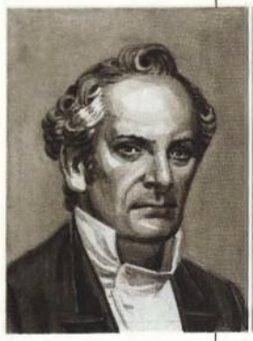
Uilyam Kruks və bəzi digər tədqiqatçılar fərz edirdilər ki, katod şüaları sorulmadan sonra borudakı qalıq qaz molekulları tərəfindən yaranır. Katoda toxunaraq, onlar mənfi yük qazanır və eyni adlı yüklə yüklənmiş elektroddan itələnir.

Kruksun molekulyar hipotezi ilə yanaşı başqa bir hipotez – dalğavari hipotez də mövcud olmuşdur. Alman fizikləri Qustav Henrix Videman (1826-1899), Henrix Rudolf Herts (1857-1894) və Filipp Eduard Anton Lenard (1862-1947) dalğavari hipotezi müdafiə edirdilər. Bu hipotezə görə katod şüaları bütün Kainat fəzasını dolduran görünməyən xüsusi bir mühitin – efirin həyəcanlanması ilə əlaqədardır. Ancaq dalğavari hipotez katod şüalarının maqnit sahəsində meyil etməsinə zidd idi (maqnit sahəsi dalğaya təsir etmir). Lakin Kruksun hipotezi başqa bir faktı – 1892-ci ildə müəyyən olunmuş faktı izah edə bilmirdi: katod şüaları nazik alüminium lövhəciklərindən keçir. Aydın deyildi ki, elektriklənmiş molekullar bərk cisimdən keçməyi necə "bacarırlar". Bununla belə, fransız fiziki Jan Batist Perrenin 1895-ci ildə apardığı təcrübələr aşağıdakıları göstərirdi: katod şüaları mənfi elektrik yükünə malikdir, belə ki, onların dalğa təbiətinə yox, maddi təbiətə malik olması daha ehtimallıdır.

COZEF CON TOMSON TƏCRÜBƏLƏRİ

Katod şüalarının təbiətinin müəyyən olunmasında ingilis fiziki Cozef Con Tomsonun (1856-1940) apardığı təcrübələr həlledici rol oynadı. Eksperimentə başlayarkən o yazmışdı: "Bu nə zərrəciklərdir? Bunlar atomlar, yoxsa molekullardırmı və ya daha incə bölünmüş halda olan materiyadırmı?" Onun eksperimental qurğusu vakuum elektron-şüa borusundan ibarət idi. Katod şüalarının mənbəyi közərdilmiş *K* katodu idi. Bu şüalar *A* anodu və *K* katodu arasındakı elektrik sahəsi vasitəsilə sürətləndirilir. Anodun mərkəzində deşik vardı. Bu deşikdən keçən və *υ* sürətilə düzxətli yayılan katod şüaları, borunun anod deşiyi qarşısındakı *S* divarında olan *G* nöqtəsinə düşür. Əgər *S* divarı fluoressensiyaedici maddə ilə örtülüdürsə, onda zərrəciyin *G* nöqtəsinə düşməsi özünü işıqlanan ləkə kimi büruzə verəcəkdi. Zərrəcik *A*-dan *G*-yə qədər olan yolu *CD* kondensatorunun lövhələri arasından keçir. Həmin lövhələrə batareyadan gərginlik tətbiq oluna bilir.

Əgər bu batareyanı dövrəyə qoşsaq, zərrəciklər dəstəsi onda onun elektrik sahəsində meyil edir və *S* ekranında G_1 nöqtəsində ləkə əmələ gətirir. Kondensatorun lövhələri arasındakı fəzada əlavə olaraq şəkil müstəvisinə perpendikulyar olan bircins maqnit sahəsi (bu sahə səkildə nöqtələrlə göstərilmişdir) yaratmaqla, ləkənin həmin istiqamətdə və ya əks



Yulius Plükker.



Uilyam Kruks.



Kruks borusu.



Cozef Con Tomson.

istiqamətdə meyil etməsinə nail olmaq olar.

Təcrübələr elə şəraitdə aparılmışdır ki, katod şüalarının (Cozef Con Tomsonun terminologiyasına görə – korpuskulların) elektrik sahəsindəki meyli maqnit sahəsinin təsiri ilə kompensasiya edilmişdir (bu halda ləkə *G* nöqtəsində yaranır). Zərrəciyə təsir edən elektrik və maqnit qüvvələrini bərabərləşdirərək, zərrəciklərin sürətini, bir az əlavə tədqiqatın köməyi ilə isə həm də onların xüsusi yükünü, yəni zərrəciyin yükünün onun kütləsinə olan e/m nisbətini tapmaq olar. Bu nisbət, ən yüngül ion olan hidrogen ionunun buna qədər başqa təcrübələrdən tapılmış xüsusi yükündən təxminən 1840 dəfə böyükdür. Əgər korpuskulun yükünün modulca hidrogen ionunun yükünə ($1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *Kl*) bərabər olduğunu fərz etsək, onda deyə bilərik ki, katod zərrəciyinin kütləsi hidrogen ionunun kütləsindən təxminən 1840 dəfə kiçikdir.

Kütləsi $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kq olan və ən kiçik elektrik yükünə malik olan ilk elementar zərrəcik bu cür kəşf olundu. Bundan sonra ona elektron adını verdilər. Cozef Con Tomsonun öz tədqiqatları haqqında məruzə etdiyi 1897-ci il 30 aprel tarixi elektronun "doğum günü" hesab olunur. Təcrübələr həm də göstərdi ki, katod şüaları üçün e/m nisbəti boşalma borusunu dolduran qazın təbiətindən asılı deyil. Buradan tamamilə təbii bir nəticə çıxırdı: elektron bütün atomların tərkibinə daxildir.

Elektronun kəşfi yeni problemlər doğurdu. Atomun daxilində elektronları nə saxlayır? Orada onlar nə qədərdir? Onlar necə hərəkət edir və onların hərəkəti atomun şüalanması ilə necə əlaqədardır? Atomun daxilində elektronların mənfi yükünü kompensasiya edən nədir (axı bütövlükdə atom neytraldır)?

Fluoressensiya (*lat.* fluorum – "ftor" və escendere – "çıxmaq, "doğmaq", "qalxmaq") – bəzi maddələrin işığın onlara təsirindən sonra qısa müddət ərzində sönən işıq saçmasıdır.

Fosforessensiya (*yun.* "fos" – "işıq" və "foros" – "daşıyan") – qabaqcadan işıqlandırılmanın doğurduğu və işıqlandırılma kəsildikdən sonra davam edən işıqsaçmadır.

"BEKKEREL ŞÜALARI"

Atom fizikasının inkişafında XIX yüzilliyin sonunda edilmiş digər kəşflər də mühüm rol oynamışdır.

1896-cı ildə fransız fiziki Antuan Anri Bekkerel (1852-1908) xoşbəxt təsadüf nəticəsində tamamilə yeni növ şüalanma kəşf etdi. Bu belə baş vermişdi: Bekkerel əvvəlcədən Günəş işığı ilə uzun müddət şüalandırılmış fosforessensiya verən maddələrin rentgen şüaları buraxması imkanlarını öyrənirdi. Alim təcrübəni hazırladı, ancaq hava korlandığına və göydə Günəş qısa müddətdə göründüyünə görə onu dərhal yerinə yetirə bilmədi. Bekkerelin qurğusunda qara parçadan hazırlanmış çərçivənin içərisində alüminium lövhə ilə örtülmüş fotolövhə var idi. Lövhənin üzərinə nazik mis xaç qoyulmuş, onların üstündə isə kalium və uran iki sulfat preparatı yerləşdirilmişdi. Hava pis olduğundan bunların hamısını o, öz stolunun qutusunda gizlətdi.

Hava bir neçə gün düzəlmədi və Bekkerel fotolövhəni aydınlaşdırmaq qərarına gəldi. Onu təəccübləndirən bu oldu ki, fotolövhənin üzərində xaçın çox aydın konturları alınmışdı. Beləliklə, birdən-birə məlum oldu ki, fotoqrafik effekt almaq üçün uran filizini heç də qabaqcadan Günəş işığında işıqlandırmağa ehtiyac yox imiş. Kəşf etdiyi hadisəni öyrənən fizik belə nəticəyə gəldi ki, uranın bütün duzları öz mənşəyindən asılı olmayaraq, eyni təbiətli şüalanma buraxır. Şüalanmanın intensivliyi yalnız duzda olan uranın miqdarından asılıdır, yəni şüalanma qabiliyyəti sırf atomun xassəsi olub, uran elementi üçün xarakterikdir.

1898-ci ildə ər-arvad Mariya Sklodovskaya-Küri (1867-1934) və Pyer Küri (1859-1906) minerallarda

ELEKTRONUN YÜKÜNÜN TƏYİNİ

Amerika fiziki Robert Endrus Milliken (1868-1953) 1910-cu ildən başlayaraq, elektronun yükünə dair ölçmələri ən böyük dəqiqliklə yerinə yetirdi. Onun istifadə etdiyi metod çox kiçik yağ damcılarının yükünün təyin edilməsinə əsaslanmışdı. Belə damcılar kondensatorun lövhələri arasına tozlandırılırdı. Pulverizatorun boğazından keçərkən, sürtünmə sayəsində damcılar elektriklənir.

Ayrıca bir damcının hərəkətini mikroskopda müşahidə etmək olar. Kondensatorun lövhələri batareyaya qoşulmadıqda, damcılar sərbəst düşəcək. Çox kiçik ölçüləri olduğuna görə, damcı tez bir zamanda bərabər sürətlə düşməyə başlayır və bu zaman onun ağırlıq qüvvəsi, Arximed qüvvəsini nəzərə almaqla, havanın müqavimət qüvvəsi ilə tarazlaşır.

Kondensatorun lövhələri arasında elektrik sahəsi yaratmaqla, damcını müəyyən v sürətilə şaquli yuxarı hərəkət etməyə məcbur etmək olar. Rentgen şüaları vasitəsilə havanın ionlaşdırılması damcının yükünü (bu zaman damcı havada əmələ gəlmiş əks işarəli ionu özünə cəzb edir) və bununla da onun hərəkət sürətini dəyişməyə imkan verir.

Bu cür əməliyyat bir neçə dəfə təkrarlanır. Hər növbəti şüalanmadan sonra damcının sürətinin Δv sıçrayışını təyin etməklə, onun yükünün buna uyğun Δq dəyişməsini də tapmaq olar.

Milliken təcrübələri göstərdi ki, yükün bu dəyişmələri eyni bir kəmiyyətin tam mislilərinə bərabərdir. Beləliklə, bilavasitə sübut olundu ki, elektrik yükü diskret vahidlərdən ibarətdir və təbiətdə $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Kl elementar yükü və onun maddi daşıyıcısı – elektron mövcuddur.

Milliken öz təcrübələrinin nadir dəqiqliyinə və əhəmiyyətinə görə 1923-cü ildə fizika üzrə Nobel mükafatı ilə təltif olundu.



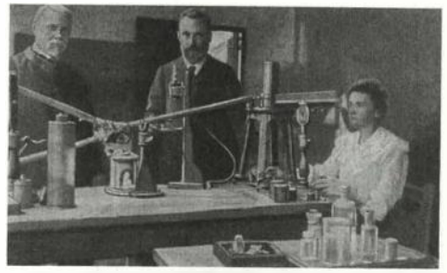
Robert Endrus Milliken.

urandan daha aktiv element aşkar etdilər. Onu *radium* (*lat.* radius – "şüa") adlandırdılar. Onlar elə həmin il maddənin "Bekkerel şüaları" buraxmaq qabiliyyətini büruzə vermək üçün *radioaktivlik* terminini elmə daxil etdilər. Kembric universitetinin məşhur Kavendiş laboratoriyasında radioaktivlik hadisəsini öyrənən Ernest Rezerfordun verdiyi tərifə görə, "radioaktivlik – kimyəvi dəyişikliklərlə müşayiət olunan atom hadisəsidir ki, bu zaman yeni növ maddələr alınır. Bu dəyişikliklər atomun daxilində baş verməlidir, radioaktiv elementlər isə, yəqin ki, atomların spontan çevrilmələridir... Ona görə radioaktivliyə atomdaxili kimyəvi proseslərin təzahürü kimi baxmaq lazımdır". Rezerford 1897-1899-cu illərdə apardığı təcrübənin köməyi ilə müəyyən etdi ki, "uranın buraxdığı şüalanma mürəkkəbdir və ən azı iki müxtəlif növ şüalanmadan ibarətdir: onlardan birini, çox tez udulanı, əlverişli olsun deyə, α-şüalanma; digərini, daha çox nüfuz edə bilən şüalanmanı isə β-şüalanma adlandıraq". 1900-cü ildə fransız alimi Pol Ulriş Villar (1860-1934) müəyyən etdi ki, radioaktiv şüalanmanın, əvvəllər gözdən qaçmış, üçüncü toplananı da var. O, maqnit sahəsində meyil etmir və deməli, öz təbiətinə görə elektromaqnit şüalanmadır. Onu *qamma şüalar* adlandırdılar.

Bekkerel müxtəlif radioaktiv maddələrin buraxdığı beta şüalarını tədqiq edərək göstərdi ki, onların sürəti müx-



Antuan Anri Bekkerel. Beynəlxalq seriyadan olan "Xərçəngə qarşı mübarizə" markası.



Pyer Küri (mərkəzdə) və Mariya Sklodovskaya-Küri laboratoriyada.

təlif olur və elektrik sahəsində meyil edir. Küri ər-arvadları isə şüaların mənfi yükə malik olduğunu müəyyən etdilər. Beta-zərrəciklərin xüsusi yükünün Bekkerel tərəfindən ölçülməsi isə bu zərrəciklərin elektron olduğunu müəyyən etməyə imkan verdi.

Alfa şüaların təbiətini aydınlaşdırmaq üçün Ernest Rezerford bir neçə il çox zəhmət tələb edən eksperimentlər aparmalı oldu. 1903-cü ildə bu şüaların elektrik və maqnit sahələrindəki meylinə görə alim sübut etdi ki, onlar müsbət yüklü zərrəciklərdən ibarətdir. Onun 1909-cu ildə həyata keçirdiyi qəti təcrübələr müəyyən etməyə imkan verdi ki, alfa zərrəciklər ikiqat ionlaşmış helium atomlarıdır.

Atomlardan alfa və beta zərrəciklərin çıxması ilə əlaqədar olaraq, atomların mürəkkəb quruluşa malik olduğuna şübhə qalmadı.

GÖRÜNMƏZ İŞIQ

Hələ antik dövrlərdən məlum idi ki, Günəş şüaları özləri ilə işıqla yanaşı istilik də gətirir və bu istiliklə istilik şüaları bağlıdır. 1800-cü ildə ingilis astronomu və optiki Uilyam Herşel (1738-1822) mühüm bir kəşf etdi. Həssas termometri Günəş spektri boyunca bərabər sürətlə hərəkət etdirərkən o aşkar etdi ki, cihazın göstərdiyi temperatur spektrin bənövşəyi ucundan qırmızı ucuna doğru yer dəyişərkən nəinki arasıkəsilmədən artır, həm də onun maksimumu ümumiyyətlə, spektrin qırmızı hissəsindən əvvələ və gözlə görünməyən oblastına düşür. Bununla da, *infraqırmızı şüalanma* kəşf olundu.

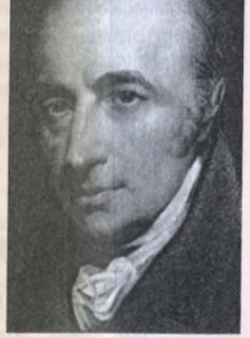
1801-ci ildə alman fiziki İohann Vilhelm Ritter (1776-1810) gümüş xloridin köməyi ilə (o, işıq şüalarının təsiri altında qaralır) işıq spektrinin müxtəlif hissələrinə uyğun şüalanmanın kimyəvi təsirini tədqiq etmişdi. Alim müəyyən etdi ki, şüalanmanın kimyəvi təsiri spektrin qırmızı hissəsindən bənövşəyi hissəsinə doğru tədricən artır və bənövşəyi oblastın arxasında – gözün artıq heç bir işıq şüalarını qavramadığı bir yerdə maksimuma çatır. Bununla da, *ultrabənövşəyi şüalanma* kəşf olundu. Ritterdən asılı olmadan, onu 1801-ci ildə ingilis fiziki və kimyaçısı Uilyam Hayd Vollaston (1766-1828) da aşkar etmişdi.

Sonralar, işığın elektromaqnit dalğaları olduğu sübut edildikdən sonra, hər bir müəyyən rəngli dalğaya λ ilə işarə olunan bir fiziki kəmiyyət aid etdilər. Bu fiziki kəmiyyəti 1803-cü ildə ingilis fiziki Tomas Yunq (1773-1829) *dalğa uzunluğu* adlandırdı. Ən uzun dalğalar (6500 A) qırmızı rəngə, ən qısa dalğalar (4100 A) isə bənövşəyi rəngə uyğundur.

1895-ci ildə Vürsburq universitetindən olan alman eksperimentator-fiziki Vilhelm Konrad Rentgen (1845-1923), o dövrdə bir çoxları kimi, katod şüalarını tədqiq edirdi. Bir



Uilyam Herşel.



Uilyam Hayd Vollaston.

dəfə o gördü ki, fluoressensiya edən barium duzu ilə örtülmüş və işləyən Kruks borusundan kənarda duran kağız vərəqi işıq saçır. Uzun və gərgin zəhmətdən sonra Rentgen belə nəticəyə gəldi ki, o, yeni növ şüalanma – *X-şüaları* (və ya *Rentgen şüaları*) kəşf etmişdir. Bu şüalanma katod şüalarının düşdüyü yerdə alınırdı.

Rentgen içərisində kiçik çəki daşları olan bağlı taxta qutunun fotoşəklini çəkdi. Fotoşəkildə çəki daşlarının təsvirləri aydın görünürdü. Əlin sümükləri aydın görünən ilk rentgenoqramı da məhz o almışdı. Bütün bunlar geniş kütlə qarşısında nümayiş etdirilmiş və ictimaiyyətin (xüsusilə də tibdə istifadəsinin perspektivləri ilə əlaqədar) böyük marağına səbəb olmuşdu. Şüalanmanın xassələri təsəvvürə sığmırdı: şüalanma asanlıqla insan bədəninə nüfuz edir və hətta qalın polad seyf qapılarından keçirdi.

ATOMLARIN "PORTRETİ"

1666-cı ildə ağ işıq şüasını şüşə prizmadan keçirən Nyuton, ekranda göy qurşağının bütün rənglərini özündə əks etdirən rəngli zolaq aldı. Alim onu *spektr* (*lat.* spektrum – "görünən", "təsvir") adlandırdı. 1801-ci ildə ingilis fiziki Tomas Yunq (1773-1829) müəyyən etdi ki, insanın qavradığı rəng işıq dalğasındakı rəqslərin tezliyi ilə təyin olunur. Başqa sözlə, müxtəlif tezlikli işıq dalğaları insanda müxtəlif rəng duyğusu doğurur.

Göy qurşağının yeddi rəngi yalnız əsas rənglərdir. Əslində isə onlar arasında bir-birinə səlis keçən aralıq rənglər də mövcuddur. Ona görə də deyirlər ki, Günəş işığı *kəsilməz* (*bütöv*) *spektrə* malikdir.

Atomar qaz halında olan maddələrin spektrləri başqa xarakterə malikdir. Bu spektrlərə yalnız ayrı-ayrı tezliklər daxildir ki, onlara da ekranda birbirindən qaranlıq aralıqlarla ayrılmış rəngli (spektral) xətlər uyğundur. Bu cür spektrləri *xətti spektrlər* adlandırırlar. 1834-cü ildə ingilis fiziki və kimyaçısı, kağız üzərində fotoqrafiyanın ixtiraçısı Uilyam Henri Foks Tolbot (1800-1877) belə bir ideya irəli sürdü ki, şüalanma spektrindəki hər



Pyer və Mariya Küri. Beynəlxalq seriyadan olan "Xərçəngə qarşı mübarizə" markası.

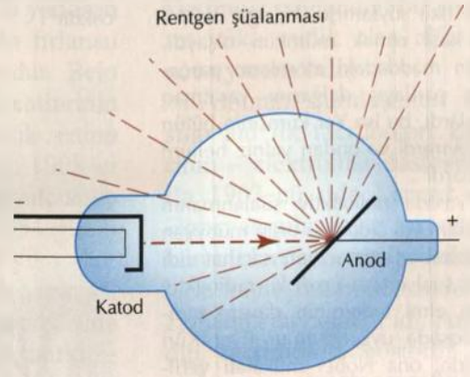
Rentgenin tədqiqatları göstərdi ki, X-şüaları maqnit sahəsində meyil etmir və deməli, zərrəciklər seli deyil. Yalnız iki onillik dövr keçəndən və bir sıra eksperimentlərdən sonra müəyyən olundu ki, işıq kimi rentgen şüalanması da elektromaqnit təbiətlidir. İşıqdan fərqli olaraq, o yalnız çox kiçik 10^{-8}–10^{-9} sm-ə yaxın dalğa uzunluğu ilə xarakterizə olunur. Özü də Rentgen şüalanması *sərt şüalanma* və *yumşaq şüalanma* kimi iki yerə bölünür. Sərt (qısa dalğalı) şüalanma böyük nüfuzetmə qabiliyyətinə malikdir, yumşaq şüalanma isə bütün maddələr tərəfindən, demək olar ki, güclü udulur.

Tədqiqatın gedişində iki növ Rentgen şüalanması aşkar olundu: tormozlanma və xarakteristik Rentgen şüalanmaları. Bunlardan birincisi elektronların bərk hədəfə dəyərək, tormozlanması nəticəsində yaranır və hədəfin maddəsindən asılı olmur. Tormozlanma şüalanmasının intensivliyi qısa uzunluqlu dalğalar tərəfdən birdən-birə qırılır.

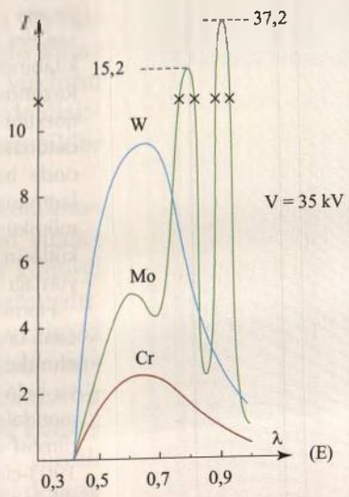
Hədəflə toqquşan elektronların enerjisi hədəf maddəsi ilə şərtlənən müəyyən bir böhran qiymətinə çatanda kəsilməz spektrin fonunda kəskin maksimumlar alınır. Həmin maksimumlar müxtəlif maddələr üçün müxtəlif olan ayrı-ayrı diskret xətlərdən ibarətdir, xarakteristik şüalanmanı təyin edir. Bu şüalanma atomun quruluşunun mürəkkəb olduğunu təsdiq edir.



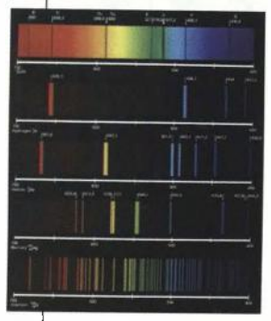
Vilhelm Konrad Rentgen.



Rentgen aparatının sxemi.



Rentgen spektri.



Spektrlərin tipləri: 1 – kəsilməz spektr, 2–4 – xətti buraxma spektrləri.

bir işıqlı xətt onu şüalandıran kimyəvi element (atom) üçün xarakterikdir. Başqa sözlə, hər bir kimyəvi elementin şüalanma spektri onun özünə məxsusdur və heç bir başqa kimyəvi elementin spektri ilə üst-üstə düşmür. Bu ideya sonralar alman kimyaçıları Qustav Robert Kirxhofa (1824-1887) və Robert Vilhelm Bunzenə (1811-1899) imkan verdi ki, maddənin kimyəvi tərkibini onun spektrinə əsasən təyin etmək üçün metod – *spektral analiz* metodunu işləyib hazırlasınlar.

Şüalanmanın xətti spektrləri, bir növ, atomların portretinə çevrildi. Bu spektrlərə əsasən, kriminalistikada şübhəli şəxsin barmaq izlərinə görə, günahkarın müəyyən edilməsində olduğu kimi, verilmiş maddənin hansı atomlardan əmələ gəldiyini bilmək olar.

ATOMUN MODELLƏRİ

Elektronun və radioaktivliyin kəşfi ilə yanaşı, spektral qanunauyğunluqların aşkar edilməsi qəti olaraq belə bir fikir doğurdu ki, atom bölünməz deyil, nə cürsə bir quruluşa malikdir. Belə bir şəraitdə müxtəlif alimlər atomun quruluşunun, bütün bu hadisələri izah edə biləcək modellərini təklif etməyə başladılar.

Bu cür ilk modellərdən biri Uilyam Tomsonun (1892-ci ildən lord Kelvin;

ELMDƏN GƏLƏN TƏHLÜKƏ

1903-cü ildə Pyer Küri aşkar etdi ki, uran duzları arasıkəsilmədən, radioaktiv preparatın kütləsinin kiçik olduğunu nəzərə alsaq, çox böyük miqdarda istilik verir. Bu münasibətlə Rezerford yazmışdı: "...indi dəqiq müəyyən olunub ki, bəzi elementlərin atomları külli miqdarda enerji ayrılması ilə müşayiət olunan spontan parçalanmaya məruz qalır, bu enerji adi molekulyar şəkildəyişmələri zamanı ayrılan enerji ilə müqayisədə olduqca böyükdür". İngilis alimi Vetgem özünün "Fizikanın müasir inkişafı" kitabında (1904-cü il) yazmışdı: "Professor Rezerford bu kitabın müəllifinə zarafatla qorxulu bir fikir söyləmişdi ki, əgər lazımi detonator kəşf etmək mümkün olsaydı, onda bütün maddədəki atomların parçalanmasının partlayış dalğasını yaratmaq mümkün olardı, bu isə Yer kürəsinin bütün kütləsini çevirərdi və ondan yalnız helium yumağı qalardı".

Həmin vaxtda radioaktiv şüalanmanın canlı orqanizmlərə öldürücü təsiri müəyyən olundu. Bu xəbər ictimaiyyəti narahat etdi və belə bir sual ortaya çıxdı ki, radioaktiv maddələrin elmi tədqiqinin davam etdirilməsi məqsədə uyğundurmu? Pyer Küri 1903-cü ildə, ona Nobel mükafatı verildikdən sonra demişdi: "Cinayətkar əllərdə radium çox qorxulu ola bilər və biz indi özümüzə sual verməliyik ki, bəşəriyyət təbiətin sirlərinə yiyələnməkdən fayda qazanırmı, onlardan istifadə etmək üçün kifayət qədər kamilləşmişdirmi, bu bilik bəşəriyyətə ziyan gətirməyəcəkdir ki. Nobelin kəşfi misalı çox xarakterikdir. Güclü partlayıcı maddələrin olması nəhəng işlər görməyi mümkün etdi. Lakin bununla bərabər, cinayətkar əllərdə partlayıcı maddələr xalqları müharibələrə cəlb edən qorxulu və dağıdıcı bir vasitədir.

Mən Nobelin fikrinin tərəfində dururam ki, bəşəriyyət yeni kəşflərdən pis şeylərə nisbətən, daha çox yaxşı şeylər əldə edəcəkdir".



1824-1907) təklif etdiyi "burulğanlı atom" nəzəriyyəsi idi. Bu nəzəriyyəyə görə atom təcrübəli siqaret çəkən adamın ağzından buraxdığı tüstü halqalarına oxşar quruluşa malikdir. Qustav Robert Kirxhof deyirdi: "Bu çox gözəl nəzəriyyədir, çünki o, istənilən başqasını istisna edir". Bəziləri inanırdılar ki, "oksigen atomu halqa formasında, kükürd atomu isə kökə formasındadır" və s. Ancaq başqa fikirlər də mövcud idi.

Jan Batist Perren 1901-ci ildə "atomun nuklear-planetar quruluşuna" baxdı. O hesab etdi ki, atomun mərkəzində müsbət yüklü zərrəcik yerləşir və bu zərrəcik onun yükünü kompensasiya edən müəyyən sayda elektronlarla əhatə olunmuşdur. Fərz olunurdu ki, bu yüklər sistemi daxili elektromaqnit qüvvələrinin təsiri sayəsində dinamik stabildir, sistemin fırlanma periodları isə atomun şüalanma spektrinin uyğun tezlikləri ilə (dalğa uzunluqları ilə) əlaqələndirilirdi.

Buna oxşar fikirləri 1904-cü ildə yapon fiziki Xantaro Naqaoka (1865-1950) söyləmişdir. O, atomun daha bir modelini ("Saturn tipli atom") təklif etmişdi. O hesab edirdi ki, müsbət yüklü mərkəzi zərrəcik birbirindən bərabər məsafələrdə yerləşən və eyni bir bucaq sürəti ilə fırlanan elektronlarla əhatə olunmuşdur. Belə olduqda atomun şüalanma xətlərinin yaranması elektronların kiçik eninə rəqsləri ilə əlaqələndirilirdi. 1908-ci ildə isə fransız fiziki, riyaziyyatçısı və filosofu Jül Anri Puankare (1854-1912) yazırdı: "Qazların keçiriciliyinə dair bütün təcrübələr bizə əsas verir ki, atoma kütləcə təxminən atomun özünə bərabər olan müsbət yüklü mərkəzdən ibarət kimi baxaq, elektronlar isə bu mərkəzə cəzb olunmaqla, onun ətrafında fırlanır".



Cozef Con Tomson (sağda) və Ernest Rezerford.

Lakin bu cür fikirlər eksperimentlə əsaslandırılmırdı, mücərrəd xarakter daşıyırdı və müsbət nəticələrə gətirmədi. 1903-cü ildə Cozef Con Tomson lord Kelvinin ideyalarını inkişaf etdirərək, atomun "damcı" və ya "keks" modelini təklif etdi. Bu modeldən öz vaxtında geniş istifadə olundu. Bu modelə görə atom – "bircins və müsbət elektriklənmiş sferadır", onun daxilində isə müsbət yükü neytrallaşdıran, müəyyən sayda elektronlar səpələnmişdir (keksdəki kişmişlər kimi). Atomun işıq buraxmasına elektronların öz tarazlıq vəziyyətləri ətrafında baş verən rəqslərinin nəticəsi kimi baxılırdı.

Lakin Cozef Con Tomsonun modeli də uğursuz oldu, ona görə ki, elektrostatik yüklər sistemi dayanıqlı ola bilməz. Bundan başqa, tamamilə anlaşılmaz qalırdı ki, müsbət yüklərin kəsilməz paylandığı bir şəraitdə diskret yükə malik olan alfa-zərrəciklər necə yarana bilər.

Atomun quruluşunun öyrənilməsinə aid ilk təcrübələri katod şüalarının – elektronlar dəstəsinin köməyi ilə 1903-cü ildə Lenard aparmışdır. Əgər atomlar ağır və nüfuzedilməz küreciklərdirsə, onda elektronlar onlarla toqquşma nəticəsində çox tez bir zamanda dayanmalı idi. Ancaq Lenardın təcrübələri göstərdi ki, sürətli elektronlar atomlar tərəfindən, demək olar ki, heç tormozlanmır. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, atomun



daxilində "boş" fəza vardır. Atomun Lenard tərəfindən təklif edilən "dinamid" nəzəriyyəsi də alimləri qane etmədi. Atomun modelini müəyyən etmək və onu eksperimental olaraq əsaslandırmaq 1911-ci ildə yalnız Ernest Rezerforda müyəssər oldu. Atomun bu modeli *nüvə modeli* və ya *planetar model* adlanır. Bu model sonra atomun quruluşuna dair müasir təsəvvürlərə gətirib çıxardı.



Hans Heyger.



Ernest Marsden.

NÜVƏNİN KƏŞFİ

Rezerfordun assistenti Hans Heyger (1882–1945) 1909-cu ildə onun kabinetinə göz gəzdirərək, alimə müraciət etdi: "Mən gənc Marsdenə radioaktivliyi tədqiq etməyin üsullarını öyrədirəm. Sizə elə gəlmirmi ki, o, kiçik müstəqil tədqiqata başlamalıdır?" Rezerford razılaşdı və təklif etdi ki, nazik metal folqadan keçən alfa-zərrəciklərin böyük bucaqlar altında səpilib-səpilmədiyini müşahidə etməyi ona tapşırsın.

Sonradan Rezerford etiraf etmişdi ki, həmin vaxt onun özü də buradan bir şey alınacağına inanmırdı. O yazmışdı: "Axı biz bilirdik ki, alfa-zərrəcik çox böyük sürətlə hərəkət edən və nəhəng enerji ehtiyatına malik olan ağır zərrəcikdir. Asanlıqla göstərmək olardı ki, əgər səpilmə bir sıra kiçik bucaqlar altında səpilmələrin toplanması effektidirsə, onda alfa-zərrəciyin əks istiqamətdə səpilməyə məruz qalması ehtimalı yox dərəcəsindədir".

Buna baxmayaraq, Heyger və Ernest Marsden (1889–1970) eksperimentlərə başladılar. Onların istifadə etdiyi qurğuda radioaktiv preparatın buraxdığı dar alfa-zərrəciklər dəstəsi nazik folqadan keçir və sonra sink kükürdlə örtülmüş ekrana düşürdü. Ekranla toqquşanda zərrəciklər zəif işıqlı parıltılar – *sintilyasiyalar* (*lat.* scintillatio – "sayrışma") doğururdu. Həmin parıltıları qaranlıqda mikroskopla görmək mümkün idi. Cihazın konstruksiyası ekranla birlikdə mikroskopu qurğunun mərkəzindən keçən şaquli ox ətrafında döndərməyə və müxtəlif θ bucaqları altında səpilən alfa-zərrəcikləri saymağa imkan verirdi.

Marsdenin və Heygerin məlumatlarına görə nazik qızıl folqadan (onun qalınlığı cəmi 0,0004 mm idi) keçərkən alfa-zərrəciklərin səpildiyi ən ehtimallı bucaq 0,87° təşkil edirdi. Deməli, bu zərrəciklər folqadan praktik olaraq maneəsiz keçməyə qadirdir. Eksperimentatorlar aşkar edəndə ki, hər 20 min alfa-zərrəcikdən təxminən biri geriyə, yəni θ > 90° bucaq altında səpilir, onlar çox təəccübləndilər!

Bu nəticə Rezerfordu çox həyəcanlandırdı. Sonralar o xatırlayırdı: "Yadımdadır... Heyger çox həyəcanlı halda mənə yaxınlaşdı və dedi: "Biz geriyə qayıdan alfa-zərrəcikləri müşahidə edə bildik..." Bu, o qədər ağlasığmaz idi ki, sanki, siz 15 dyümlü mərmilə papiros kağızının qırıntısına



atəş açırsınız, mərmi isə geriyə qayıdıb sizə dəyir".

Alfa-zərrəciyi geriyə nə itələmişdi? Bəlkə də bu, zərrəciyin folqa atomları ilə çoxqat toqquşmasının nəticəsidir? Çətin. Çünki belə olduqda zərrəcik maddənin daxilində hərəkət edərkən, gah bu, gah da digər tərəfə eninə dəyişmələrə meyil edərdi ki, nəticədə orta hesabla səpilmə bucağı üçün sıfıra yaxın qiymət alınardı. Belə olan surətdə, hesablamaların göstərdiyi kimi, θ > 90° bucağı altında səpilmənin ehtimalı fantastik kiçik olardı, yəni $3 \cdot 10^{-2174}$-ə bərabər olardı!

Uzun düşüncələrdən sonra Rezerford belə nəticəyə gəldi: "Alfa-zərrəciyin kütləsi, impulsu və kinetik enerjisi elektronu xarakterizə edən uyğun kəmiyyətlərlə müqayisədə çox böyük olduğundan, onun elektrona yaxınlaşanda, onun böyük bucaq altında meyil etməsi mümkün deyildir. Yəqin ki, ən sadəsi atomun çox kiçik həcmdə paylanmış mərkəzi yükdən ibarət olduğunu fərz etməkdir". Bu mərkəzi yükü 1912-ci ildə Rezerford nüvə adlandırdı.

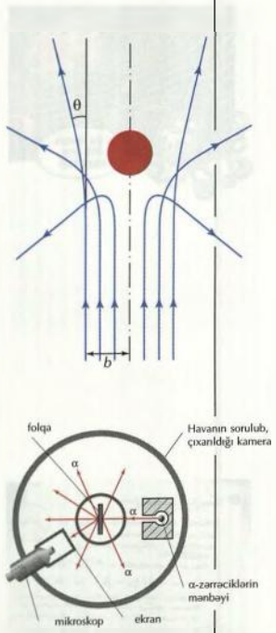
Təcrübələrin gedişində əksər alfa-zərrəciklər nüvədən aralı keçir və ona görə də ilkin hərəkət istiqamətindən az meyil edirdi, nüvəyə yaxın gələn azsaylı zərrəciklər isə nüvə tərəfindən çox güclü elektrik itələnməsinə məruz qalır və böyük bucaqlar altında meyil edir. Müxtəlif alfa-zərrəciklərin trayektoriyaları şəkildə sxematik təsvir edilmişdir (nüvə – kürəcik şəklində təsvir edilib, b – atom nüvəsi ilə zərrəciyin ilkin hərəkət istiqaməti arasındakı məsafə, θ – meyil bucağıdır).

Beləliklə, Rezerford və onun əməkdaşları atomda müsbət yüklü nüvə olduğunu müəyyən etdilər. Nüvə olduqca kiçik, cəmi 10^{-13} sm-ə bərabər olan ölçülərə malikdir ki, bu da atomun öz ölçülərindən (10^{-8} sm) beş tərtib kiçikdir.

Aparılmış təcrübələr əsasında Rezerford 1911-ci ildə belə nəticəyə gəldi ki, atomun quruluşu Günəş sisteminə bənzəyir. Nüvə Günəşin rolunu, elektronlar isə planetlərin rolunu oynayır. Lakin eksperimental təsdiqinə baxmayaraq, ingilis fizikinin işini o dövrün alimləri çox ehtiyatla qarşıladılar.

Atomun quruluşu Günəş sistemini ancaq zahirən xatırladır və bu analogiya çox aldadıcıdır. Qarşılıqlı cazibə qüvvələri ilə bağlanan planetlərin əksinə olaraq, elektronlar bir-birindən itələnir. Günəş tərəfindən xarici planetlərin cazibəsini daxili planetlərin cazibəsi gücləndirir, halbuki atomda daxili elektronlar nüvənin xarici elektronlara təsirini zəiflədir, yəni nüvənin yükünü ekranlaşdırır. Bir çox xassələrinə görə planetlər bir-birindən kəskin fərqlənir, bütün elektronlar isə eyni kütləyə və eyni yükə malikdir və bir-birindən seçilməyən, tamamilə eyni olan zərrəciklərdir.

Ancaq atomun planetar quruluşu haqqındakı ideyanın ən başlıca nöqsanı aşağıdakılardan ibarətdir: müsbət yüklü nüvə və onun ətrafında fırlanan elektronlardan ibarət sistem klassik elek-



Rezerford, Heyger və Marsden təcrübələrinin sxemi.



Ernest Rezerford.



trodinamika baxımından qeyri-stabildir və deməli, mövcud ola bilməz. Doğrudan da, klassik elektrodinamikanın qanunlarına görə təcillə hərəkət edən yük şüalanaraq öz enerjisini itirməlidir, nüvə ətrafında fırlanan elektron isə məhz mərkəzəqaçma təcili ilə hərəkət edir. Fırlanan elektronun enerjisi onun orbitinin radiusu ilə əlaqədar olduğundan, enerjinin azalması (şüalanma hesabına) ilə elektronun orbitinin radiusu da azalır. Şüalanma prosesi arasıkəsilmədən baş verir və elektron gec-tez müsbət cazibə mərkəzinə düşməlidir. İlk dəfə hələ 1904-cü ildə alman alimi Fridrix Otto Şottun (1851-1935) hesablamalarına görə bu, praktik olaraq ani – 10^{-11} san müddətində baş verməlidir. Ancaq yaxşı məlumdur ki, atom dayanıqlı sistemdir.



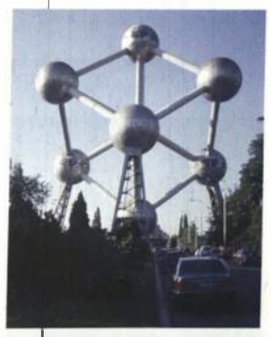
E.Rezerfordun atomun quruluşuna həsr olunmuş əlyazmasından səhifə. 1910-cu il.

Beləliklə, Rezerfordun eksperimentləri çıxılmaz vəziyyət yaratmışdı. Ya elektrodinamikadan, ya da planetar modeldən imtina etmək lazım idi. O dövrün əksər fizikləri hesab edirdilər ki, elektrodinamikadan imtina etmək lazım deyil, çünki o, çoxlu sayda eksperimentlərlə təsdiq olunmuş və öz praktiki tətbiqini tapmışdır. Ona görə də 1911-ci ildə görkəmli fiziklərin – Albert Eynşteynin, Maks Plankın, Mariya Sklodovskaya-Kürinin, Pol Lanjevanın və başqa tədqiqatçıların iştirak etdikləri 1-ci Solveyev konqresində heç kim Rezerfordun ideyasını yada da salmadı. Planetar modelin məhkumluğuna baxmayaraq, Rezerford (sonralar Pyotr Leonidoviç Kapitsa ona Timsah ləqəbini vermişdi, çünki qorxunc timsah kimi o, heç vaxt geriyə dönmürdü) özünün haqlı olduğuna inanırdı.

Həmin vaxt o demişdi: "Təklif olunmuş atomun dayanıqlığı məsələsinə bu mərhələdə baxmağa ehtiyac yoxdur, çünki aydındır ki, dayanıqlıq atomun incə quruluşundan və onu təşkil edən yüklü zərrəciklərin hərəkətindən asılı olacaqdır". Bu çətin vəziyyətdən çıxış yolu yalnız atomun kvant nəzəriyyəsinin köməyilə tapıldı. Bu nəzəriyyənin ilkin variantını 1913-cü ildə Danimarka fiziki Nils Bor işləyib hazırladı.

ATOM NÜVƏLƏRİ VƏ ONLARIN SAKİNLƏRİ

1914-cü ildə Rezerfordun assistenti Ernest Marsden qəribə bir hadisə aşkar etdi: alfa-zərrəcikləri havadan keçirərkən havada hidrogen ionları yaranırdı; bu ionlar orada əvvəlcədən yox idi. Bu kəşf atom nüvəsinin kəşfindən üç il sonra edilmişdi. Marsden fərz etdi ki, hidrogen ionlarını alfa-zərrəcikləri buraxan həmin radioaktiv mənbə buraxır.



"Atomium". Atom nəzəriyyəsi abidəsi. Brüssel.

Bunun belə olub-olmadığını yoxlamaq üçün əlavə eksperimentlər aparmaq lazım idi, lakin Birinci dünya müharibəsi (1914-1918-ci illər) başlandığına görə elmi fəaliyyəti dayandırmaq lazım gəldi. Eksperimentlər nadir hallarda aparılırdı, sonralar Rezerfordun xatırladığı kimi, "bəzi hallarda isə təcrübələr uzun müddətə tamamilə dayandırılırdı".

Bir neçə aydan sonra Vellinqton kollecində professor vəzifəsi alan Marsden Yeni Zelandiyaya getdi. Rezerford başa düşürdü ki, hidrogen ionları ilə olan təcrübələri dayandırmaq olmaz və Marsdenə bu barədə yazdı: "Əzizim Erni! Sizin azotu alfa-zərrəciklərlə bombardman edərkən müşahidə etdiyiniz hadisə son dərəcə maraqlı olduğuna görə, mən çox istərdim ki, əgər Siz etiraz etmirsinizsə, bu tədqiqatları davam etdirim". Marsden

etiraz etmədi və Rezerford yeni hadisənin tədqiqi ilə ciddi məşğul olmağa başladı.

HƏR YERDƏ MÖVCUD OLAN HİDROGEN

Rezerford hidrogen ionlarının peyda olması sirrinin açılmasına o qədər vaxt ayırırdı ki, hətta bir dəfə hərbi tədqiqatlar üzrə Komitənin iclasına gecikdi; bu isə müharibə dövründə ciddi qəbahət idi. Ona edilən iradı dinləyən alim sərt cavab vermişdi: "Mən elə tədqiqatlarla məşğul idim ki, o, zənnimcə, atomun süni parçalanmasına gətirib çıxara bilər. Əgər bu həqiqətən belədirsə, onda bu cür tədqiqat müharibədən qat-qat vacibdir!"

Eksperimentlər 1919-cu ildə başa çatdırıldı. Məlum oldu ki, alfa-zərrəciklərin azot atomları ilə toqquşması zamanı həqiqətən atomun parçalanması baş verir! Rezerford haqlı imiş. Onun sözlərinə görə, "biz belə nəticə çıxarmalıyıq ki, azot atomu sürətli alfa-zərrəciklərlə yaxından toqquşma zamanı yaranan nəhəng qüvvələrin təsiri altında parçalanır". Hamısından vacibi başqa bir nəticə idi: bu parçalanma zamanı meydana çıxan hidrogen nüvəsi "azot nüvəsinin tərkib hissəsidir". Təsvir olunan reaksiyalar olduqca kiçik miqyaslarda baş verir, çünki 50 min alfa-zərrəcikdən cəmi biri nüvəyə kifayət qədər yaxınlaşır və nüvə tərəfindən tutulur: iş ondadır ki, həm azot atomu, həm də alfa-zərrəcik müsbət elektrik yükünə malikdir və Kulon itələnməsi onların yaxınlaşmasına mane olur. Bu nəticəni əldə etmək üçun beş il tədqiqat aparmaq lazım gəldi.

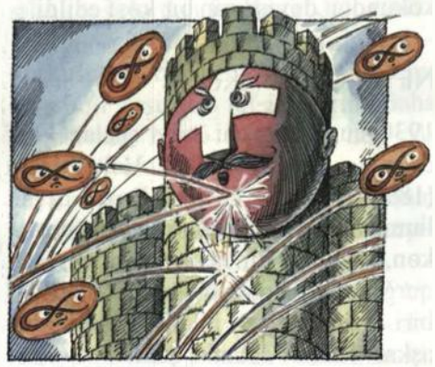
Bu və sonrakı eksperimentlər Rezerfordun hidrogen nüvəsinin bütün atom nüvələrinin tərkibinə daxil olması haqqındakı hipotezini təsdiq etdi. Rezerford bu zərrəciyi əvvəlcə barion (*yun.* "baros" – "ağır") adlandırdı, lakin sonra başqa ad – "proton" adını verməyi qərara aldı. Yeni ad çox uğurlu olmuşdu, çünki bir tərəfdən, mənşəyini "protos" (ilkin) yunan sözündən götürmüş, digər tərəfdən isə, hələ çox uzaq 1815-ci ildə hidrogen atomunun bütün atomların tərkibinə daxil olduğunu fərz etmiş ingilis həkimi Uilyam Prautun familiyası ilə eyni cür səsləndirdi.

Hidrogen atomuna ətraflı baxaq. Bu, mövcud atomlardan ən sadəsidir: nüvə-proton ətrafında tək bir elektron fırlanır. Atom neytral olduğundan protonun və elektronun yüklərinin cəmi sıfıra bərabər olmalıdır; protonun yükü qiymətcə elektronun yükü ilə üst-üstə düşür, lakin əks işarəyə malikdir:

$$q_{proton} = e.$$

Proton 1836 dəfə elektrondan ağırdır.

Lakin daha mürəkkəb elementlərin nüvələrilə heç də hər şey, hidrogendə olduğu kimi, bu cür sadə deyil. Məsələn, yükünə və kütləsinə görə növbəti nüvə olan helium nüvəsini götürək. Helium atomunda nüvədən kənarda yerləşən iki elektron vardır. Deməli, atomun neytral olması mülahizəsinə görə nüvədə iki proton olmalıdır. Lakin helium nüvəsi protondan iki dəfə yox, dörd dəfə ağırdır! Əgər hesab etsək ki, atomun tərkibinə yalnız protonlar və





C.Çedvik.

elektronlar daxil ola bilər, onda helium nüvəsində dörd protonun olduğunu fərz etmək təbiidir. Bəs əlavə müsbət yük necə olsun? Nüvə daxilindəki protonlara iki elektron əlavə etməklə, onu kompensasiya etmək olar. Bu, atomun kütləsində praktik olaraq özünü göstərməyəcəkdir, çünki nüvənin kütləsi ağır protonlarla təyin olunur, protonun kütləsi isə elektronun kütləsindən üç tərtib böyükdür. Nüvənin belə modeli proton-elektron modeli adlanır.

Atom nüvəsinin quruluşunun mənzərəsi heç də dərhal aşkar olmadı. Daha bir modeli Rezerford təklif etdi, model bax budur: nüvə kiçik ölçülü müsbət yüklənmiş (yəqin ki, protonlardan ibarət olan) özəyə malikdir, nüvənin periferiyasında həmin özək ətrafında elektronlar fırlanır. Nüvənin xarici hissəsi, hər birinə iki-iki elektronlar birləşmiş, alfa-zərrəciklərdən ibarətdir. Rezerford 1927-ci ildən başlayaraq, bu modeli müdafiə edirdi.

Nüvənin quruluşunu anlamaq üçün digər cəhdlərə də əl atılmışdır. Uzun müddət vahid mənzərə olmamışdır. Tanınmış rus fiziki Orest Daniiloviç Xvolson (1852-1934) "Bizim günlərin fizikası" kitabında (1930-cu il) belə yekun nəticə çıxarmışdı ki, atom nüvəsinin quruluşu məsələsində "elm hazırda onun həllindən hələ çox uzaqdır". Lakin cəmi bir neçə aydan sonra nüvənin quruluşuna dair təsəvvürləri kökündən dəyişdirən bir kəşf edildi.

NEYTRONUN KƏŞFİ

1930-cu ildə yeni növ şüalar kəşf olundu. Alman fizikləri Valter Bote (1891-1937) və Herbert Beker berilliumu alfa-zərrəciklərlə şüalandırarkən, qalınlığı bir neçə santimetr olan qurğuşun lövhənin bu üzündən girib o biri üzündən çıxa bilən bir şüalanma aşkar etdilər. Həmin şüalanma alfa-zərrəciklərlə bəzi digər elementləri şüalandırdıqda da əmələ gəlirdi.

Yeni şüalar alimləri maraqlandırdı. Təxminən bir il sonra fransız fizikləri İren Küri (1897-1956) və Frederik Jolio (1900-1958) müəyyən etdilər ki, "berillium şüaları", birincisi, yüksüzdür, ikincisi, onlar parafindən sürətlə hərəkət edən protonu vurub çıxarmağa qabildir. Küri və Jolio fərz etdilər ki, bu, yüksəktezlikli elektromaqnit şüalanması və ya γ-şüalardır.

Lakin heç də hamı bu nəticə ilə razılaşmadı. Fransız alimlərinin fərziyyəsini eşidən Rezerford bəyan etdi: "Mən buna inanmıram!" Bu nidanı eşidən Ceyms Çedvik (1891-1974) berillium şüalarının təbiətini aydınlaşdırmaq qərarına gəldi və o, buna müyəssər oldu. Sonralar o xatırlayırdı: "Mən əmin idim ki, burada yeni və tanış olmayan nə isə var. Bir neçə gərgin iş günü bu qəribə effektlərin yaranmasının neytral zərrəciklə bağlı olduğunu göstərməyə kifayət etdi; mən həmin zərrəciyin kütləsini ölçməyə də nail oldum".

Aydınlaşdırıldı ki, bu heç də elektromaqnit şüalanması deyildir. Neytronun kütləsinin protonun kütləsinə çox yaxın olduğu, ondan çox cüzi – cəmi 2,5 elektron kütləsi qədər böyük olduğu məlum oldu. Yeni zərrəcik elektrik yükünə malik deyildi, ona görə də Çedvik onu neytron (*lat.* neutrum – "nə bu, nə o") adlandırmağı təklif etdi. Bu termin elmdə bu gün də işlədilir. Neytronu kəşf etdiyinə görə 1935-ci ildə Çedvik Nobel mükafatına layiq görüldü.

NÜVƏNİN YENİ MODELİ

Jolio və Kürinin təcrübələrinin ilk düzgün şərhini italyan nəzəriyyəçisi Ettore Mayorana (1906-1938) vermişdir. Fransız alimlərinin eksperimentlərinin nəticələri haqqında eşidərkən o, yaxınlıqda olan kolleqasına üzünü tutaraq qışqırmışdır: "Sən bir bu axmaqlara bax: onlar neytral proton kəşf ediblər və bunu da başa düşməyiblər". Hətta nüvənin ilk düzgün proton-neytron modelini də o tapmış, lakin bu nəticələri çap etdirməmişdir, çünki hesab etmişdir ki, aldığı nəticələr son dərəcə aşkardır və tam deyildir. Ona görə də neytronu və nüvənin quruluşunu ilk kəşf edən alim şöhrəti Mayoranaya deyil, başqa alimlərə nəsib oldu.

Çedvik öz nəticələrini çap etdirdikdən dərhal sonra (1932-ci il) nüvənin proton-neytron modeli elmi ictimaiyyətə bəlli oldu. Onu eyni vaxtda Rusiyada D.D.İvanenko (1904-1994), və E.N.Qapon, Almaniyada isə V. Heyzenberq (1901-1976) təklif etdilər.

Bu model bizim dövrdə də doğru sayılır. Bu modelə görə nüvə protonlardan və neytronlardan ibarətdir. Bu, nüvələrin "əlavə" kütləsi problemini, nüvənin Rezerford modellərindən birinin şərhi zamanı ətraflı təsvir olunmuş problemi aradan qaldırır. Nüvədə elektronlar yoxdur.

Heyzenberq proton və neytronu eyni bir zərrəciyin – *nuklonun* (*lat.* nucleus – "nüvə") müxtəlif halları hesab etməyi təklif etdi. Nüvədəki nuklonların sayı *A* ilə işarə olunur və kütlə ədədi adlanır. O, bir qayda olaraq, təqribən elementin nisbi atom kütləsilə üst-üstə düşür.

Nuklonların sayına nüvənin *barion yükü* də deyilir. Tərifə görə, protonun və neytronun barion yükü 1-ə, elektronun barion yükü isə 0-a bərabərdir. Bu anlayışın daxil edilməsi ona əsaslanır ki, zərrəciklər arasında gedən müxtəlif reaksiyalar zamanı protonların və neytronların tam sayı saxlanır.

Nüvənin elektrik yükü protonların, kimyəvi elementin atom nömrəsilə üst-üstə düşən *Z* sayı ilə təyin olunur. Nuklonların *A* ümumi sayından protonların *Z* sayını çıxmaqla, nüvədəki neytronların *N* sayını tapmaq olar:

$$N = A - Z.$$

Təcrübələrin göstərdiyi kimi, nuklonlar nöqtəvi zərrəciklər deyil. Onların kütləsi diametri təxminən 10^{-15} m olan bir həcm daxilində paylanmışdır. Proton və neytron eyni ölçüyə malikdir. Proton stabildir, neytron isə nüvədən kənarda yarandıqdan təqribən 900 san (15 dəq) sonra parçalanır.

Əlbəttə ki, nüvənin proton-neytron modelinin qurulması ilə çox şey aydınlaşdı. Lakin yeni suallar da yarandı. Məsələn, əgər fərz etsək ki, təbiətdə yalnız qravitasiya və elektromaqnit qarşılıqlı təsirləri mövcuddur, onda nüvə sadəcə mövcud ola bilməz! Birincisi, protonlar arasında xeyli böyük elektrostatik itələmə qüvvələri təsir edir. Qravitasiya qüvvəsi nüvəni xilas etmir, çünki qravitasiya qüvvəsi 10^{36} dəfə zəifdir. İkincisi, başa düşülmür ki, yükü olmayan neytronları nüvədə hansı qüvvələr tutub saxlayır. Bundan başqa, nə üçün eyni növ nuklonlardan (ya protonlardan, ya da neytronlardan) ibarət olan nüvələr mövcud deyil?

Nüvələrin dayanıqlığını izah etmək üçün yeni qarşılıqlı təsir daxil etmək lazım gəldi, onu *güclü qarşılıqlı təsir* adlandırdılar. Öz təbiətinə görə o, həm qravitasiya, həm də elektromaqnit qarşılıqlı təsirlərdən fərqlənir. *Nüvə qüvvələri* – güclü qarşılıqlı təsirin təzahürlərindən biridir. O, elektromaqnit qarşılıqlı təsirdən iki-üç tərtib daha intensivdir. Nüvə qüvvələri heç cür elektrik yükündən və kütlədən asılı deyil və protonun protonla, neytronun neytronla və protonun neytronla qarşılıqlı təsiri zamanı eynidir.

Müasir təsəvvürlərə görə, hər bir qarşılıqlı təsirin öz daşıyıcı zərrəcikləri və ya sahə kvantları olmalıdır ki,



Ettore Mayoran.



Xidoki Yukava. Sent-Vinsent və Qrenadina dövlətinin poçt bloku.

onların da mübadiləsi hesabına qarşılıqlı təsir həyata keçirilir. Nuklonlar arasında cazibə hansı zərrəciklər hesabına baş verir?

NÜVƏ SAHƏSİNİN KVANTI

Qarşılıqlı nüvə təsiri göstərən zərrəciklərin mövcudluğunu yapon fiziki Xidoki Yukava (1907-1981) qabaqcadan xəbər vermişdi. O belə nəticəyə gəlmişdi ki, onların kütləsi elektronun kütləsindən 200-300 dəfə böyük olmalıdır.

Bu qiyməti aşağıdakı kimi almaq mümkün olmuşdur. Məlumdur ki, istənilən qarşılıqlı təsirin radiusu R və uyğun kvantın – daşıyıcının kütləsi m bir-birilə tərs mütənasibdir: $R=\hbar/mc$. R-i nüvənin ölçüsünə bərabər qəbul edirik (hesab edirik ki, cazibə qüvvələri nüvənin sərhədlərindən kənarda təsir etmir). Fundamental fiziki sabitlərdən istifadə edərək, kütlənin ədədi qiymətini alırıq.

Zərrəcik gözlənilmədən ağır zərrəcik oldu. Yukavanın özü, özünün qabaqcadan xəbər verdiyi məlumatlara şübhə etdi: "Bu cür böyük kütləli kvant eksperimentdə heç vaxt müşahidə olunmadığına görə, mənə elə gəlir ki, yuxarıda şərh olunan nəzəriyyə düzgün yolda deyil".

Lakin üç ildən sonra kütləsi Yukavanın qabaqcadan xəbər verdiyi kütləyə m_e uyğun olan (207 m_e) zərrəcik tapıldı. Bu zərrəciyi mezon (*yun.* "mezos" – "orta") adlandırdılar. Bu ad verilənə qədər tapılmış zərrəciyi yukon, yüngül proton, ağır elektron, mezotron adlandırmağa cəhdlər edildi, lakin həmin terminlər yaşamadı. Mezonun kəşfi sensasiya oldu, lakin sonralar məlum oldu ki, bu zərrəcik ümumiyyətlə güclü qarşılıqlı təsirlərdə iştirak etmir və deməli, heç cür onların daşıyıcısı ola bilməz. Hazırda bu zərrəciklər *müonlar* ("mü-mezon" sözlərindən) adlanır. "Mezon" adı isə başqa növ zərrəciklərə, o cümlədən nüvə qarşılıqlı təsirinin daşıyıcılarına verildi.

Bununla belə, nüvə sahəsinin əsil kvantlarını tapdılar, ancaq xeyli sonra. 1947-ci ildə π^+ və π^- yüklü pi-mezonlar (pionlar) qeydə alındılar, 1950-ci ildə isə neytral π^0 pion tapıldı. Bu zərrəciklər Yukavanın qabaqcadan xəbər verdiyi zərrəciklərə tam uyğun gəlir: yüklü pionların kütləsi eynidir və 273 m_e bərabərdir, neytral pionun kütləsi isə azacıq kiçikdir: 264 m_e. Pi-mezonlar qeyri-stabildir: yüklü pionların orta yaşama müddəti təxminən 10^{-8} san, neytral pionlarınkı isə 10^{-16} san-dir.

Kvant mexanikasının prinsiplərinə görə sahə kvantları sahənin mənbəyi ətrafında, baxılan halda nuklonun ətrafında daim yaranır və yox olur. Pi-mezonlar nuklonun ətrafında bulud əmələ gətirir; bu bulud "mezon kürkü" adlanır. İki nuklon 10^{-15} m məsafəyə qədər yaxınlaşdıqda, onlar öz aralarında pionlar mübadiləsi edir və bunun nəticəsində cazibə baş verir. Nuklonlar birbirindən uzaqlaşdıqda mübadilə və deməli, cazibə də yox olur. Nüvə qüvvələrinin təsir radiusu kifayət qədər kiçikdir ($R \approx 10^{-15}$ m), ona görə onlar *qısa təsir qüvvələri* adlanır.

Pionun kiçik yaşama müddəti nüvə qarşılıqlı təsirini həyata keçirmək üçün tamamilə bəs edir. Bunun üçün lazım olan minimal zaman təxminən



$$t \approx \frac{R}{c} \approx \frac{10^{-15}(\text{m})}{3\cdot 10^{8}(\text{m/san})} \approx 10^{-23}(\text{san})$$ -yə bərabərdir!

İstənilən pionun yaşama müddəti bu ədəddən çox-çox tərtib böyükdür.

Cazibə qüvvələri nüvənin nə üçün parçalanmadığını izah etsə də, təkcə yalnız cazibə qüvvələrini daxil etmək çox azdır. Əgər itələmə olmasa idi, onda nüvə qeyri-məhdud sıxılardı. Lakin nə üçünsə bu baş vermir.

Sonrakı tədqiqatın göstərdiyi kimi, yaxın məsafələrdə itələmə də güclü qarşılıqlı təsirin vasitəsilə baş verir. Nüvənin nuklonları arasındakı məsafələr $r < 0{,}7\cdot 10^{-15}$ m olduqda mübadilə pi-mezonlarla yox, digər zərrəciklərlə – ω- və ρ-mezonlarla başlayır və bunun nəticəsində nüvə itələmə qüvvələri yaranır. Deyə bilərik ki, hər bir nuklonun "itələyici" özəyi və ya "koru" (*ing.* core – "özək") vardır.

Protonlar və neytronlar *Pauli prinsipinə* tabedir (kvant mexanikasının bu qanunu haqqında "Uşaq ensiklopediyası"nın "Fizika" cildinin 2-ci hissəsində "Kvant fizikasının əsasları" fəslində ətraflı danışılır). Bu o deməkdir ki, iki eyni nuklonu bir-birinə kip yaxınlaşdırmaq və onları eyni bir hala gətirmək üçün edilən istənilən cəhd onlar arasında güclü itələmənin yaranması ilə müşayiət olunur. Protonların neytronlarla qarışdığı hal optimal haldır.

FİZİKA VƏ MENDELEYEV CƏDVƏLİ

D.İ.Mendeleyev cədvəli "fizikada elə bir gözəçarpan rol oynamadı. Bu, sırf kimya idi" (Xvolson). Atomun xassələrilə bağlı olan sualları adətən kimyaya aid edirdilər. 1913-cü ilə qədər belə olmuşdur. Sonra isə vəziyyət köklü surətdə dəyişdi: atomun kvant nəzəriyyəsi yaradıldı (Nils Henrik David Bor), Mendeleyevin dövri sistemində elementin sıra nömrəsinin fiziki mənası müəyyən edildi (Antonius Van den Bruk). Məlum oldu ki, elementin sıra nömrəsi atom nüvəsinin elementar yük vahidləri ifadə olunmuş yükünə bərabərdir.

Eyni bir kimyəvi elementin atomları tam eyni hesab olunurdu. 1913-cü ildə aydınlaşdı ki, bu belə deyil: məlum oldu ki, eyni nömrəli nüvələrin atom kütlələri fərqlənə bilər. İngilis radiokimyaçısı Frederik Soddi (1877-1956) belə atomları və nüvələri *izotoplar* (*yun.* "izos" – "eyni" və "topos" – "yer") adlandırmağı təklif etdi. İzotoplar eyni Z sıra nömrəsinə, lakin müxtəlif A kütlə ədədlərinə malikdir. 1921-ci ildə Soddi radioaktiv maddələr kimyasını zənginləşdirdiyinə və izotopların mənşəyini və təbiətini tədqiq etdiyinə görə kimya üzrə Nobel mükafatı aldı.



A.Van den Bruk.



F.Soddi.

Hər bir kimyəvi elementin izotopları var. Nüvənin proton-neytron nəzəriyyəsi yarandıqdan sonra aydın oldu ki, izotoplar neytronların sayı ilə fərqlənir.

İzotoplar eyni dərəcədə yayılmamışdır. Məsələn, hidrogenin üç izotopu var: H hərfi ilə işarə olunan protium (neytronları yoxdur), deyterium və ya D (nüvəsində bir neytron var) və tritium və ya T (iki neytronu var). Deyterium protiuma nəzərən təbiətdə 7 min dəfə az rast gəlinir. Tritium qeyri-stabildir və hesab etmək olar ki, təbii şəraitdə onun yayılma dərəcəsi sıfıra bərabərdir.

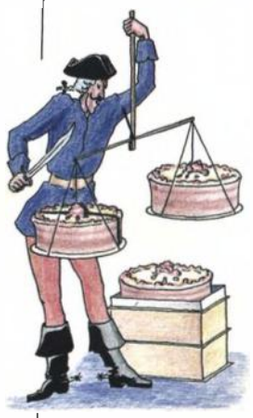
İzotopların kəşfi Mendeleyevin dövri sisteminin maraq kəsb edən sirrini açmağa imkan verdi: nüvələrdə tam sayda nuklonların olmasına baxmayaraq, çox vaxt kimyəvi elementlərin nisbi atom kütlələrinin qiyməti tam ədədlərdən xeyli fərqlənir. İndi məlum olmuşdur ki, elementin kütləsinin Mendeleyev cədvəlində veril-

KÜTLƏ DEFEKTİ

Gündəlik həyatda işimiz makroskopik səviyyə ilə olduğundan, biz ona alışmışıq ki, əşyaları bir yerə toplayırıqmı və ya əksinə, bir-birindən ayırırıqmı, bundan asılı olmayaraq, onların kütləsi dəyişmir. Mikrosəviyyədə, nüvənin daxilində başqa qanunlar təsir edir. Məlum olur ki, nüvə daxilində nuklonun kütləsi sərbəst nuklonun kütləsindən kiçikdir. Axı, nuklonu nüvədən uzaqlaşdırmaq üçün nüvə qüvvələrinin təsirini dəf etmək və minimal E enerjisi sərf etmək lazımdır (əgər nüvədən uzaqlaşdırıldıqdan sonra nuklon hərəkət etmirsə, yəni biz ona əlavə kinetik enerji vermiriksə, onda enerji minimal olur). Lakin nisbilik nəzəriyyəsinə görə sükunətdə olan cismin enerjisi $E=mc^2$-yə bərabərdir (c – işığın vakuumdakı sürətidir). Enerji nüvədən uzaqlaşdırılan zərrəciyə verilir, ona görə də onun kütləsi artır. Deməli, nüvədən çıxarılan nuklonun kütləsi nüvə daxilindəki nuklonun kütləsindən böyük, nüvənin M kütləsi isə onu əmələ gətirən nuklonların $\sum m_i$ kütlələri cəmindən kiçikdir. $\Delta M = \sum m_i - M$ fərqi kütlə defekti adlanır. Lakin, təcrübənin göstərdiyi kimi, bu effekt çox zəifdir: nüvənin kütləsinin azalması 1%-dən böyük deyil.

miş qiyməti yayılma dərəcələri nəzərə alınmaqla bütün izotopların ortalanmış kütləsidir. Məsələn, xlorun atom kütləsi 35,45-ə bərabərdir, çünki xlorun kütlə ədədləri $A=35$ (yayılma dərəcəsi 76%) və $A=37$ (24%) olan iki izotopu var.

Alfa-zərrəcik hidrogendən sonra gələn elementin – heliumun (He) ən geniş yayılmış izotopunun nüvəsidir. Helium kütlə ədədləri $A=3$ (0,00014%) və $A = 4$ (99,99986%) olan iki izotop şəklində mövcuddur. Sonuncu izotopun nüvəsi ilk nüvə fizikası eksperimentlərində çox tez-tez istifadə olunmuş alfa-zərrəcikdir.



Bəzi izotopların geniş yayılması, digərlərinin isə yoxluğu onu göstərir ki, hər bir nüvə üçün protonların Z sayı ilə neytronların $N = A - Z$ sayı arasında optimal bir münasibət mövcuddur. İş ondadır ki, neytronlar arasında yalnız nüvə cazibə qüvvələri təsir etdiyi halda, protonlar bundan əlavə həm də elektrik itələnməsinə məruz qalır. Qeyd etmək vacibdir ki, protonlar arasında yerləşən neytronlar protonların qarşılıqlı itələnməsini zəiflədir. Yüngül nüvələrdə nüvə cazibəsinin enerjisi elektrik qarşılıqlı təsirinin enerjisindən xeyli böyükdür. Bu səbəbdən nisbətən az neytron lazımdır və yüngül nüvələr üçün, adətən, $N \approx Z$ olur. Protonların sayı artdıqca elektrik qarşılıqlı təsirinin enerjisi nüvə cazibəsinin enerjisindən daha sürətlə artır və energetik baxımdan $N>Z$ quruluşu daha əlverişli olur. Məsələn, qızıl atomunun nüvəsində $Z=79$, $N=118$, uran atomunun nüvəsində $Z=92$, $N=146$-dır.

Əgər neytronlar çox nəhəng qüvvə ilə bir-birinə cəzb olunursa və bu zaman qarşılıqlı elektrik itələnməsinə məruz qalmırsa, onda bəs nə üçün hər bir elementin izotoplarının sayı məhduddur? Axı belə görünə bilər ki, neytronları nüvəyə sonsuz sayda əlavə etmək olar və bunun nəticəsində nüvə ancaq daha da dayanıqlı olar. Lakin eksperiment göstərir ki, bu belə deyil.

Məsələ Pauli prinsipindədir. Neytronların sayının artması ilə, onların bir-birinin yanında kip yerləşməsi qabiliyyəti itir. Bu səbəbdən *transuran* elementlərin (Mendeleyev cədvəlində urandan sonra yerləşən) ağır nüvələri, onlardakı protonların sayı həddən çoxdur və neytronların saylarının istənilən nisbətində onlar qeyri-stabildir: protonların itələnməsini zəiflətmək üçün lazım olan miqdarda neytronları yığmaq isə Pauli prinsipinə görə mümkün deyil. Onların yüklü alfa- və ya beta-zərrəciklər buraxaraq digər, daha dayanıqlı nüvələrə çevrilməsi energetik baxımdan daha əlverişlidir.



NÜVƏ ƏSRİNİN "ƏLKİMYASI"

İsaak Nyutonun bioqrafları hesablamışlar ki, dahi fizik öz yaradıcı həyatının çox hissəsini heç də fizika və ya riyaziyyatla yox, uğursuz "iksir daşının" axtarışları ilə məşğul olmuşdur. Orta əsrlər əlkimyaçılarının təlimlərinə görə bu cür "iksir daşının" istənilən oksidləşən metal (mis, dəmir və s.) ərintisinə əlavə edilməsi metalı qızıla çevirmək qabiliyyətinə malikdir.

Nə Nyutonun, nə də bir çox əlkimyaçıların nail ola bilmədiklərini, prinsipcə, Ernest Rezerford və onun tələbələri 1919-cu ildə tamam başqa məqsədlə apardıqları təcrübələrdə həyata keçirə bildilər.

Onlar α-zərrəcikləri ($^4_2$He) adi havadan keçirərək, qaçış yolunun uzunluğu başlanğıc α-zərrəciklərin qaçış yolunun uzunluğundan böyük olan yeni zərrəciklər aşkar etdilər. Nəticələrin çox zəhmət tələb edən təhlili Rezerford tərəfindən protonların ($^1_1$p) – hidrogen atomu nüvələrinin kəşfinə gətirib çıxardı və protonların istənilən digər atom nüvələrinin də tərkibinə daxil olmasına dair Rezerfordda əminlik yaratdı.

Baxın, protonlar hansı yolla yaranır? Rezerford fərz etdi ki, toqquşmalar zamanı α-zərrəciklər protonları, məsələn, azot nüvələrindən ($^{14}_7$N) vurub çıxara və onları karbon nüvələrinə ($^{13}_6$C) çevirə bilər:

$$^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{13}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$$

və ya da azot nüvələrinə daxil olaraq, bir anlığa aralıq mürəkkəb nüvələr əmələ gətirə bilər; həmin aralıq nüvələr sonra protonlara və oksigen nüvələrinə ($^{17}_8$O) parçalanır:

$$^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{47}_8\text{O} + {}^1_1\text{p}.$$

Bu dilemmanı həll etmək üçün Rezerfordun əməkdaşı Patrik Blekket (1897-1974) Vilson kamerasında 20 mindən çox fotoşəkil çəkməli oldu və onların yalnız səkkizində nüvə reaksiyalarının izlərini aşkar etdi. Bu reaksiyalarda aralıq mürəkkəb nüvələrin "qalın" trekləri (izləri) "çəngəl" şəklində qırılırdı, yəni oksigen nüvələrinin və protonların izlərinə ayrılırdı.

Heç bir fotoşəkildə heç bir "üçbaşlı əsa" aşkar olunmamışdı, yəni yalnız ikinci növ reaksiyalar reallaşırdı, özü də olduqca az-az. Beləliklə, Yerdə ilk dəfə elementlərin süni çevrilməsi həyata keçirildi. Buna qədər bu cür çevrilmələri yalnız təbii radioaktivlik proseslərdə müşahidə etmək və qeydə almaq mümkün olmuşdu, indi isə insan, Nyutonun sözlərilə desək, "Yaradıcılığının ilk günündə Allahın özünün yaratdığına" müdaxilə etməyi və onu dəyişdirməyi bacardı.

Bir nüvə reaksiyasının mahiyyətini dərk etməklə yalnız proton kəşf olunmadı, həm də, faktiki olaraq, yeni bir elm – Rezerfordun çox vaxt "müasir əlkimya" adlandırdığı "nüvə" fizikası yarandı. Qeyd edək ki, göstərilən reaksiyalar bir-birindən prinsipial olaraq fərqlənir. Birinci halda, α-zərrəciyin zərbəsindən azot nüvəsi "öz" qəlpələrinə parçalanır; bu cür reaksiyalar parçalanma reaksiyaları adlanır və bütün nüvə reaktorları onların əsasında işləyir (α-zərrəciklərin əvəzində başqa "mərmilər" olmaqla). İkinci növ reaksiyalarda α-zərrəcik, sadəcə, "mərmi" deyil, həm də nüvə qarşılıqlı təsirinin tamhüquqlu iştirakçısıdır ki, bunun da nəticəsində Mendeleyev cədvəlinin növbəti (sonrakı) xanalarına aid elementlərin nüvələri sintez olunur. Ona görə belə reaksiyalar sintez və ya termonüvə reaksiyaları adlanır və məhz onlar nisbətən yüngül "oksidləşən" nüvələrdən daha ağır nüvələr almağa, yəni əlkimyanın məsələsini həll etməyə imkan verir. Bu cür yolla, məsələn, qurğuşundan və ya dəmirdən qızıl nüvəsini almaq olar, ancaq bu ağlasığmaz dərəcədə baha başa gələcəkdir. Lakin daha maraqlı məsələlər də var: transuran elementlərin, yəni cədvəldə urandan sonra duran elementlərin sintezi məsələləri. Hesablamalara görə Mendeleyev cədvəlinə 137-dən çox element daxil ola bilməz, lakin fiziklər hələlik yalnız 118-ci elementə çatmağa müvəffəq olmuşlar. Təbiət isə termonüvə reaksiyalarının son dərəcə mühüm tətbiqini tapmışdır. Məhz onların sayəsində ulduzlar, o cümlədən bizim Günəş işıq saçır.

"KVANT PİLLƏKƏNİ" İLƏ AŞAĞIYA DOĞRU

Materiyanın dərinliklərinə doğru səyahət bizi adi, hiss olunan gözəçarpan makroaləmdən atom, nüvə və zərrəciklər aləminə – mikroaləmə gətirib çıxardı. XX əsrin lap əvvəllərinə qədər hesab olunurdu ki, makro- və mikroaləm arasında prinsipial fərqlər yoxdur və deməli, onlar eyni qanunlarla idarə olunur. Lakin tezliklə məlum oldu ki, mikroaləmdə Nyutonun və Maksvellin qanunları yox, kvant fizikasının xüsusi qanunları işləyir. Makro- və mikroobyektləri fərqləndirməyə imkan verən dəqiq kriteriyalar məhz həmin qanunlardan çıxarıldı. Əgər obyektə qiymətcə təsir kvantına (Plank sabiti $\hbar = 1{,}054 \cdot 10^{-34}$ C·san) bərabər qədər təsir etdikdə, onun halı dəyişirsə, onda o, mikroobyektdir və ona klassik fizikanın qanunları tətbiq olunmazdır. Əgər obyektin halı dəyişməz qalırsa, onda o, makroobyektdir.

Əvvəllər sarsılmaz görünən bütün təsəvvürləri mikroaləmdə unutmaq lazımdır, çünki burada hər şey o qədər etibarsız və qeyri-müəyyəndir ki, bizim "klassik" sağlam fikrimiz daha bələdçimiz ola bilmir. Sırf riyazi təsviri mümkün edən mücərrəd, hər hansı əyanilikdən məhrum olan anlayışlara əsaslanmaq lazım gəlir. Hətta fiziklərin dərin intuisiyası belə bu qəribə mikroaləmdə köməksiz olur. Mikroaləmdə sonrakı irəliləyiş bizi aşağıya – dərinliyə aparan pillələr üzrə, həm də yalnız sıçrayışlarla mümkündür. Beləliklə, mikroaləmin dərk edilməsində "kvant pilləkəni" ideyası yaranır ki, biz artıq bu pilləkən üzrə üç pillə – atom, nüvə və adron pillələrini aşağı enmişik. Onların birincisində (xarakterik atom miqyasları $r_{at} = 10^{-10}$ m və enerjiləri E_{at} = 13 eV-dir) atomlar, ikincisində (xarakterik nüvə miqyasları $r_{nüvə} = 10^{-15}$ m və enerjiləri $E_{nüvə} = 5 \cdot 10^6$ eV = 5 MeV-dir) elektronlar və atom nüvələri bölünməz zərrəciklər hesab olunurdu. Nəhayət, adron pilləsində (xarakterik adron miqyasları $r_{ad} = 10^{-16}$ m və enerjiləri $E_{ad} = 3 \cdot 10^2$ MeV-dir) əvvəlcə elektronların, protonların, neytronlar və mezonların "elementar" olduğu fərz edildi. 1930-cu illərin əvvəlində bu qısa siyahı bütün məlum zərrəcikləri əhatə edirdi, onlara da elementar zərrəciklər adı verildi. Sonra onlara işıq kvantını – fotonu da əlavə etdilər; müxtəlif səbəblərə görə fotona dərhal zərrəcik statusu verilməmişdi.



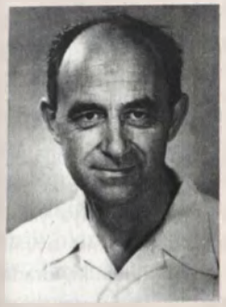
Daha bir mühüm kriteriya – "elementarlıq" kriteriyası daxil etmək olar; bu kriteriya belə bir ən vacib suala cavab verməyə imkan verir: tədqiqatların verilmiş mərhələsində nəyi elementar (quruluşsuz) obyekt hesab etmək olar. Bu kriteriya çox sadədir: əgər obyektə edilən təsirin enerjisi onun daxilində hər hansı bir dəyişiklik yaratmağa qadir deyilsə, onda verilmiş mərhələdə obyekti elementar (daha bölünməyən) hesab etmək mümkündür.

İlk antizərrəciyi – pozitronu əvvəlcə Pol Dirak nəzəri olaraq qabaqcadan xəbər verdikdən, bunun ardınca isə Amerika fiziki Karl Andersen (1905-1991) 1932-ci ildə eksperimental olaraq aşkar etdikdən sonra məlum zərrəciklərin sayı iki dəfə artmış oldu. İndi hər bir zərrəciyə qarşı, kütləsinə və digər bütün xarakteristikalarına görə onunla üst-üstə düşən, ancaq əks işarəli elektrik yükünə malik olan antizərrəcik uyğun qoyulurdu. Kvant mexanikasının yaradıcılarından biri olan Verner Heyzenberq bununla əlaqədar qeyd etmişdir: "Mühüm olan heç də bu vaxta qədər məlum olmayan yeni bir zərrəciyin kəşfi deyildi; mühüm olan xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi ilə bağlı yeni sim-

ELEMENTAR ZƏRRƏCİKLƏR "ZOOPARKI"

Qədim dövrlərdən bəri təbiətşünaslar maddi aləmin bütün rəngarəngliyini az sayda baza "elementlərindən" almağı arzulamışlar. 1930-cu illərin əvvəlində, nüvənin tərkibinin kəşfindən sonra hesab etdilər ki, onlar cəmi dörddür. Bunlar fotonlar (işıq), elektronlar, protonlar və neytronlardır. Bütün maddələr axırıncı üçündən təşkil olunub. Maddədən (onların yaratdığı bütün sahələrlə birlikdə) və işıqdan başqa heç nə mövcud deyildir.

Lakin bu sadə və gözəl təsəvvürü dağıtmaq lazım gəldi: nüvə qüvvələrinin kəşfi pi-mezonların tapılmasına, nüvələrin beta-parçalanmasının kəşfi isə neytrinonun daxil edilməsinə səbəb oldu. Müonların və antizərrəciklərin (pozitronların) gözlənilməz kəşfindən sonra məlum elementar zərrəciklərin sayı on ədədini aşdı. XX əsrin ortalarında yeni sürətləndiricilərin sayəsində əvvəllər məlum olmayan külli miqdarda zərrəciklər kəşf etmək müyəssər oldu. Tez-tez baş verdiyi kimi, məlum oldu ki, sadəlik aldadıcıdır.


E.Fermi.

Zərrəcikləri, nə cürsə, sistemləşdirmək lazım idi. Onları iki sinfə böldülər – güclü (nüvə) qarşılıqlı təsirdə iştirak edənlər və bütün yerdə qalanlar. Birinci qrupu *adronlar* (*yun.* "adros" – "güclü") adlandırdılar. Bu termini tanınmış nəzəriyyəçi fizik Lev Borisoviç Okun daxil etmişdir. Adronlar – ən çoxsaylı qrupdur, lakin bu zərrəciklərin əksəriyyəti (*rezonanslar*) çox az, cəmi 10^{-23} san yaşayır və bundan sonra digər, daha stabil (dayanıqlı) zərrəciklərə çevrilir.

İkinci qrupa güclü qarşılıqlı təsirdə iştirak etməyən zərrəciklər aid edildi. Onlar leptonlar (*yun.* "leptos" – "yüngül") adlanır. Elektron, müon (μ^-), tau-lepton (τ^-) və üç növ neytrino (elektron neytrinosu ν_e, müon neytrinosu ν_μ və taun neytrinosu ν_τ) bura daxildir. Cəmi altı lepton mövcuddur (antizərrəcikləri saymamaq şərti ilə).

Zərrəciklər orta yaşama müddətinə, kütləsinə, elektrik yükünə və onları "növlərə" ayırmaq üçün vacib olan bəzi digər xarakteristikalarına görə fərqlənir. Nadir xarakteristika spindir (*ing.* spin – "fırlanmaq", "hərlənmək"). Klassik məxsusi fırlanma momentinə analoji olan ədəddir. Bu kəmiyyət kvant təbiətlidir, heç bir real fırlanma ilə əlaqəsi yoxdur. Hər bir zərrəciyin spini sabit qiymətə malikdir. Bütün reaksiyalarda, tam fırlanma momenti saxlanır. Bura o cümlədən zərrəciklərin spinləri də daxildir. Spin Plank sabiti $\hbar$ ilə ifadə olunur.


V.Pauli.

Fırlanma momentinin saxlanması qanunu əsasında spin hesablamalar aparmağa imkan verir. Spin ya tam, ya da yarımtam ola bilər ($\hbar$ vahidlərində). Başqa variantlar yoxdur. Spini yarımtam olan zərrəciklər italyan fiziki Enriko Ferminin (1901-1954) adı ilə *fermionlar*, spini tam olan (sıfır da daxil olmaqla) zərrəciklər isə hind alimi Şatendranat Bozenin (1894-1974) adı ilə *bozonlar* adlanır. Bütün leptonlar fermionlardır. Spini yarımtam olan adronlar *barionlar*, tam olan adronlar isə mezonlar adlanır. Məsələn, protonlar və neytronlar barionlar. Maraqlıdır ki, bizə tanış olan adi maddənin çox hissəsi (atomlar) fermionlardan təşkil olunub, qarşılıqlı təsirlərin daşıyıcıları isə bozonlardır. Məsələn, pionların spini 0-a bərabərdir.


Ş.Boze.

Fermionlar və bozonlar öz xassələrinə görə kəskin fərqlənir. L.B.Okunun obrazlı ifadəsi ilə desək, "fermionlar – fərdiyyətçi", bozonlar – "kollektivçidirlər": verilmiş enerji səviyyəsində spinin verilmiş proyeksiyasına malik olan ən çoxu bir fermion yerləşə bilər. Atomlarda bütün elektronların ən aşağı enerji səviyyəsində oturmaması, nüvənin yükünün artması ilə nüvədən daha uzaqdakı örtükləri doldurması və beləliklə, Mendeleyev cədvəlini formalaşdırması məhz bununla izah olunur. Əksinə, bozonlar həmişə eyni bir hala düşməyə çalışırlar". Zərrəciklərin davranışının təsvir olunan xüsusiyyətlərini spinlə əlaqələndirən teorem isbat olunmuşdur.

İki (və daha çox) eyni fermionun eyni bir halda ola bilməməsini müəyyən edən qanun, onu müəyyən etmiş İsveçrə alimi Volfqanq Paulinin (1900-1958) adı ilə *Pauli prinsipi* adlanır.

Müxtəlif xarakteristikaların daxil edilməsinə və sistemləşdirməyə cəhdlər edilməsinə baxmayaraq, zərrəciklər çoxluğunu nə cürsə nizamlamaq çox çətin idi. Amerikan nəzəriyyəçi fiziki Leon Kuperin sözlərinə görə, elementar zərrəciklər fizikası qarmaqarışıq emalatxananı xatırladır: "Burada sütun, orada tamamlanmamış friz, hər yerdə sınıq və dağıdılmış daşlar xaosu". Bu, Nyutonun, Dekartın, Maksvellin dəqiq və tamamlanmış dünya mənzərəsinə heç cür bənzəmir! Lakin XX əsrin axırında, kalibr sahə nəzəriyyəsi adlanan nəzəriyyənin qurulmasından sonra, zərrəciklər xaosuna müəyyən aydınlıq gətirmək mümkün oldu.

USTA MARK ÜÇÜN ÜÇ KVARK

Mürrey Gell-Mann kvark (*ing.* quark) anlayışını daxil etdiyi məqaləsində İrlandiya yazıçısı Ceyms Coysun (1882-1941) "Finneqana görə ehsan" romanına istinad etmişdir. 1964-cü ildə fikirləşirdilər ki, yalnız üç kvark (u, d, s) var, Coysun romanında isə təkcə bir yerdə belə fraza var: "Three quarks for Master Mark!" (ing. "Usta Mark üçün üç kvark!") Təkcə görkəmli fizik kimi yox, həm də gözəl dilçi və bir çox dillərin bilicisi kimi tanınmış Gell-Mannın fikrinə görə həmin fraza həm də "kvark" anlayışının mənasına uyğun gəlirdi. Burada məsələ bilavasitə "üç" ədədinin xatırlanmasında deyil. Romanda bu frazanın arxasında çox şey gizlənir...

Coys bu romanı 17 ilə, 1922-ci ildən 1939-cu ilə qədər müddətdə yazmışdır. Roman tamamilə sözyaradıcılığı üslubunda qurulub və hətta ingilislərə də onu oxumaq olduqca çətindir. Ələlxüsus, onun başqa dillərə tərcüməsi mümkün deyil. Hətta Coysun xeyli "sadə" olan "Uliss" romanının rus dilinə tərcüməsi Sergey Xorujedən (yeri gəlmişkən deyək ki, o, nəzəriyyəçi-fizik, kvant sahə nəzəriyyəsi üzrə mütəxəssisdir) böyük zəhmət tələb etmişdir.

İngiltərədə "Finneqana görə ehsan" kitabının həvəskarlarından ibarət cəmiyyətlər mövcuddur. Onlar kitabdakı saysız-hesabsız sözlü rebusların və bu rebuslarda gizli verilmiş yumorun şifrini açmaqla xüsusi həzz alırlar. Kitaba yazılmış şərhlərin həcmi romanın öz həcmindən olduqca böyükdür; bu şərhlərdə hər bir sözün mümkün mənası dürüst verilir. Rebuslardan biri (nisbətən yüngüllərindən) kvarkların xatırlandığı mahnıdır.

Romanın adı İrlandiya folklorundan – Finneqan adlı bir nəfər sərxoşun pilləkəndən necə yıxılması haqqındakı məzəli əhvalatdan götürülmüşdür.



Dostları onu ölmüş hesab etmiş, onun ətrafına toplaşmış və ona ehsan verməyə başlamışlar. Dostlarından kimsə biri Finneqanın üstünə viski çiləmiş, bundan sonra o dirilmiş və bütün dəstə yenidən şənlənməyə başlamışdır.

Beləliklə, artıq bu əhvalatda yenidən dirçəlmə, yenidən doğulma motivi səslənir ki, bu da kitabın əsas mahiyyətini təşkil edir. Romanın baş qəhrəmanı Hemfri işin gedişində bir çox şəxslərin, o cümlədən özünün üç uşağının – oğlanları Şem və Şaunun, qızı İzoldanın cildinə girir (burada üç kvarkdan ibarət olan protonla analogiya yaranır). Mahnının yuxarıda verilmiş əvvəli romanın elə bir yerinə aiddir ki, orada baş qəhrəman yuxuya gedir və onun gözünə elə görünür ki, o, bortunda qardaşı oğlu – rıtsar Tristanın olduğu toy gəmisini öz sevgilisi İzoldanın arxasınca göndərmiş kral Markdır.

Tristan və İzolda bir-birini sevirlər. Gəminin üzərində uçan qağayılar aldadılmış kral Marka istehza edir, məzəli və olduqca ikimənalı mahnı oxuyurlar. Mahnının sonrakı sətirlərinə əsasən "Üç kvark" sözləri onu bildirir ki, kral Mark gəmidə üç dəfə aldadılıb.

Əslində ingilis dilində "quark" sözü yoxdur, ancaq bu söz alman dilində var, hərfi mənası "süzmə", "kəsmik", məcazi mənası isə "cəfəngiyat", "boş şey" deməkdir. Əlbəttə, indi çoxları "kvark" sözünün haradan götürüldüyünü artıq unutmuşlar. Bu termin tamamilə adiləşmiş və bütün dünya fiziklərinin gündəlik həyatına daxil olmuşdur, məktəb dərsliklərində adı çəkilir. Lakin hazırda belə kvarklar özlərində hələ çox sirr saxlayır ki, bu da Coysun tapdığı və Gell-Mannın çox uğurla istifadə etdiyi sözün özünün müəmmalığına tam uyğun gəlir.

metriyanın, zərrəcik-antizərrəcik qoşmalığının kəşfi idi".

Məhz yeni, bu vaxta qədər məlum olmayan simmetriyaların axtarışı elementar zərrəciklər aləminin qanunauyğunluqlarını dərk etmək üçün bir açar oldu. 1950-ci illərin sonuna yaxın güclü sürətləndiricilərin işə salınmasından sonra bu cür zərrəciklərin sayı sel kimi artdı. Nüvəçi fiziklər təkcə nüvədaxili məsafələrə ($<10^{-14}$ – 10^{-15} m) yox, həm də nuklondaxili məsafələrə ($<10^{-18}$ – 10^{-19} m) nüfuz etməyə imkan verən yüksəkenerjili zərrəciklər dəstəsi əldə etmiş oldu. O cümlədən, kəşf olunmuş adronların (barionların və mezonların) sayı Mendeleyev cədvəlindəki elementlərin sayını iki dəfə aşdı ki, bu da, təbii olaraq, mikroaləmin həmin obyektlərinin elementarlığına şübhə oyatdı. "Kvant pilləkəninin" növbəti pilləsinə keçid üçün ilkin şərtlər yarandı. Lakin, bütün əvvəlki addımlardan fərqli olaraq, adronların daha elementar olan nələrdənsə əmələ gəldiyini göstərən birbaşa təcrübi məlumatlar yox idi. İlk dəfə göstəriş simmetriya mülahizələrindən, daha dəqiq desək, sırf riyazi mülahizələrdən alındı.

KVARKLAR

Kvant aləmi fizikləri klassik fizikanın trayektoriya, sürət, cismin koordinatları kimi bir çox adi anlayışlarından məhrum etdi. Adron pilləsinə keçməklə əlaqədar kvant ədədlərinin saxlanması qanunları xüsusi rol oynamağa başladı: onlar hələ bizə məlum olmayan səbəblərə görə eksperimentlərdə reallaşmayan nüvə reaksiyalarını qadağan etdilər. Bu məqsədlə bütün barionlara vahidə bərabər barion yükü ($B = 1$), leptonlara isə vahidə bərabər lepton yükü ($L = 1$) aid edildi.

Simmetriyalar və onlarla bağlı olan saxlanma qanunları nəzəriyyəçi fizik-

RƏNGLİ KVARKLAR

Hər biri üç kvarkdan əmələ gəlmiş nuklonlar 1/2-ə bərabər spinə malikdir. Əgər fərz etsək ki, hər bir kvarkın da spini 1/2-ə bərabərdir və üç kvarkdan birinin spini digər iki kvarkın spininə antiparalelidir, onda nuklonun yekun spini üçün biz məhz həmin qiyməti alarıq. Lakin əgər bu belədirsə, onda kvarklar fermiondur və Pauli prinsipinə tabedir. Həqiqətən də, spini 3/2 olan protonlar mövcud deyildir. Bununla belə, spini 3/2 olan barionları qurmağa cəhd edərkən, hesab etmək lazım gəlir ki, onlardan bəziləri (məsələn, Ω-hiperon) spinləri paralel olan üç eyni kvarkdan əmələ gəlmişdir (1/2+1/2+1/2=3/2). Bu isə açıq-aşkar Pauli prinsipinə ziddir.

Bu ziddiyyəti aradan qaldırmaq üçün daha bir kvant ədədi – "rəng" kvant ədədini daxil etmək lazım gəldi. Bu, 1965-ci ildə baş verdi. Yapon fizikləri Y.Nambu və M.Xan, həmçinin rusiyalı alimlər N.N.Boqolyubov (1909-1992), B.V.Struminski (1939-cu ildə doğulub) və A.N.Tavxelidze (1930-cu ildə doğulub) belə fərziyyə irəli sürdülər ki, hər bir kvark daha bir əlavə kvant ədədilə xarakterizə olunur; bu kvant ədədi üç qiymət ala bilər.

Gell-Mann bu kvant ədədini "rəng" adlandırmağı təklif etdi. Bu kvant ədədlərini işarə edən rəngləri elə seçirlər ki, onları topladıqda ağ rəng versin. Məsələn, rəngin ayrı-ayrı qiymətləri olaraq adətən qırmızı, yaşıl və göy, ya da qırmızı, göy və sarını seçirlər. Təbii ki, sözün həqiqi mənasında başa düşülən rəngin kvarklara heç bir dəxli yoxdur və yalnız yeni kvant ədədinin istifadəsi qaydalarının formulə edilməsini sadələşdirən analogiya üçün götürülür.

Qaydalar isə belədir:

1. Barionlar, rənglərinə görə fərqlənən üç kvarkdan əmələ gəlmişdir.
2. Mezonlar bütün mümkün rəngli kvark və antikvark cütlərindən əmələ gəlmişdir.
3. Bütün real müşahidə olunan adronlar isə ağ (rəngsiz) olmalıdır.

Axırıncı bənddən görünür ki, müşahidə olunan bütün adron maddəsi, o cümlədən atomlar ağdır, təbii ki, bu sözün olduqca xüsusi mənasında.



M.Gell-Mann.

lərin 1940-cı illərdən intensiv istifadə etməyə başladıqları riyazi fənn olan qrup nəzəriyyəsi dilində daha sadə ifadə olunur. Onlardan biri gənc elmlər doktoru Mürrey Gell-Mann (1929-cu ildə doğulub) idi. O, müvəffəqiyyətlə dissertasiya müdafiə etdikdən sonra Çikaqo universitetində Enriko Ferminin qrupunda işləmək imkanı qazandı. Gell-Mann Verner Heyzenberqin adronların səciyyəvi simmetriyalarının axtarılması istiqamətindəki tədqiqatlarını davam etdirirdi. Hələ 1940-cı ildə Heyzenberq qeyd etmişdi ki, proton və neytron yalnız elektrik yükləri ilə fərqləndiyinə görə, yeni kvant ədədi – izotopik spin I daxil etməklə, onları müəyyən bir subnüvə zərrəciyinin – nuklonun iki halı hesab etmək olar. Elektronun spininə analoji olaraq I = 1/2 götürərək, hesab etmək olar ki, proton spini "yuxarı" (+1/2) olan, neytron isə spini "aşağı" (−1/2) olan nuklondur. Bu iki zərrəcik ən sadə multiplet (üzvlərinin sayı 2I+1 oxşar zərrəciklər ailəsi) əmələ gətirir. Baxılan halda bu dupletdir (2I+1=2). Eynilə, π-mezonlar (π^+, π^0, π^-) izospini I = 1 olan multipletdə qruplaşır (2I + 1 = 3), yəni pionlar tripletini əmələ gətirir.

1950-ci illərdə kəşf olunmuş qəribə zərrəciklər (*K*-mezonlar və hiperonlar) adronların "izotopik" təsnifatına sığışmadı, "qəribə" ləqəbini onlar o səbəbdən almışlar ki, güclü qarşılıqlı təsirlər üçün xarakterik olan müddət ərzində (10^{-23} san) cüt-cüt (*K*-mezon + hiperon) doğulurdu, ancaq qeyri-adi dərəcədə (10^{-11} – 10^{-12} san) ləng parçalanırdı. Bu, zəif parçalanma mexanizminə dəlalət edirdi. Gell-Mann bu cür zərrəcikləri yeni kvant ədədilə – qəribəliklə (*S*) xarakterizə etməyi təklif etdi: qəribəlik güclü qarşılıqlı təsirlərdə saxlanmalıdır, lakin bununla bərabər zəif qarşılıqlı təsirlərdə saxlanmır.

1961-ci ildə Gell-Mann və ondan asılı olmadan İsrail fiziki Yuval Neman izotopik simmetriyanı unitar simmetriya adlanan simmetriyaya qədər ümumiləşdirə bildilər; unitar simmetriya o dövrə qədər məlum olan bütün adronları öz multipletlərinə daxil etdi. Bu simmetriyaya əsasən, adronlar barion və mezon oktetlərinə və həmçinin, hiperon dekupletlərinə bölündü (hər bir oktetdə 8 zərrəcik, hər bir dekupletdə isə 10 zərrəcik var).

Zərrəciklərin təsnifatı işində unitar simmetriyanın imkanları oktetlər və dekupletlərlə bitmir: o, müəyyən ciddi qaydalara əsasən çoxlu sayda zərrəciklərdən ibarət multipletlər də qurmağa imkan verir. Lakin ən vacib riyazi fakt o oldu ki, bu qrup fundamental multiplet adlanan multipletə – tripletə malikdir; belə ki, bütün qalan multipletləri fundamental tripletdən (kubiklərdən qurulan kimi) qurmaq olar. Riyazi göstəriş məhz bundan ibarət oldu, ancaq ondan istifadə etmək fizik Gell-Manna heç də asan olmadı. Məsələ ondadır ki, qrup nəzəriyyəsi verilmiş simmetriyaya təkcə hansı multipletlərin uyğun olduğunu deyil, həm də hər multipletdə zərrəciklərin hansı xarakteristikalara malik olduğunu da diktə edir. Belə çıxırdı ki, tripletin zərrəcikləri yalnız kəsr barion yüklərinə yox, həm də kəsr elektrik yüklərinə malik olmalıdır. Bu cür zərrəcikləri isə heç kim heç bir eksperimentdə hələ müşahidə etməyib. Bu addımı atmağa Gell-Mannın cəsarəti çatdı və onunla birlikdə bəşəriyyət "kvant pilləkəninin" növbəti pilləsinə – kvark-lepton pilləsinə addımladı.

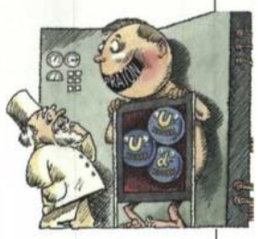
1964-cü ildə "Physics Letters" ("Fizikaya aid məktublar") jurnalında Gell-Mannın kvarklar hipotezi şərh edilmiş məqaləsi çıxdı. O, fundamental tripletdə olan hipotetik zərrəcikləri kvarklar adlandırdı (*u*, *d*, *s*). Kvarklar

öz adlarını izospinin iki proyeksiyasına uyğun olaraq *u* – up ("yuxarı"), *d* – down ("aşağı") və *s* – strange ("qəribə") ingilis sözlərindən almışdır. Oxşar hipotezi asılı olmadan, həmin dövrdə SERN-də (Avropa nüvə tədqiqatları mərkəzində) işləyən Amerika fiziki Corc Tsveyq (1937-ci ildə doğulub) də irəli sürdü. Doğrudur, o, tripletin zərrəciklərini "tuzlar" adlandırmağı təklif etmişdi, yerdə qalan hissədə isə sxem oxşar idi. Sonralar, yeni-yeni ekzotik adronlar aşkar olunduqca kvarkların sayını altıya qədər artırmaq, yəni kvarklar sxeminə aşağıdakı növ kvarkları əlavə etmək lazım gəldi (fiziklər kvarkların növlərini ətirlər adlandırmağı üstün tuturlar): *c*-kvark – charm ("məftun" və ya "şarm"), *b*-kvark – beauty ("gözəllik") və *t*-kvark – truth ("həqiqilik", "düzgünlük") sözlərindən düzəlmişdir. Bəzən axırıncı iki ətrin kvarklarını ingilis sözləri olan bottom ("dib") və top ("yuxarı") ilə əlaqələndirirlər.

Bütün kvarklar 1/2 spininə ($\hbar$ vahidlərində), 1/3 barion yükünə malikdir, onların elektrik yükləri isə müxtəlifdir: *u*-, *c*- və *t*- kvarkların yükü +2/3-yə (elektronun yükü *e* vahidlərində); *d*-, *s*- və *b*- kvarkların yükü isə – 1/3-ə bərabərdir. Hər bir kvarka əks işarəli yükə malik antikvark uyğundur. Gell-Mann – Tsveyq hipotezinə görə bütün barionlar üç kvarkdan, bütün mezonlar isə kvark-antikvark cütündən əmələ gəlmişdir. Məsələn, proton (*p*) iki *u*- və bir *d*-kvarkdan (*p*=*uud*), neytron (*n*) iki *d*- və bir *u*-kvarkdan (*n* = *udd*), π^+ mezon isə *u*-kvark və *d* antikvarkdan (π^+=*ud*) ibarətdir. Qəribə kvarklar yalnız qəribə zərrəciklərin, məftun kvarklar uyğun olaraq yalnız sıfırdan fərqli məftunluğu olan zərrəciklərin tərkibinə daxildir və s. Bu o deməkdir ki, kvarkların ətirləri də özünəməxsus kvant ədədləridir, lakin bununla bərabər onlar yalnız tipik nüvə müddəti (10^{-23} san) ərzində saxlanır.

Gell-Mannın təsnifatı adronlar aləmində, sadəcə, nizamlılıq yaratmadı, həm də real öncəgörmə imkanına malik idi. Unitar simmetriyanın multipletləri arasında, o cümlədən spini 3/2 olan hiperonlardan ibarət dekuplet qurulmuşdu; burada 10 zərrəcik üçün yer müəyyən olunmuşdu. Lakin həmin dövrə qədər eksperimentatorlar bu dekupletdən yalnız 9-nu aşkar edə bilmişdilər, Gell-Mannın sxemi isə göstərirdi ki, daha bir zərrəcik – qəribəliyi *S*=−3 olan Ω-hiperon mövcud olmalıdır. Gell-Mann belə zərrəciyin mövcudluğunu sadəcə xəbər verməmiş, Mendeleyev kimi, onun malik olacağı kütləni hesablamışdı, 1680 MeV. Brukheyven milli laboratoriyasında Ω-un axtarışları 50 000-dən çox fotoşəklin təhlil edilməsini tələb etdi və nəhayət, tələb olunan treklər aşkar olundu və eksperimentatorlar hesablamanı bitirdikdən sonra əmin oldular ki, izlər kütləsi 1672 MeV olan zərrəcik tərəfindən qoyulmuşdur.

Bu həqiqi qələbə idi! Bununla belə, fiziklərin əksəriyyəti (hətta, müəllifin özü də) kvark hipotezinə müəyyən bir effektiv, lakin sırf formal, riyazi sxem kimi baxırdılar. Kəsr yükün mövcudluğu ekzotika kimi görünürdü.



RƏNG VƏ KVARKLARIN "ƏBƏDİ ƏSİRLİYİ"

1964-cü ilin payızında Moskva yaxınlığındakı Dubna şəhərində Roçester konfransı keçirildi. Yenicə yaradılmış kvark sxemi haqqında London İmperial Kollecində işləyən Pakistan fiziki Əbdus Salam çıxış etdi. O dövrdə Dubnada nəzəri fizika laboratoriyasına başçılıq edən Nikolay Nikolayeviç Boqolyubov bu məruzəni müzakirə edərkən,



öz kolleqalarına dedi: "Bilirsiniz, kvarklar hər halda riyazi yox, fiziki obyektlərdir". Lakin bu ideya ciddi çətinliklərə gətirib çıxardı. Bütün məsələ ondadır ki, kvarklara 1/2 spin aid edilirdi, yəni onlar özlərini fermionlar kimi aparmalıdır. Fermionlar üçün "davranış qaydalarından" biri "Paulinin qadağa prinsipi" kimi məşhurdur; qadağa prinsipi tələb edir ki, fermionlar heç olmasa bir xarakteristika ilə fərqlənsin. Kvark modelində isə barionları "quraşdırarkən" hətta üç kvarkın tam eyni bir halda olması imkanına yol verilirdi: məsələn, Δ^{++} zərrəciyinin düsturu *uuu*, Ω^- üçün isə *sss* düsturunu alırıq. Kvant "davranış normaları" bu cür azadlıqlara yol vermir. Çıxış yolu Boqolyubovun tələbələrindən biri – Boris Vladimiroviç Struminski tərəfindən tapıldı: "əkizləri" fərqləndirmək üçün onları nişanlamaq və ya rəngləmək lazımdır". İdeyanın mahiyyəti bundan ibarət oldu, yəni üç eyni kvarkdan hər birini öz "rəngi" ilə təchiz etmək nəzərdə tutulurdu. Lakin bu o deməkdir ki, hər bir kvark üç "rəng" halından birində, məsələn, qırmızı, sarı və ya göy halında ola bilər. Belə olduqda, "Paulinin qadağası" avtomatik ortadan götürülür.

"Rəng" ideyasının müfəssəl işlənib hazırlanması belə nəticəyə gətirdi ki, kvarklardan təşkil olunmuş bütün mezonlar və barionlar rəngsiz olmalıdır və yalnız bu cür hallar müşahidə oluna bilər. N.N.Boqolyubovun, B.V.Struminskinin və A.N.Tavxelidzenin 1965-ci ildə çıxmış işində kvarkların qarşılıqlı təsirinin olduqca qeyri-adi, paradoksal xassəsi qabaqcadan xəbər verilmişdi: protonların və neytronların daxilində kvarklar, demək olar ki, sərbəst halda olur (deyə bilərik ki, birbirini "hiss etmir"), lakin onları nuklonların daxilindən "çıxarmağa" edilən istənilən cəhd uğursuzluğa düçar olur. Kvarklar arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələri məsafənin artması ilə, elektrik bəhsində olduğu kimi azalmır, əksinə, müqayisəyəgəlməz dərəcədə artır. Başqa sözlə, kvarklar adronların daxilində "əbədi əsirliyə" və ya "dustaqlığa" məhkum edilmişlər. Bu effekt "konfaynment" (*ing.* "confinement" – "əsirlik", "həbsxana dustaqlığı" adlanır).

1965-ci ilin payızında yapon mənşəli Amerika fiziki Yotiro Nambu Dubna nəzəriyyəçilərinin tapıntısını belə bir fərziyyə ilə tamamladı ki, kvarkın rənginə, elektrik yüklərinin öz ətraflarında elektrik sahələri yaratdıqlarına oxşar olaraq, öz ətrafında xromodinamik qüvvə sahəsi yaradan müəyyən bir yük kimi baxmaq lazımdır. Belə olan halda xromodinamik sahənin də, elektromaqnit sahəsinin kvantlarını – fotonları xatırladan kvantları mövcud olmalıdır. Kvarklararası qarşılıqlı təsirin daşıyıcıları olan həmin zərrəcikləri qlüonlar (*ing.* "glue" – "yapışqan") adlandırdılar, çünki onlar nuklonlar daxilində kvarkları, sanki, bir-birinə yapışdırır. Sonra məlum oldu ki, qlüonlar, fotonlar kimi, kütləsizdir, elektrikcə neytraldır və 1 spinə malikdir. Qlüonlar fotonlardan onunla fərqlənir ki, onlar rəng yükünün daşıyıcılarıdır. Kvarklar öz aralarında qlüonlarla mübadilə edilərək, öz rənglərini dəyişir və deməli, bütün mümkün kvark çevrilmələrini təmin etmək üçün, ən azı səkkiz növ qlüon olmalıdır.

Fiziklər mikroaləmin kvark–lepton pilləsinə keçərkən, elementar zərrəciklərin yeni "namizədlərinin" bu cür paradoksal xassələrilə qarşılaşdılar. Əgər biz, deyəsən, doğrudan da nə kvarkları, nə də qlüonları sərbəst halda görməyəcəyiksə, onda bu pillə haqqında əminliklə danışmaq olarmı? Bəs adronları mürəkkəb zərrəciklər hesab etmək olarmı? Axı məlum oldu ki, onlar daha bölünən deyil. (XX əsr fizikasının ən qeyri-trivial ideyalarından biri ilə – kvark modeli ilə bağlı olan bu suallara geniş cavab "Uşaq ensiklopediyası"nın "Fizika" cildinin 2-ci hissəsində "Standart model və onun çərçivəsindən kənarda" fəslində verilmişdir.)

Qədim Çin mütəfəkkiri Kunqsun Lunq yeni eradan 300 il əvvəl söyləmişdi: "Hər gün metrlik qamışın yarısını kəsib atsan, milyon ildən sonra da kəsib qurtarmazsan". Massaçuset Texnologiya İnstitutunun professoru Kerzon Xuanq bu sofizmi təhlil edərək, qeyd edir: "Sözün müasir mənasında fizikanın yaranmasından keçən 300 il ərzində biz təxminən 60 dəfə qamışı yarı-yarı kəsmişik" və 10^{-16} sm-ə çatmışıq. Təxminən 30-cu dəfədə (10^{-8} sm) materiyanın ilk qranulaları (dənələri) – əvvəlcə bizə elektronlardan və nüvələrdən ibarət kimi görünən atomlar; öz növbəsində nuklonlara parçalamaq mümkün olan nüvələr aşkar olundu. İndi biz nuklonları əmələ gətirən zərrəciklərin – kvarkların mövcudluğunun tam müəyyən olunduğu mərhələdəyik. Bu bölünmə prosesinin davam edəcəyinə dair göstərişlər mövcuddur. Hələ ki, idrak prosesi, doğrudan da, qədim sofistin göstərdiyi istiqamətdə inkişaf edir".

DÜNYANI İDARƏ EDƏN ÜNSÜRLƏR

İnsanlar qədimdən bəri təbiəti minimal sayda mahiyyətin köməyilə təsvir etməyə çalışmışlar. Onların özlərinə verdikləri sualların arasında, Riçard Feynmanın dediyi kimi, "təkərlər içərisində təkərciklər" haqqında sual da var idi. Elmin vəzifəsi təbiətin ən gizli qalan "təkərciklərini", əgər belə təkərciklər mövcuddursa, aşkar etmək və onları fırlanmağa məcbur edən, birbirilə bağlayan fundamental qüvvələri üzə çıxarmaqdan ibarətdir.

Hazırda əldə olunmuş enerjilərdə təbiətin, Feynman haqqında danışdığı, gizli "təkərciklərini" aşağıdakı kimi işarə etmək olar:

I nəsil: kvarklar (u_q, u_s, u_g, d_q, d_s, d_g) leptonları (e, ν_e).

II nəsil: kvarklar (c_q, c_s, c_g, s_q, s_s, s_g), leptonlar (μ, ν_μ).

III nəsil: kvarklar (t_q, t_s, t_g, b_q, b_s, b_g), leptonlar (τ, ν_τ).

Burada kvarklar bütün mümkün rəng yükləri – qırmızı, sarı, göy ilə birlikdə sadalanmışdır. Kvarkların müəyyən nəslinə leptonlar nəsli – elektron (e), müon (μ) və tao (τ) nəsli uyğundur. Hər bir lepton nəslində onun özünün neytrino növü: elektron neytrinosu ν_e, müon neytrinosu ν_μ, tao neytrinosu ν_τ iştirak edir; onlar məhz bu ardıcıllıqla kəşf olunmuşlar. Sonuncu t-kvark eksperimentdə 1995-ci ildə aşkar olunmuşdur. Əgər kütləni nəzərə almasaq (növbəti nəslin zərrəcikləri əvvəlki nəslin zərrəciklərindən onlarca dəfə ağırdır), onda bütün nəsillər praktiki olaraq bir-birinin eynidir. Başqa sözlə, μ – mezon özünü 200 dəfə ağırlaşmış elektron (e) kimi

aparır. "Məftun" *c*-kvark davranışına görə təqribən bir o qədər ağırlaşmış u-kvarkdan fərqlənmir. Deyəsən, təbiətin fantaziyası "ilkin elementlərin" bu üç nəsli ilə bitir, hər halda, Kainatda müşahidə olunan bütün maddə adları çəkilən 24 kvark və leptondan və bir o qədər də onların antizərrəciyindən əmələ gəlmişdir.

"Təkərcikləri" əlaqələndirən fundamental qüvvələr haqqında natural fəlsəfənin ikinci sualının cavabı daha az dərəcədə sadə mahiyyət tələb edir. Dünyada baş verən hadisələrin bütün rəngarəngliyi keyfiyyətcə dörd müxtəlif fundamental qarşılıqlı təsirə – qravitasiya, elektromaqnit, güclü və zəif qarşılıqlı təsirlərə gətirilir. Fiziklər zarafatla deyirlər ki, biz, bütün müşahidə olunan hadisələri torpaq, su, hava və od kimi dörd ünsürün mövcudluğu ilə izah edən Qədim Yunanıstan filosoflarından çox da uzağa getməmişik. Bu gün biz Kainatdakı bütün prosesləri idarə edən "ünsürlər" haqqında nə bilirik? Fundamental qarşılıqlı təsirlər necə işləyir və onlardan hər biri nəyə cavabdehdir?



Ş.O.Kulon.

Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsinə qədər hesab olunurdu ki, bütün cisimlər öz aralarında ani, yəni istənilən qədər böyük sürətlə baş verən qarşılıqlı təsirdə olur. Nisbətən yavaş hərəkət edən və maddi nöqtələr kimi qarşılıqlı təsirdə olan cisimlər üçün bu cür fərziyyə praktiki olaraq doğru nəticələrə gətirir. Elektrodinamikada qeyri-mərkəzi qüvvələrin və digər qeyri-adi effektlərin yaranmasını izah etməkdən ötrü Faradey qarşılıqlı təsirləri daşımaq üçün xüsusi maddi mühit – efir daxil etdi. Eynşteyn efiri kənarlaşdıraraq, fərz etdi ki, cisimlər işıq sürətilə yayılan sahələr vasitəsilə qarşılıqlı təsirdə olur. Lakin Eynşteynin sahəsi sırf riyazi anlayış olaraq qalırdı. Nisbilik nəzəriyyəsi qarşılıqlı təsirin mexanizmi haqqında, cisimlərin bir-biri barəsində necə və nə vaxt "xəbər tutması" haqqında və qarşılıqlı təsir zamanı nəyin hesabına cisimlərin öz hallarını dəyişdirə bilməsi haqqında heç nə demir.

Qarşılıqlı təsirin ardıcıl kvant mexanizmi 1927-ci ildə P.Dirak tərəfindən təklif olundu. O belə qərara gəldi ki, maddə son nəticədə kvantlarla təmsil olunduğundan, onda zərrəcikləri əlaqələndirən sahələr də sahə kvantlarına gətirilməlidir. Kvant sahə nəzəriyyəsinin əsas ideyası bundan ibarətdir. Kvant sahə nəzəriyyəsində ilkin mahiyyət sahə kvantları (qarşılıqlı təsirin daşıyıcıları) və zərrəciklərdir (maddə kvantlarıdır). Zərrəciklər arasında qarşılıqlı təsir belə baş verir: zərrəciklərdən biri sahə kvantı – qarşılıqlı təsiri daşıyan zərrəcik buraxır (doğurur), digəri isə bu kvantı udur (məhv edir). Dirak, misal kimi, fotonlarla (elektromaqnit sahəsinin kvantları ilə) mübadilə edən iki elektronun qarşılıqlı təsirinə baxmış və göstərmişdi ki, bu cür qarşılıqlı təsir məlum Kulon qanununa gətirib çıxarır.



QARŞILIQLI ELEKTROMAQNİT TƏSİRİ

Əminliklə deyə bilərik ki, bu bütün fundamental qarşılıqlı təsirlərdən ən çox lazım olanı, ən məsuliyyətlisi və ən çox öyrənilənidir: gündəlik həyatda baş verən proseslərin və hadisələrin 99%-i elektromaqnetizmin bu və ya digər təzahürləridir. Elektromaqnetizm məişət cihazlarının işilə yanaşı, stulda oturmaq (elastiklik qüvvələri molekullararası qarşılıqlı təsirin nəticəsində yaranır), kağız vərəq üzərində əl ilə yazmaq (sürtünmə qüvvələri də elektromaqnit təbiətlidir), yazılanı görmək (elektromaqnit dalğaları şkalasının optik diapazonunda) imkanını təmin edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, qarşılıqlı elektromaqnit təsiri xalis (və ya əzəli, ilkin) şəkildə yalnız atomların daxilində, yəni 10^{-10} m məsafələrdə mövcuddur. Onun atomlararası qüvvələri (Van-der-Vaals qüvvələri) və molekulyar xarakterli qüvvələr (kimyəvi rabitələr, sürtünmə və deformasiya qüvvələri) şəklindəki bütün qalan təzahürləri mühitin iştirakı ilə baş verir. Hadisələrin ayrıca bir yığını elektromaqnit dalğalarının – radiodiapazondan başlayaraq, rentgen şüalarına və qamma-kvant şüalarına qədər uzanan şüalanmanın xassələrilə əlaqədardır.

Elektromaqnetizm həm makroskopik səviyyədə (Maksvell elektrodinamikası, 1856-cı il), həm də kvant səviyyəsində (son ifadəsi 1948-ci ildə Amerika fizikləri Yulian Şvingerin, Riçard Feynmanın və yapon alimi Sinitiro Tomonaqanın işlərində verilmiş kvant elektrodinamikası) bütün fundamental qarşılıqlı təsirlərin hamısından əvvəl etibarlı təsvirə sahib oldu.

Elektrodinamika əvvəllər pərakəndə şəkildə olan elektrik, maqnit və optik hadisələri vahid baxımdan təsvir etməyin nümunəsi oldu və indiyədək fiziki nəzəriyyələr üçün dəqiqlik etalonu olaraq qalır. Kvant elektrodinamikasının öncəgörmələri eksperimentlə vergüldən sonra 12-13-cü işarə dəqiqliyilə üst-üstə düşür. Təsadüfi deyildi ki, fiziklər bütün digər fundamental qarşılıqlı təsirlərin nəzəriyyəsini elektrodinamikaya oxşar şəkildə qurmağa cəhd etmişlər.

QARŞILIQLI QRAVİTASİYA TƏSİRİ

Bu yalnız maddənin zərrəciklərinin deyil, həm də sahələrin iştirak etdiyi ən universal və hər şeyi əhatə edən qarşılıqlı təsirdir. Hələ 1666-cı ildə kəşf olunmuş və Nyutonun ümumdünya cazibə qanunu adlandırdığı qanuna görə bütün cisimlər bir-birini onların kütlələrilə düz, aralarındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olan qüvvə ilə cəzb edir. Nyutonun fikrinə görə, bütün Yer cisimləri (o cümlədən alma) və göy cisimləri (o cümlədən Ay) bu qanuna tabedir. Yalnız iki yüz ildən çox bir müddət keçəndən sonra məlum oldu ki, kütləsi sıfır olan fotonlar da mövcuddur. Bu vaxta qədər Nyuton qanunlarının universallığına qarşı heç bir şübhə yaranmamışdı. Bir qədər başqa sual narahat edirdi: cazibə qüvvələrinin təbiəti necədir? Çünki Günəş sisteminin quruluşu və stabilliyinə və deməli, bizim planetin gələcəyinə məhz bu qüvvələr cavabdehdir.

Nyutonun qravitasiya nəzəriyyəsi ilə uyğunsuzluqların bir hissəsini getdikcə mürəkkəbləşən hesablamalarla aradan qaldırmaq mümkün olurdusa da, prinsipial xarakterli uyğunsuzluqlar da yaranırdı ki, bu da daha mükəmməl nəzəriyyəyə ehtiyacın olduğunu göstərirdi.

Qravitasiyanın "Ümumi nisbilik nəzəriyyəsi" adlanan ümumiləşmiş nəzə-

riyyəsini Albert Eynşteyn 1915-ci ildən 1918-ci ilə qədər keçən bir dövr qurdu. Bundan 10 il əvvəl Eynşteyn fəza və zamanı dünya hadisələrinin vahid bir meydanı şəklində birləşdirərək, xüsusi nisbilik nəzəriyyəsini (relyativistik nəzəriyyəni) işləyib hazırlamışdı. Bu, zərrəciklərin işıq sürətinə yaxın sürətlərlə hərəkətini təsvir etməyə imkan verdi. Əgər "kvant pilləkəninin" atom pilləsində hələ relyativistik effektləri nəzərə almadan keçinmək mümkün idisə, indi nüvə, xüsusilə də adron pilləsində artıq bu mümkün deyildi, ona görə də elementar zərrəciklər və sahələr fizikasını çox vaxt relyativistik kvant fizikası adlandırırlar.

Eynşteyn qravitasiyanı fəza-zamanın əyriliyilə əlaqələndirdi; bu əyrilik ağır cisimlərin və ya qeyri-trivial enerjili zərrəciklərin iştirakı ilə yaranır. Eynşteyn qravitasiyası yalnız ulduz sistemlərində planetlərin hərəkətini deyil, həm də, Nyuton nəzəriyyəsindən fərqli olaraq, ulduzlarda, qalaktikalarda və hətta bütövlükdə Kainatda gedən təkamül proseslərini də təsvir etməyə qadirdir. İlk dəfə idi ki, Kainatın mənşəyi və inkişafı problemləri spekulyativ və ya nəzəri mühakimələrin predmetinə yox, "kosmologiya" adlanan konkret bir fiziki elmin məsələlərinə çevrildi.



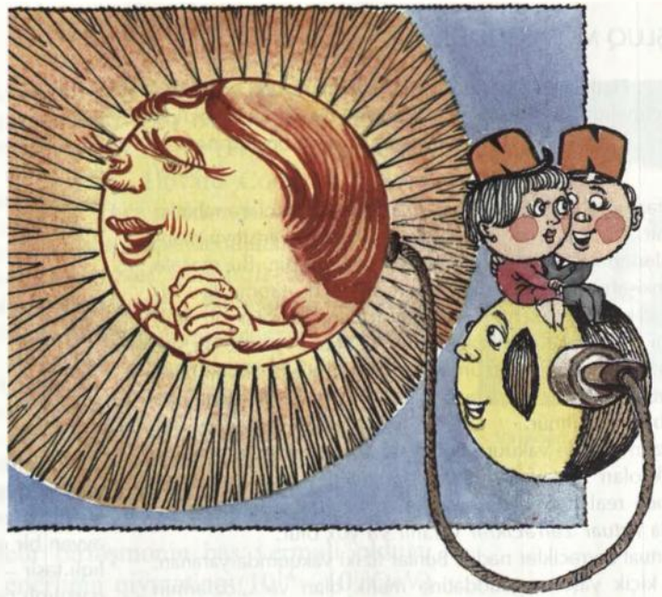
Lakin qeyd etmək lazımdır ki, ümumi nisbilik nəzəriyyəsi yalnız nisbətən zəif qravitasiya sahələri olduqda işləyir və qravitasiya "qara dəliklərinin" daxilində və ya Kainat doğulduqdan sonra (Böyük partlayış) ilk anlarda onun hallarını təsvir edərkən gücsüzdür. Bunun üçün kvant qravitasiya nəzəriyyəsi tələb olunur ki, bu da indiyədək yaradılmayıb. Kvant qravitasiyası qravitasiya qarşılıqlı təsirinin mexanizmi haqqındakı suala da cavab verməlidir. Fərz olunur ki, o, qravitonların – spini 2 olan kütləsiz zərrəciklərin mübadiləsi hesabına həyata keçirilməlidir. Lakin nə qravitonlar, nə də ümumi nisbilik nəzəriyyəsinin qabaqcadan xəbər verdiyi qravitasiya dalğaları hələlik təcrübədə aşkar olunmamışdır.

GÜCLÜ QARŞILIQLI TƏSİR

Atom nüvəsinin kəşfindən və onun tərkibinin (neytronlar + protonlar) aydınlaşdırılmasından sonra məlum oldu ki, müəyyən qüvvələr müsbət yüklü protonları nüvənin daxilində tutub saxlamalı və deməli, elektrostatik itələmə qüvvələrini üstələməlidir. Ona görə də atom nüvələrinin stabilliyini təmin edən qarşılıqlı təsir güclü qarşılıqlı təsir adlandırıldı.

Zərrəciklər fizikasında qarşılıqlı təsir qüvvəsini adsız sabitlərlə xarakterizə etmək qəbul olunmuşdur və müxətlif qarşılıqlı təsirləri müqayisə etmək üçün həmin sabitləri fiksə olunmuş enerjidə hesablamaq lazımdır.

Yer şəraitində əldə oluna biləcək enerjilərdə (1 QeV) elektromaqnit qarşılıqlı təsir sabiti $\alpha = 1/137$, güclü qarşılıqlı təsir sabiti $\alpha_{GQT}=0{,}2$-yə, qravitasiya sabiti $\alpha_{QQT}=6\cdot10^{-39}$-a, zəif qarşılıqlı təsir sabiti $\alpha_{ZQT} = 10^{-5}$-ə bərabərdir.



Adronların kvark quruluşunun kəşfindən sonra aydın oldu ki, adronların daxilində kvarklar arasındakı qarşılıqlı təsir fundamental təsirdir və "güclü" adı ona keçdi. Nüvədə nuklonlar arasında π-mezonların mübadiləsi yolu ilə həyata keçirilən qarşılıqlı təsir isə nüvə qüvvələri və ya 1935-ci ildə nüvə qüvvələrinin nəzəriyyəsini təklif etmiş yapon nəzəriyyəçi – fiziki Xidoki Yukavanın adı ilə Yukava qarşılıqlı təsiri adlanır. Molekullararası və atomlararası qüvvələr elektromaqnit qüvvələrinin təzahürü olduğu kimi, nüvə qüvvələri də güclü qarşılıqlı təsirin təzahürüdür.

Elektromaqnit qarşılıqlı təsirdən fərqli olaraq, güclü qarşılıqlı təsir qısa təsirlidir: onun təsir radiusu nuklonun ölçülərilə – 10^{-15} m ilə məhdudlanır. Güclü qarşılıqlı təsir kvarklar arasında kütləsiz qlüonların mübadiləsi yolu ilə reallaşır. Lakin burada elektronlar arasında kütləsiz fotonlarla mübadilə ilə müqayisədə, çox mühüm bir fərq mövcuddur. Fotonlardan fərqli olaraq, qlüonlar rəng yükü daşıyır, yəni öz aralarında da qarşılıqlı təsirdə olmaq qabiliyyətinə malikdir. Kvarklar bir-birinin yanında yerləşəndə, onlar qlüonlar buraxaraq, sanki, özlərini qlüon buludu ilə əhatə etmiş olur. Kvarkları bir-birindən uzaqlaşdırmaq cəhdi ona gətirib çıxarır ki, kvarkları "yapışdıran" qlüonlar əvvəlcə borucuqlar şəklində dartılıb uzanır və bu borucuqların üzərinə, məftillər üzərinə qırov düşən kimi, təkcə qlüon buludunun özü deyil, həm də əvvəl "həyəcanlandırılmış" qlüonların buraxdıqları yeni qlüonlar çoxluğu da çökür. Kvarkları bağlayan qüvvələr dəfələrlə böyüyür, əvvəllər kütləsiz olan qlüonlar ətalət xassələri qazanır. Hesablamalara görə, adronların kütləsinin 90%-ə qədəri qlüonların bu qeyri-adi xassələrilə təmin olunur, kvarkların konfaynmentini də onlar törədir. Güclü qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsi kvant xromodinamikası (*yun.* "xroma" – "rəng") adlanır. Onun yaradıcılarından biri Mürrey Gell-Mann olmuşdur.

ZƏİF QARŞILIQLI TƏSİR

Zəif qarşılıqlı təsir nüvə qarşılıqlı təsirilə eyni vaxtda aşkar olunmuşdur, lakin onun fundamentallığını dərk edənə qədər alimlər xeyli uzun müddət araşdırmalar aparmışdılar. 1896-cı ildə Anri Bekkerel tərəfindən radioaktivliyin kəşfindən sonra, α- və γ-şüaların təbiətini xeyli tez araşdırdılar, ancaq β-şüalar 1920-ci illərə qədər sirr olaraq qaldı. Yalnız həmin vaxt aydın oldu ki, onları nə elektromaqnit, nə də nüvə qüvvələrinə gətirmək olmaz. Zərrəciklərin elektron (və ya pozitron) və məcburi surətdə, neytrino buraxmaqla parçalanmasını təmin edən daha bir

BOŞLUQ MÖVCUDDURMU?

Fizikin işi – boşluq haqqındakı məsələni müzakirə etməkdir. Boşluq mövcuddur, ya yox və hansı şəkildə mövcuddur və ya boşluq nədir...
Aristotel

Boş fəza problemi iki min ildən artıqdır ki, alimlərə rahatlıq vermir. Dünyanın Qaliley, Dekart, Nyuton, Eynşteyn mənzərələrində onun müxtəlif halları verilmişdir. Bu məsələ öz inkişafını qədim yunan fəlsəfəsində də tapmışdır. Yunanlar boşluğu "kenon" adlandırırdılar. Sonralar bu adın yerini latın sözü olan vacuum – "vakuum" tutdu. Bu söz yenə "boşluq" kimi tərcümə olunsa da, müasir elmdə *fiziki vakuum* dedikdə heç də qədimlilərin nəzərdə tutduqları şey başa düşülmür.

Bizim dövrdə vakuum bütün sahələrin minimal enerjiyə malik olan həyəcanlanmamış halına deyilir. Sahənin bu halında real zərrəciklər yoxdur, əvəzində olduqca çoxlu sayda *virtual zərrəciklər* yaranır və yox olur.

Virtual zərrəciklər nədir? Bunlar fiziki vakuumda yaranan, çox kiçik yaşama müddətinə malik olan və ...özlərinin yaranması və yox olması ilə enerjinin saxlanması qanununu pozan zərrəciklərdir. Axı kvant mexanikasının əsas prinsiplərindən birinə – zərrəciyin enerjisinin ölçülmə dəqiqliyilə, enerjinin ölçülməsinə sərf olunan zaman arasındakı qeyri-müəyyənlik münasibətinə görə: $\Delta E \cdot \Delta t \approx \hbar$, burada $\hbar = 1{,}05 \cdot 10^{-34}$ C·san – Plank sabitidir. Belə çıxır ki, çox qısa müddətə olsa da, enerjinin saxlanması qanununun pozulması mümkündür: vakuumdan ΔE enerjili zərrəcik yaranır, lakin $\Delta t \approx \hbar/\Delta E$ aşmayan müddətə. Bu cür zərrəciklərin yaşama müddəti olduqca kiçik olur və heç bir cihazın köməyilə ayrı-ayrı virtual zərrəciyi qeydə almaq mümkün deyil.

Lakin onlar vakuumu doldurur və vakuumda hər hansı real zərrəciyi yerləşdirdikdə ona xeyli təsir göstərir. Məsələn, elektronun ətrafında vakuum *polyarizə olunur*: virtual pozitronlar real elektrona cəzb olunur, virtual elektronlar isə elektrondan itələnir. Nəticədə elektronun yaratdığı sahə zəifləyir və məsafədən elektronun yükünü ölçərkən belə təəssürat yaranır ki, yük azalır. Əksinə, elektrona yaxınlaşdıqca və virtual zərrəciklər buludunun dərinliyinə nüfuz etdikcə yük artır. Bu səbəbdən *yükü qaçan sabit* adlandırırlar. Güclü və zəif qarşılıqlı təsirlərin də sabitləri qaçan sabitlərdir, ancaq məsafənin artması ilə onlar artır.

Bundan başqa, qaçan sabitlər əlavə olaraq impulsdan da asılıdır. Qeyri-müəyyənlik prinsipinin başqa formasına uyğun olaraq, qarşılıqlı təsirdə olan iki zərrəcik bir-birinə yaxın olduqca, onlar bir-birilə bir o qədər böyük impulsla mübadilə edir: $\Delta x \cdot \Delta p \approx \hbar$. Elektrik yükü impulsla birlikdə artır, güclü və zəif yüklər isə azalır. İmpulsun və enerjinin müəyyən bir qiymətində qaçan sabitlər bərabərləşir. Üç qarşılıqlı təsir – elektromaqnit, güclü və zəif qarşılıqlı təsirlər bir qarşılıqlı təsirdə birləşir.

Mümkün olan ən dərin səviyyədə – 10^{-35} m tərtibli məsafələrdə, yəni fəza-zamanın özünün xassələrinin dəyişməyə başladığı məsafələrdə mənzərə daha maraqlıdır: xaotik olaraq yaranan və yox olan yüksək enerjili virtual zərrəciklər öz ətraflarında fəza-zamanı təhrif edir. Yaranan və dərhal da yox olan "köstəbək yuvaları" və "körpücüklərlə" dolmuş köpüyə bənzər mürəkkəb bir quruluş əmələ gəlir. Proton Günəşdən neçə dəfə kiçikdirsə, bu "yuvaların" və "körpücüklərin" ölçüləri də protonun radiusundan bir o qədər kiçikdir.

Bugünkü gündə onları eksperimentdə aşkar etmək üçün heç bir imkan yoxdur.

qarşılıqlı təsir daxil etmək lazım gəldi. Bəzən zəif qarşılıqlı təsiri aşağıdakı kimi də təyin edirlər: əgər qarşılıqlı təsir prosesində neytrino (və ya antineytrino) iştirak edirsə, onda həmin qarşılıqlı təsir zəif qarşılıqlı təsirdir.

Bu, güclü qarşılıqlı təsirdən də qısatəsirli qarşılıqlı təsirdir, onun təsir radiusu 10^{-17} m-dir, yəni zəif qarşılıqlı təsir hətta nuklon miqyaslarında da sürətlə azalır. Belə olduqda zəif qarşılıqlı təsirin "vəzifə dairəsinə", β-radioaktivliklə yanaşı, Günəşin və digər ulduzların energetikası və işıqlılığı, ifratyenilərin partlayışları kimi olduqca mühüm proseslər daxildir.

Zəif qarşılıqlı təsirin daşıyıcıları, $W^{\pm}$ və Z^0 bozonlar adlanan zərrəciklər təcrübi olaraq yalnız 1983-cü ildə aşkar olundu. Onlara aralıq bozonlar deyilir: onların kütləsi protonun kütləsindən 100 dəfə çoxdur, onlar 1-ə bərabər spinə malikdir və olduqca qeyri-stabildir. Həm təsir radiusunun bu qədər kiçik olması, həm də neytrinonun maddə ilə son dərəcə zəif qarşılıqlı təsiri bu faktla izah olunur. Hətta neytrinolar üçün, onların bu üzündən girib o biri üzündən çıxdıqları Yer kürəsi, görünən işığın fotonları üçün nazik pəncərə şüşəsinin şəffaflığından daha şəffafdır.

ELEKTROZƏİF QARŞILIQLI TƏSİR

1979-cu ildə dünya bildi ki, fizika üzrə növbəti Nobel mükafatı amerikalılar Stiven Vaynberqə (1933-cü ildə doğulub), Şeldon Qleşouya (1932-ci ildə doğulub) və Əbdus Salama (1926-1995) verilmişdir. Nobel komitəsinin qısa şərhində deyilirdi: mükafat "zəif və elektromaqnit qarşılıqlı təsirləri birləşdirən nəzəriyyənin qurulmasına verdikləri fundamental paya görə" təqdim olunur.

Salam və Vaynberq bu nəzəriyyənin ilk variantını hələ 1967-ci ildə təklif etmişdilər, lakin fiziklər tərəfindən o, dərhal yox, yalnız eksperimentlərin gedişi zamanı onun müxtəlif öncəgörmələri ("məftun" kvarkın və aralıq bozonların mövcudluğu) təsdiq olunduqdan sonra qəbul edildi.

Məlum oldu ki, elektromaqnit və zəif qarşılıqlı təsirlər çox yaxın "qohumlardır". Vahid nəzəriyyədə bu qarşılıqlı təsirlər eyni bir "valideynin" – ətirlər simmetriyasının spantan pozulması sayəsində iki yerə ayrılmış daha universal bir qarşılıqlı təsirin "nəsilləri" kimi çıxış edirlər.

Elektrozəif qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsi həmçinin əvvəllər bir-birindən asılı olmayan hesab edilən kəmiyyətlər arasında – xüsusən elektrik yükü ilə zəif yük arasında münasibətlər müəyyən etməyə imkan verdi. Bunun sayəsində nəzəriyyənin öncəgörmə gücü artdı, indi onun bütün nəticələri ya eksperimentlə uzlaşır, ya da eksperimenti qabaqlayır. Lakin evristik baxımdan ən əhəmiyyətlisi odur ki, bu nəzəriyyənin qələbəsi tədqiqatları keyfiyyətcə yeni səviyyəyə çıxardı. "Kvant pilləsilə" aşağıya doğru sonrakı addımları atmaq əvəzinə o, sintez məsələsinə – bütün fundamental qarşılıqlı təsirləri birləşdirən və onların əsasında duran ümumi qanunların axtarışına başlamağa imkan verdi.

BÖYÜK BİRLƏŞMƏ

Zəif və elektromaqnit qarşılıqlı təsirlər arasındakı fərq $E \approx m_w c^2 \approx 100$QeV enerjilərdə silinir (m_w – W-bozonun kütləsidir). Hovard Corci və Şeldon Qleşou fərz etdilər ki, daha yüksək enerjilərə keçəndə daha bir birləşmə – elektrozəif qarşılıqlı təsirin güclü qarşılıqlı təsirlə birləşməsi baş verməlidir. Uyğun nəzəri sxemlər Böyük birləşmə adını almışdır. Bütün bu nəzəriyyələrdə üç qarşılıqlı təsirə (güclü, zəif və elektromaqnit) eyni bir "ünsürün" – hər hansı bir universal ("elektronüvə") qarşılıqlı təsirin xüsusi təzahürləri kimi baxılır. Lakin bu cür birləşmənin baş verməli olduğu enerjinin qiymətinə (10^{14} – 10^{15}QeV) diqqət yetirsək, belə birləşmədən gözlənilən eyforiyanı ümidsizlik əvəz edə bilər. Həmin enerji təkcə təsəvvürə sığan gələcəyin sürətləndiricilərində əldə olunacaq enerjidən 10-11 tərtib böyük deyil, həm də Yer şəraitində hətta ən fantastik təxəyyüldə belə mümkün ola bilən enerjidən (əgər fərz etsək ki, nə vaxtsa Yer kürəsini qurşaq kimi əhatə edən sürətləndirici qurulacaq) milyonlarla dəfə böyükdür.

Kainatın dərinliklərindən gələn kosmik şüalar da, təəssüf ki, bu işdə kömək etməkdə gücsüzdür, çünki onlarda rast gələn zərrəciklərin enerjisi 10^6 QeV-i aşmır.

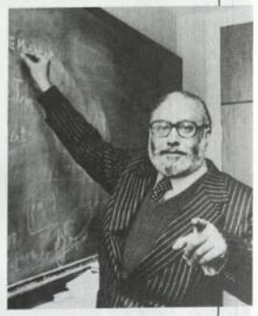
Böyük birləşmənin həlledici sübutlarından biri protonun qabaqcadan xəbər verilən parçalanmasının eksperimental aşkar edilməsi ola bilərdi. Əvvəllər proton mütləq stabil zərrəcik hesab olunurdu (onun daha yüngül zərrəciklərə parçalanması barion və lepton ədədlərinin saxlanması qanunları ilə qadağan olunur). Lakin Böyük birləşmənin bütün sxemləri eyni zamanda həm barion, həm də lepton yüklərinə malik olan 12 yeni zərrəciyin – ağır



S.Vaynberq.



Ş.Qleşou.



Ə.Salam.

X və Y bozonların (lepto-kvarkların) mövcudluğunu qabaqcadan xəbər verir. Belə zərrəciklərin iştirakı ilə gedən qarşılıqlı təsirlərdə bu yüklər artıq saxlanmaya bilər. Məsələn, proton pozitrona və neytral piona çevrilə bilər: $p \rightarrow \pi^0 + e^+$.

Böyük birləşmənin sadə variantlarında hesab olunur ki, protonun orta yaşama müddəti son dərəcə böyük – 10^{30} il olmalıdır ki, bu da bizim Kainatın yaşından 20 tərtib böyükdür! Lakin protonun parçalanmasını qeydə almaq üçün bütün bu 10^{30} ili gözləmək lazım deyil. Bu axı yalnız orta yaşama müddətidir. Bundan başqa bizi əhatə edən maddədə proton olduqca çoxdur. Məsələn, 16 t suda onların sayı 10^{31}-ə yaxındır. Deməli, bu suda bir il ərzində (protonun orta yaşama müddəti 10^{30} il olduqda) parçalanmaları qeyd etməklə, protonun 10 parçalanmasının aşkar ediləcəyinə ümid etmək olar.

Müxtəlif ölkələrdə aparılan eksperimentlər göstərir ki, proton daha çox, hər halda, 10^{32} ildən çox yaşayır. Bu o deməkdir ki, Böyük birləşmənin sadə modelləri doğru deyildir. Bununla belə, deyirlər ki, doğru nəzəriyyə mütləq gözəl olur, lakin bunun tərsi doğru deyil – hər gözəl nəzəriyyə doğru olmaya bilər. Böyük birləşmənin daha mürəkkəb variantlarını, təəssüf ki, hazırda eksperimental olaraq yoxlamaq qeyri-mümkündür; onlar protonun yaşama müddətinin böyük qiymətlər aldığını qabaqcadan xəbər verir.

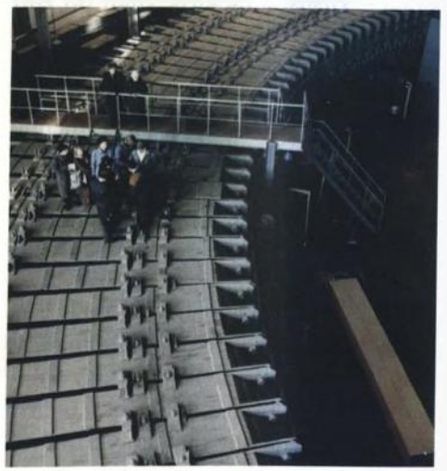
SUPERBİRLƏŞMƏ

Əgər hər hansı məsələ müstəvidə həll olunmursa, bəzən onu fəzada həll etmək olur. Əgər hər hansı problem verilmiş nəzəriyyə çərçivəsində həll olunmursa, onda daha ümumi sxem qurmağa cəhd etmək olar, elə sxem ki, bu problem orada avtomatik həll oluna bilər. Fiziklər qravitasiya da daxil olmaqla, bütün dörd qarşılıqlı təsiri birləşdirmək haqqında düşünməyə başladılar. İlk baxışda belə bir şey qeyri-mümkündür. Çünki bu qarşılıqlı təsirlərin intensivlikləri arasında fərq olduqca böyükdür. Məsələn, hidrogen atomu daxilində elektronun protona qravitasiya cəzbolunma qüvvəsi onların elektrik cazibə qüvvəsindən 10^{39} dəfə zəifdir. Lakin zərrəciklərin enerjisi artdıqca və onlar arasındakı məsafə azaldıqca başlanğıcda zəif olan qravitasiya qarşılıqlı təsiri tez artmağa başlayır. 10^{19} QeV enerjilərdə və qarşılıqlı təsirdə olan zərrəciklər arasındakı məsafə 10^{-33} sm tərtibində olduqda

▶▶ Sürətləndiricinin yeraltı inyeksiya kanalının halqası. Uzunluğu 2,7 km-dir. Yüksək Enerjilər Fizikası İnstitutu. Protvino.

▼ Sinxrofazotron. Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutu. Dubna. 1997-ci il.





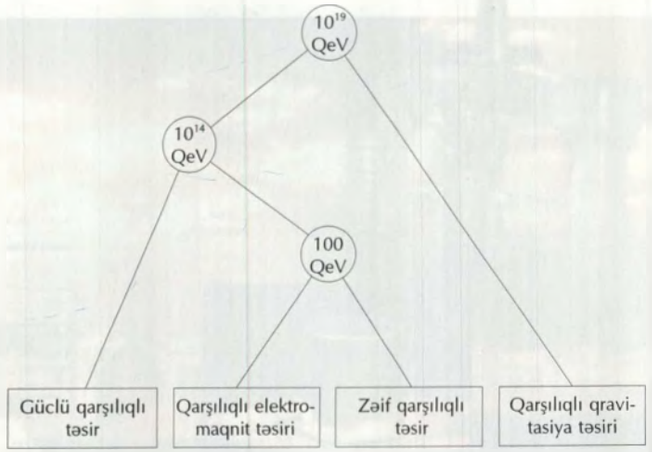
bütün dörd qarşılıqlı təsirin intensivlikləri bərabərləşir və superbirləşmə adlanan şey baş verir.

Müasir təsəvvürlərə görə məhz bu cür enerjilərdə və məsafələrdə (bunlar alman alimi Maks Plankın şərəfinə Plank enerjisi və Plank məsafəsi adlanır) təbiətin başlıca dramı oynanılır. Lev Borisoviç Okunun sözlərinə görə, "fiziki aləmin əsas qanunauyğunluqlarının yaradıldığı mənbə" məhz burada yerləşir.

Təəssüf ki, laboratoriyada nə vaxtsa bizim bu cür miqyaslarla "oynayacağımızın" baş tuta biləcəyi üçün heç bir şansımız yoxdur: çünki orada belə enerjilər yoxdur və olmayacaq da, bir o qədər kiçik məsafələrdə gedən prosesləri öyrənmək üçün "mikroskop" da olmayacaq.

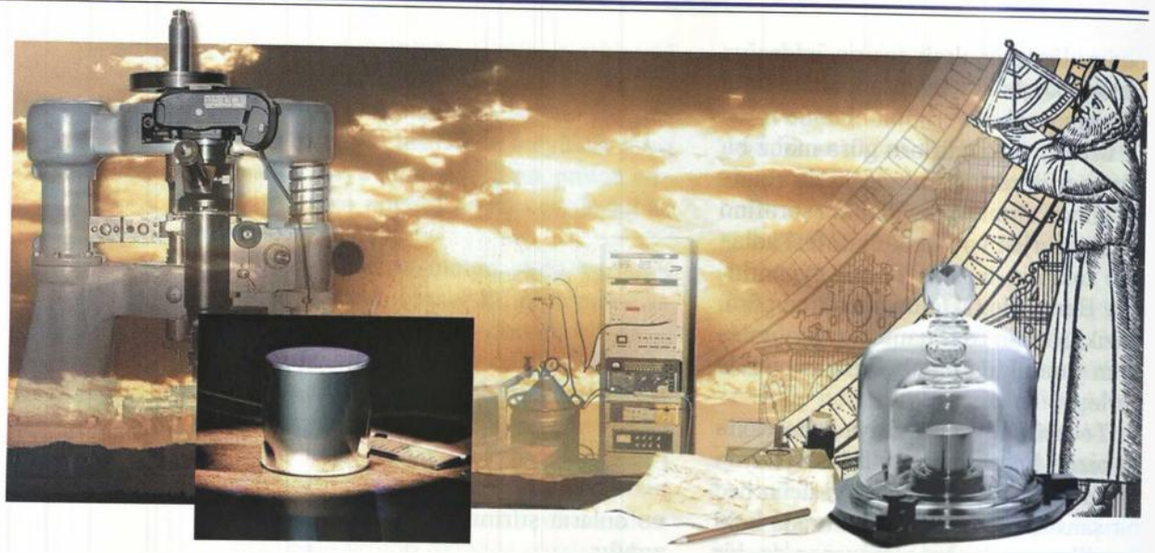
Tanınmış Amerika fiziki D.Şremmin qeyd etdiyi kimi, Stanford xətti sürətləndiricisi tipli, lakin enerjisi 10^{19} QeV olan bir sürətləndiricinin qurğusu bizdən Kentavrın alfa ulduzuna qədər uzanardı.

Ümid yalnız təbii laboratoriyaya qalır. Əgər Kainata kosmoloji planda baxsaq, onda Kainat bu cür laboratoriya olar. Şübhəsiz, Kainat özünün genişlənməsi prosesində "eksperiment" üçün bütün zəruri şərtlərin mövcud olduğu mərhələləri keçmişdir (doğrudur, qeyri-adi sürətlə). Ola bilsin ki, o dövrlərdən hər hansı izlər qalmışdır? Əgər qalıbsa, onda onları aşkar etmək



və onların şifrinin açarını tapmaq lazımdır.

Lakin indi bu problemin həllinə başqa yanaşma işləyib hazırlamağa başlamışlar. Müasir superkompüterlərin köməyilə alimlər Kainatın doğulduğu andan (Böyük partlayışdan) bizim günlərə qədər təkamülünü modelləşdirməyə çalışırlar. Kompüterə həm dəqiq müəyyən olunmuş qanunauyğunluqlar, həm də alimlərin Böyük partlayış anında materiyanın nədən ibarət olduğu haqqındakı və partlayışdan dərhal sonra hansı proseslərin baş verə biləcəyi haqqındakı fərziyyələr yerləşdirilir. Əgər başlanğıc şərtlərin elə bir variantı olacaqsa və bu halda kompüter "deyəcək" ki, hazırda Kainat həqiqətdəki kimi olmalıdır, onda ümid etmək olar ki, fərziyyələr doğrudur.



FİZİKANIN BAŞLANĞICI VƏ METODLARI

MÜMKÜN OLAN HƏR ŞEYİ ÖLÇ

Ölçülməsi mümkün olan hər şeyi ölç və ölçülməsi mümkün olmayanı mümkün et.

Qalileo Qaliley

ÖLÇMƏLƏR VƏ ETALONLAR

İnsan hər şeyi daim müqayisə edir: çay meşədən daha uzaqdadır, bu ağac növbəti ağacdan hündürdür... Lakin göz önündə olmayan şeylər haqqında da danışmaq lazım gəlir; məsələn, şəhərə filan qədərdir, filan qədər uzunluqlu çubuq lazımdır. Həm də axtarılan əşyanın və ya obyektin ölçüsü (uzunluğu, dərinliyi və s.) haqqında elə danışmaq lazımdır ki, hamı başa düşsün. Onda onu hamıya məlum olan müəyyən bir şeylə müqayisə edirlər: zamanı sutkanın davamlılıq vaxtı ilə, uzunluğu insanın hər hansı bir hissəsilə müqayisə etmək əlverişlidir. Məsələn, qədimdə uzunluq vahidi olaraq dirsək – "dirsəkdən orta barmağın ucuna qədər" məsafə götürülürdü ki, bu da 46 sm-ə yaxındır.



▸ Çar əşyanın tərəzidə çəkilməsini müşahidə edir. Lakonidən nimçə. Təxminən e.ə. 560-cı il.

Ölçmə anlayışı belə yarandı, onsuz fizika, texnika, müasir sivilizasiya olmazdı. Ölçmə aparmaq ölçülən kəmiyyətdə ölçü vahidinin neçə dəfə yerləşdiyini müəyyən etmək deməkdir. Əvvəlcə hər bir ölkədə, bəzən isə eyni bir ölkənin müxtəlif bölgələrində bu vahidlər fərqlənirdi. Qədim Misirdə uzunluğu ölçmək üçün çar dirsəyindən (52,5 sm-ə yaxın) və kiçik dirsəkdən (45 sm-ə yaxın) istifadə olunurdu, Babilistanda isə dirsək təxminən 54 sm təşkil edirdi. Babilistan pəncəsi (uzunluq vahidi) 32,5 sm-ə yaxın idi, müasir ingilis futu (*ing.* foot – "pəncə") isə 30,48 sm-ə bərabərdir. Hətta bu gün oxşar adları olan ölçü vahidləri heç də həmişə bir-birilə üst-üstə düşmür; məsələn, beynəlxalq dəniz mili 1852 m-ə, Böyük Britaniyada isə 1853 m-ə bərabərdir.

XVIII əsrin sonunda Avropa ölkələrində yüzə yaxın ayrı-ayrı "futlar", onlarca müxtəlif "millər", yüzdən artıq "funtlar" mövcud idi ki, bu da ticarətə çox mane olurdu. 1789-cu ildə Fransanın ticarət mərkəzləri qanunvericilik qaydası ilə bütün ölkə üçün eyni olan ölçü vahidlərinin daxil edilməsi haqqında hökumətdən xahiş etdilər. Hökumət bu məsələyə baxmağı xüsusi komissiyaya həvalə etdi. Bu komissiyada riyaziyyatçılar, astronomlar və fiziklər işləyirdilər. Onların arasında Pyer Simon Laplas, Qaspar Monj, Jan Antuan Nikola Kondorse var idilər. Xristian Hüygens uzunluq etalonu kimi rəqslərinin periodu 1 san-yə bərabər olan rəqqasın ipinin uzunluğunu qəbul etməyi təklif etdi. Belə olduqda uzunluq vahidi sərbəstdüşmə təcilindən asılı olardı. Sərbəstdüşmə təcili isə müxtəlif enliklərdə müxtəlifdir (ekvatorda 9,780 m/san^2, qütblərdə 9,833 m/san^2-dır). Ona görə komissiya qərara aldı ki, uzunluğun ölçü vahidi olaraq üzərində Parisin yerləşdiyi meridianın uzunluğunun 1/40 milyonda biri kimi təyin edilən metr qəbul edilsin. Meridianın uzunluğunu ölçmək üçün astronomların və geodezistlərin rəhbərliyi altında ekspedisiya təşkil olundu. Bir neçə il ərzində (1792-ci ildən 1799-cu ilə qədər) meridianın Dünker və Barselona arasındakı hissəsinin (1000 km-ə yaxın) bucaq ölçmələri aparıldı. Sonra alınmış nəticələr əsasında metrin platin etalonu hazırlandı.



Kütlə vahidi (kiloqram) olaraq komissiya 4°C temperaturda 1 dm^3 (metr anlayışı artıq daxil edilmişdi) distillə olunmuş suyun kütləsini qəbul etdi. Tərəzidə çəkilmə vakuumda aparıldı. Laplas hər iki etalonu Milli Məclisə təqdim etdi və məclis onları 1799-cu il dekabrın 10-da təsdiq etdi. Zaman vahidi – saniyəni orta Günəş sutkasının 1/86400 hissəsi hesab etmək qərara alındı. Aydındır ki, saniyə etalonunu stolun üstünə qoymaq olmaz və fiziklərin sözünə inandılar. Bir ildən sonra yeni, XIX yüzillik başladı və bəşəriyyət bu yüzilliyə, doğrudur, hələ hamı tərəfindən qəbul edilməsə də, yeni vahidlər sistemilə qədəm qoydu.



Verst sütunu. Moskva.

J.Dalamber. "Meridian qövsünün uzunluğunu təyin etməyin analitik üsulları". Paris. 1799-cu il. 1795-ci ilin astronomiya və geodeziya ekspedisiyasının nəticələrinə dair hesabat.



Ticarəti genişləndirmək, müxtəlif ölkə alimlərinin və mühəndislərinin kontaktlarını davam etdirmək üçün ümumi vahidlər sistemi tələb olunurdu. 1875-ci ildə 17 ölkə Metrik konvensiyanı imzaladılar. Bu sənədə uyğun olaraq, onlar özlərində metrik ölçü sistemini daxil etdilər, metrin və kiloqramın etalonu olaraq Paris yaxınlığında Sevrdə Beynəlxalq ölçü və çəki bürosunda saxlanan prototipləri qəbul etdilər. Misli və hissə vahidlərini elə qurmağı qərara aldılar ki, onlar əsas vahidin onda, yüzdə, mində bir və daha kiçik hissəsini və ya on, yüz və s. dəfə böyük mislilərini təşkil etsin.

Ölçü aparmaq və ölçü cihazlarını qurmaq üçün etalonlar lazımdır. Lakin metr etalonu bir dənədir. Onun əsasında ikincili etalonlar, onların da əsasında üçüncülü etalonlar və s. ta məktəbli xətkeşlərinə qədər düzəldilər. Sistem çox da əlverişli deyil. Fizikanın inkişafı ilə əlaqədar nadir etalonla bağlı olmayan uzunluq ölçü vahidi daxil etmək imkanı yarandı. 1983-cü ildən Ölçü və çəki üzrə Baş konfransın qərarı ilə 1 metr olaraq vakuumda elektromaqnit şüalanmanın saniyənin 1/299 792 458 hissəsində keçdiyi məsafə qəbul edilir. Etalonun belə təyin olunması nəinki yalnız aralıq etalonlarsız keçinməyə imkan verir, həm də ölçmələrin dəqiqliyini xeyli artırır.

İndi zamanın əsas ölçü vahidi olaraq, kütlə ədədi 133 olan sezium atomunun müəyyən səviyyələri arasındakı şüalanmanın 9 192 631 770 periodunda bərabər müddət kimi təyin olunan saniyə qəbul edilmişdir. Kütlə vahidi (kiloqram) olaraq platin-iridium xəlitəsindən hazırlanmış çəki daşının kütləsi qəbul edilir. O, Beynəlxalq ölçü və çəki bürosunda saxlanılır.

FİZİKİ KƏMİYYƏTLƏRİN VAHİDLƏR SİSTEMİ

Uzunluğun (deməli, sahə və həcmin) və çəkinin ölçü vahidlərinin qəbul edilməsi ticarətin, tikintinin, geodeziyanın bir çox problemini həll etdi. Lakin elm və texnika üçün mexaniki, istilik, elektromaqnit və optik kəmiyyətlərin ölçü vahidləri lazım idi. Əlbəttə ki, bütün kəmiyyətlər: sürət, qüvvə, enerji, istilikkeçirmə əmsalı, elektrik sahəsinin intensivliyi və s. üçün asılı olmayan etalonlar daxil etmək olardı. Onda gedilən yolun zamandan asılılığını $S = k_1vt$ şəklində, Nyutonun ikinci qanununu $F = k_2ma$ şəklində yazmaq lazım gələrdi, yəni bütün düsturlarda ölçüsü olan əmsallar ortaya çıxardı. Bu nöqsanı aradan qaldırmaq üçün 1830-cu illərdə Karl Fridrix Qauss (1777–1855) əsas ölçü vahidləri olaraq L uzunluğu, M kütləni və T zamanı qəbul etməyi təklif etdi.

Əsas vahidlərdən istifadə etməklə, törəmə vahidlər qurmaq olar. Məsələn, sürət vahidi elə sürətdir ki, bu halda bərabər sürətlə hərəkət edən cisim vahid zamanda uzunluq vahidini qət edir. Təcil vahidi də analoji təyin edilir, qüvvə vahidi isə Nyutonun ikinci qanunu əsasında, vahid kütləli cismə bir təcil vahidi verən qüvvə kimi təyin olunur. Praktik olaraq, bütün vahidlər sistemi bu prinsip əsasında qurulmuşdur.

Bir çox törəmə vahidlərə alimlərin adları verilir. Məsələn, BS sistemində qüvvə vahidi – nyuton, iş vahidi – coul, təzyiq vahidi – paskaldır.



Volfqanq Pauli yüz faiz nəzəriyyəçi idi. Onun istənilən eksperimental avadanlıqla davranma qabiliyyətsizliyi dostları arasında zərbi-məsələ çevrilmişdi. Hətta deyirdilər ki, onun laboratoriyaya daxil olmağı kifayətdir ki, orada nə isə bir şey dərhal işləməsin. Bu müəmmalı hadisəni "Pauli effekti" (kvant nəzəriyyəsindəki məşhur "Pauli prinsipi"ndən fərqli olaraq) adlandırırdılar.

Pauli effektinin sənədlərlə qeydə alınmış təzahürlərindən ən təəccüblüsü aşağıdakından ibarətdir. Bir dəfə Gettingendə Ceyms Frankın laboratoriyasında həqiqi partlayış baş verir və bahalı qurğu dağılır. Bu fövqəladə hadisənin vaxtı dəqiq fiksə olunmuşdur. Sonra məlum oldu ki, partlayış Paulinin mindiyi və Sürixdən Kopenhagenə gedən qatarın Gettingendə 8 dəqiqə dayandığı anda baş vermişdir.

("Fiziklər zarafat edirlər" kitabından.)

SQS SİSTEMİ

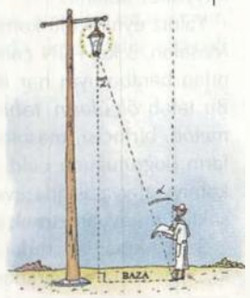
Bu sistemin əsas vahidləri santimetr, qram, saniyədir. Sürət, təcil, qüvvə, iş vahidləri də, BS-də olduğu kimi, qurulur. Lakin, BS sistemindən fərqli olaraq, burada elektrik vahidləri törəmə vahidlər kimi daxil edilir. Elektrik yük vahidi olaraq, vakuumda bir-birindən 1 sm məsafədə yerləşən və 1 din qüvvə ilə qarşılıqlı təsirdə olan iki eyni nöqtəvi yükün hər birinin qiyməti qəbul edilir. Temperatur vahidi (kelvin), işıq seli vahidi (lümen) və maddə miqdarı vahidi (mol) SQS sistemində əsas vahidlərdir. Bu sistem texnikada, demək olar ki, işlənmir, lakin fizikada tətbiq olunur və xüsusilə elektromaqnit hadisələrin təsvir edərkən əlverişlidir.

BİZ NECƏ ÖLÇÜRÜK

Fizika tarixi – bu, xeyli dərəcədə yeni ölçmə üsullarının axtarılıb tapılması və reallaşdırılması tarixidir. Uzunluqların, məsafələrin, cismin ölçülərinin ölçülməsinə aid bir neçə nümunəyə baxaq.

Təsəvvür edin ki, siz zirvəsindən fənər asılmış direyin oturacağının yanında durmusunuz. Fənər uzaqdadırmı? Bir neçə addım kənara çəkilin, onda üfüqlə fənərin istiqaməti arasındakı bucaq dəyişəcəkdir. Sizin yerinizi dəyişdiyiniz məsafəni (o, baza adlanır) və fənərin başlanğıc və son nöqtələrdən görünmə bucaqlarını ölçsək, onda üçbucağı həll edərək (onun bir tərəfi və iki bucağı məlumdur), siz fənərə qədər məsafəni tapmış olarsınız.

Ulduzlara qədər məsafələri ölçərkən məhz bu cür hərəkət edirlər. Lakin bu məsafələr çox böyük olduğundan maksimal mümkün bazadan (Yer orbitinin müxtəlif nöqtələri), həmçinin sistemdənkənar uzunluq vahidlərindən – a.v., parsek və işıq ilindən istifadə edirlər. *Astronomik vahid* (a.v.) olaraq Yer orbitinin böyük yarımoxunun uzunluğu, yəni $1{,}496 \cdot 10^8$ km götürülür. Yer orbitinin böyük yarımoxunun (R) ulduzdan göründüyü α bucağına illik parallaks (triqonometrik parallaks) deyilir. Əgər α bucağı 1″-yə bərabərdirsə, onda ulduza qədər məsafə $3{,}086 \cdot 10^{13}$ km təşkil edir. Bu məsafə *parsek* ("parallaks" və "sekunda" – "saniyə" sözlərindən) adlanır. Bir parsek (pk) 3,26 işıq ilinə bərabərdir (işıq ili – işığın vakuumda bir Yer ili ərzində qət etdiyi məsafədir). Parsek, işıq ili və a.v. astronomiyada geniş istifadə olunur. Parallaks metodunun prinsipial sadə və qədim zamanlardan



BEYNƏLXALQ VAHİDLƏR SİSTEMİ – BS

Fiziki kəmiyyətlərin Beynəlxalq vahidlər sistemi BS (*fr.* Systeme international, SI) ölçü və çəki üzrə 11-ci Baş konfransı tərəfindən qəbul edilmişdir (1960-cı il). Burada yeddi əsas vahid var. Üç vahid – zaman (saniyə), uzunluq (metr) və kütlə (kiloqram) vahidləri – yuxarıda təyin olunmuşdur. Digər dördü – cərəyan şiddəti (amper), temperatur (kelvin), maddə miqdarı (mol) və işıq şiddəti (kandela) vahidləridir.

BS-də işlənən vahidləri praktikada geniş işlənən vahidlərə maksimal yaxınlaşdırılmaq üçün həm metrin, həm də amperin təyini zamanı ədədi əmsallar daxil edilmişdir ki, bu da BS-nin üstünlüyüdür. O cümlədən, 1 saatda 100 dəq, 1 dəqiqədə 100 san və s. götürməklə zaman vahidini də dəyişmək təklif olunmuşdu. Bunun nə olduğunu təsəvvür etmək belə çətindir – dünyada bütün saatları yenidən düzəltmək! Qəbul edilmiş əlverişliliyin əvəzində, məsələn, elektromaqnetizmdə xoşagəlməzlik yaranır. Burada elektrik və maqnit sabitləri daxil etmək lazım gəlir. Onları bəzən tamamilə nahaq yerə vakuumun dielektrik və maqnit nüfuzluğu adlandırırlar. Vakuumda üst-üstə düşən elektrik induksiyası və elektrik sahəsinin intensivliyi BS-də nəinki yalnız müxtəlif kəmiyyətlərdir, həm də müxtəlif ölçülüdür. Maqnit sahəsinin intensivliyi və maqnit induksiyası ilə də vəziyyət bu cürdür.

ÖLÇÜLƏRİN TƏHLİLİ

Beynəlxalq vahidlər sisteminə (BS) yeddi *əsas* vahiddən başqa, çoxlu *törəmə* vahidlər daxildir. Sonuncular əsas vahidlərdən, uyğun kəmiyyətləri əlaqələndirən düsturların və tənliklərin köməyilə alınır.

Fiziki kəmiyyətlərin vahidləri kvadrat mötərizələrin köməyilə işarə olunur; məsələn, $[s]=1$ m – uzunluq vahidi, $[m]=1$ kq – kütlə vahididir.

Fiziki kəmiyyətin vahidini əsas vahidlərlə ifadə edən münasibət baxılan kəmiyyətin ölçüsünü təyin edir. Kəmiyyətlərin hasilinin (nisbətinin) ölçüsü onların ölçülərinin hasilinə (nisbətinə) bərabərdir. Məsələn, qüvvənin ölçüsü

$$[F]=[ma]=[m]\cdot[a]=\text{kq}\cdot\text{m}\cdot\text{san}^{-2}.$$

Ölçüsü 1-ə bərabər olan fiziki kəmiyyətlər *adsız kəmiyyətlər* adlanır.

Yalnız eyniölçülü kəmiyyətləri toplamaq və çıxmaq olar. Məsələn, 3 kq + 2N cəminin mənası yoxdur. Fizikada istənilən bərabərliyin hər iki tərəfinin ölçüsü eyni olmalıdır. Bu tələb *ölçülərin təhlili metodunun* əsasında durur. Bu metod, birincisi, məsələlərin həlli zamanı alınmış düsturların doğruluğunu cəld yoxlamaq üçün; ikincisi, müxtəlif kəmiyyətlər arasında əvvəllər məlum olmayan asılılıqların şəklini müəyyən etmək üçün tətbiq olunur.

Şərh olunanları sadə misallarla nümayiş etdirək. Tutaq ki, çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkəti tədqiq edərkən mərkəzəqaçma təcilinin modulu üçün $a=v^3R$ ifadəsi alınmışdır. O doğrudurmu? Bunu müəyyən etmək üçün düsturu, onun hər iki tərəfinin ölçülərinin bərabər olması şərti ilə yoxlayaq:

$$[a]=m\cdot san^{-2},\ [v^3R]=(m\cdot san^{-1})^3\cdot m=m^2\cdot san^{-3}.$$

Bu ölçülər üst-üstə düşmür, deməli, $a=v^3R$ düsturu doğru deyil.

İndi mərkəzəqaçma təcilinin hərəkət sürətindən və çevrənin radiusundan düzgün asılılığını müəyyən etməyə çalışaq. Bunun üçün təcili

$$a=v^xR^y \qquad (1)$$

şəklində yazaq, burada x və y – tapılması tələb olunan qüvvət üstləridir. Yuxarıda gördüyünüz kimi, $x=3$, $y=1$ qiymətləri doğru deyil. Onların doğru qiymətləri bəs nəyə bərabərdir? Bu suala cavab vermək üçün (1) bərabərliyinin hər iki tərəfinin ölçülərini bərabərləşdirək:

$$m\cdot san^{-2}=(m\cdot s^{-1})^x(m)^y$$

və ya

$$m\cdot san^{-2}=m^{x+y}\cdot san^{-x}.$$

İndi solda və sağda metrin (m) və saniyənin (san) qüvvət üstlərini bərabərləşdirərək,

$$1=x+y,\ -2=-x$$

tənliklər sistemini alırıq.

Onu həll edərək, $x=2$, $y=-1$ tapırıq. Alınmış qiymətləri (1) düsturunda yerinə yazsaq alarıq:

$$a=\frac{v^2}{R}. \qquad (2)$$

Bu, məhz, doğru düsturdur. Qeyd edək ki, biz həqiqətən a-nın v və R-dən asılılığını yalnız sabit adsız əmsal dəqiqliyilə təyin etdik. Axı, əgər (2) bərabərliyinin sağ tərəfini hər hansı adsız k ədədinə vursaq, hər iki tərəfin ölçülərinin bərabərliyi əvvəlki kimi saxlanılacaqdır. Deməli, həqiqətdə biz müəyyən etdik ki, $a=kv^2/R$, burada k-nın qiymətini ölçülərin təhlili metodu ilə təyin etmək qeyri-mümkündür. Lakin ciddi hesablamalar göstərir ki, baxılan halda $k=1$ və ona görə (2) düsturu dəqiqdir.

Daha bir misala baxaq. Riyazi rəqqasın sərbəst rəqslərinin periodunun onun parametrlərindən asılılığını müəyyən etmək üçün ölçülərin təhlili metodundan istifadə edək. Rəqqasın m kütləsi, ipin l uzunluğu, həmçinin rəqqasın rəqs etdiyi ağırlıq sahəsini xarakterizə edən g sərbəstdüşmə təcili belə parametrlərdir.

Rəqslərin periodunu aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$T\sim m^x l^y g^z.$$

Bu ifadənin sol və sağ tərəflərinin ölçüləri bərabər olmalıdır, yəni

$$san=(kq)^x\cdot(m)^y\cdot(m\cdot san^{-2})^z$$

və ya

$$(kq)^0\cdot(m)^0\cdot san^1=(kq)^x\cdot(m)^{x+y}\cdot(san)^{-2z}.$$

Kiloqramların, metr və saniyələrin qüvvət üstlərini bərabərləşdirərək, tənliklər sistemi alırıq:

$$0=x,\ 0=y+z,\ 1=-2z.$$

Onu həll edərək tapırıq: $x=0$, $y=1/2$, $z=-1/2$. Beləliklə,

$$T\sim\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Bu ifadədə mütənasiblik əmsalını ölçülərin təhlili metodu ilə müəyyən etmək olmaz (hesablamalara görə, o, 2π-yə bərabərdir). Lakin əvəzində biz aşkar etdik ki, riyazi rəqqasın rəqslərinin periodu onun kütləsindən asılı deyil! Maraqlıdır ki, bu qədər gözlənilməz nəticəni (axı, məsələn, yaylı rəqqasın rəqslərinin periodu kütlədən asılıdır) biz, heç bir fizika qanunlardan istifadə etmədən aldıq.

Məhz bu öncəgörmə qabiliyyəti ölçülərin təhlili metodunu xüsusilə hər hansı fiziki kəmiyyətləri dəqiq hesablamaq və ya ölçmək çətin olduğu və ya hətta mümkün olmadığı hallarda müxtəlif fiziki hadisələrin öyrənilməsinin güclü vasitəsinə çevirir.

NƏ QƏDƏR AZDIRSA, BİR O QƏDƏR YAXŞIDIR?

Cürbəcür fiziki təcrübələrin nəticələrini təsvir etmək üçün minimal sayda hansı vahidləri əsas vahidlər kimi götürmək lazımdır? Elə görünə bilər ki, Qaussun təklif etdiyi vahidlər dəsti məhz minimaldır. Lakin onların sayını azaltmaq asandır.

Zamanın əsas vahidi kimi saniyəni götürək. Bir halda ki, həmişə sabit olan bir sürət – işığın vakuumdakı sürəti var, onda uzunluq vahidi olaraq işığın vakuumda vahid zamanda qət etdiyi məsafəni qəbul etmək məntiqidir. Bununla belə, uzunluq vahidi törəmə vahid oldu (belə olduqda işıq sürəti tərifə görə vahidə bərabərdir) və əsas vahidlərin sayı ikiyə gətirildi (zaman və kütlə).

Əsas vahidlər sırasından kütləni də çıxarmaq olar. Bunun üçün Nyutonun ikinci qanunundan və ümumdünya cazibə qanunundan istifadə edək. Biz zaman vahidini əsas vahid kimi götürdüyümüzdən və uzunluq vahidini törəmə vahid kimi daxil etdiyimizdən, təcil vahidi də törəmə vahid kimi təyin olunur (əgər vahid zamanda bərabərtəcilli hərəkətdə cismin sürəti bir sürət vahidi qədər dəyişirsə, onda təcil vahidə bərabər olur). Bu münasibətdən istifadə edərək, kütlə vahidinə tərif vermək olar: vahid kütləli cisim ondan bir uzunluq vahidi qədər məsafədə yerləşən istənilən kiçik cismə vahidə bərabər təcil verir. Beləliklə, biz elə bir vahidlər sistemi qura bilərik ki, burada bir əsas vahid – zaman vahidi olar.

Bu vahidlər adi vahidlərlə müqayisədə necə olardı? Uzunluq vahidi təqribən $3\cdot10^8$ m, təcil vahidi $3\cdot10^8$m/san^2, kütlə vahidi $4{,}5\cdot10^{16}$ kq olardı. Bu cür sistemi məişətdə və texnikada istifadə etmək əlverişli deyil, bu da aydındır. Vahidlər sistemini quranda optimal sayda əsas vahidlər tapmaq lazımdır. Onların sayı çox olduqca düsturlarda bir o qədər çox əmsallar ortaya çıxır, lakin əvəzində bu vahidləri istifadə üçün daha əlverişli etmək olar.

məlum olmasına baxmayaraq, yaxın ulduzlara qədər məsafələrin ölçülməsini yerinə yetirmək ilk dəfə yalnız 1837-ci ildə Derpte (indiki Tartu) şəhərində Vasili Yakovleviç Struveyə və 1838-ci ildə Königsberqdə (indiki Kaliningrad) Fridrix Vilhelm Besselə müyəssər oldu. Məlum oldu ki, Günəş sisteminə ən yaxın ulduz – Sentavrın Proksima ulduzu 0,762″ parallaksa malikdir və deməli, bizdən 1,31 pk uzaqdadır. Əgər 2 km-dən santimetrlik gümüş pula baxsaq, diskin bucaq ölçüsü təxminən 1″-yə bərabər olar. Hətta bucaqların 0,01″-yə yaxın dəqiqlik verən müasir ölçülmə metodları bizdən yalnız bir neçə on parsek uzaqda olan ulduzlara qədər məsafələri kifayət qədər etibarlı ölçməyə imkan verir (100 pk tərtibindəki məsafələri ölçərkən nisbi xəta 50%-ə çatır). Bizim Qalaktikanın diametri təxminən 30 kpk olduğundan, aydındır ki, parallaks metodu ilə yalnız ulduzların az hissəsinə qədər məsafələri ölçmək olar.

100 pk-dən böyük olan məsafələri ölçmək üçün fotometrik metod tətbiq olunur. Bizə yaxın ulduzların tədqiqi göstərdi ki, ulduzun, onun səthinin temperaturu ilə təyin olunan şüalanma spektri və ulduz tərəfindən şüalanan enerjinin miqdarı (işıqlıq) qanunauyğun olaraq bir-birilə əlaqədardır. Ulduzların şüalanma spektrinə görə onların işıqlığını tapırlar. Tapılmış işıqlığı ulduzun, bu ulduza qədər məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olan görünən parlaqlığı ilə müqayisə edərək,



Kiçik Magellan buludunda ifratyeni ulduz. E.Habbl adına kosmik teleskopla çəkilmiş şəkil. 1999-cu il.

Dopler effekti – dalğa mənbəyi qəbulediciyə nəzərən hərəkət edərkən dalğanın tezliyinin dəyişməsidir. Bu hadisəni 1842-ci ildə Avstriya fiziki və astronomu Kristian Dopler aşkar etmişdir.



Qarşılıqlı təsirdə olan qalaktikalar. E.Habbl adına kosmik teleskopla çəkilmiş şəkil. 1999-cu il.

Kvazarlar – spektrlərində xətlərin xeyli qırmızı sürüşməsinə malik olan kiçik bucaq ölçülü kosmik obyektlərdir. Bu, onların Günəş sistemindən çox uzaqda (bir neçə min meqaparsek) olduğunu göstərir.

həmin məsafəni qiymətləndirirlər. Fotometrik metodla yalnız bizim Qalaktikanın parlaq ulduzlarına qədər olan məsafələri deyil, həm də digər qalaktikaların bizdən milyonlarla parsek uzaqda yerləşən ən parlaq ulduzlarına qədər məsafələri də ölçürlər. Daha uzaqda olan qalaktikalara və kvazarlara qədər məsafələrin qiymətləndirilməsi Dopler effektinə əsaslanır. Əgər ν_0 tezlikli işıq şüalandıran mənbə bizdən υ sürətilə uzaqlaşırsa, onda bizim qəbul etdiyimiz işığın tezliyi

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1-\beta}}$$

olur. Burada $\beta = \frac{\upsilon}{c}$ – mənbəyin hərəkət sürətinin işıq sürətinə nisbətidir.

Əgər işıq mənbəyi və qəbuledici bir-birinə yaxınlaşırsa, onda müşahidə olunan dalğa uzunluğu kiçilir, fotonlar "göyərir" (tezliyin dəyişməsi yuxarıdakı düsturla verilir, ancaq düsturda sürətin işarəsini əksinə dəyişmək lazımdır).

Atomların şüalandırdığı işığın tezliyini (hər bir elementin şüalanma spektri fərdidir) və Yerdəki müşahidəçinin uzaqda olan qalaktika atomlarından qəbul etdiyi tezliyi bilərək, qalaktikanın hərəkət sürətini təyin etmək olar.

Bizə ən yaxın olan və onlara qədər məsafəni fotometrik metodla ölçmək mümkün olan qalaktikaların tədqiq edilməsi göstərdi ki, bu qalaktikalar bizdən onlara qədər məsafə ilə mütənasib olan sürətlərlə uzaqlaşır (müşahidə olunan tezliklər kiçilir, dalğa uzunluqları isə artır, "qızarır"). Mütənasiblik əmsalı Habbl sabiti adlanır. Əgər fərz etsək ki, bu qanunauyğunluq daha uzaqdakı qalaktikalar üçün də doğrudur, onda onlara qədər məsafəni qırmızı sürüşməyə görə tapmaq olar. Kainatın ən uzaq obyektləri üçün bu cür metodun köməyilə ölçülən məsafələr milyardlarla işıq ili təşkil edir. 1999-cu ildə Amerika astronomları çox uzaq bir obyekti qeydə aldılar. Əgər fərz etsək ki, bütün qırmızı sürüşmə Dopler effektilə şərtlənir, onda bu obyektin sürəti təxminən 0,967 işıq sürətinə bərabər olmalıdır. Bizim gördüyümüz işıq isə obyekt tərəfindən Kainatın yaşı indiki yaşından 20 dəfə kiçik olan vaxt buraxılmışdır.

Fiziklərin folklorunda Dopler effekti mövzusunda belə bir əhvalat mövcuddur. Bir dəfə polis, yolayırıcını qırmızı işıqda keçdiyinə görə fizik Robert Uilyams Vudu saxlayır. Vud, Dopler effektinə əsaslanaraq polisə deyir ki, işıq ona yaşıl görünmüşdü. Vudun köməyilə Dopler effektinin mahiyyətinin nədən ibarət olduğunu və avtomobilin hansı sürətlə hərəkət etməli olduğunu (90 000 km/san-yə yaxın) aydınlaşdıran polis Vudu sürəti artırdığına görə cərimələmişdir.

Qalaktikaların bir-birindən "uzaqlaşma" qanunauyğunluğunu 1929-cu ildə Amerika astronomu Edvin Pauell Habbl (1889-1953) müəyyən etmişdir. Bununla da rusiyalı alim Aleksandr Aleksandroviç Fridmanın (1888-1925) genişlənən Kainat konsepsiyası təsdiqlənmiş oldu. 1922-ci ildə o, Eynşteynin qravitasiya tənliyinin qeyri-stasionar həllini tapmış və genişlənən Kainatın mövcudluğu imkanını isbat etmişdir.

ZAMANIN ÖLÇÜLMƏSİ

Atom nüvələrinin və elementar zərrəciklərin mühüm xarakteristikası yaşama müddətidir. Mikroaləmin obyektləri öz tarixini bilmir. Bir neçə milyard il bundan əvvəl əmələ gəlmiş və bizim dövrə qədər yaşamış uran-238 nüvəsi, yalnız dünən laboratoriyada sintez olunmuş nüvə kimi, yaxın günlər ərzində dəqiq eyni parçalanma şansına malikdir. Bioloji obyektlərdən fərqli olaraq, "qoca" elementar zərrəcik "gənc" zərrəcikdən heç bir prinsipial fərqə malik deyil.

Buradan nüvələrin və elementar zərrəciklərin parçalanmasını təsvir edən sadə qanun alınır: $N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, burada N_0 zərrəciklərin və ya nüvələrin $t=0$ zaman anındakı sayı, N – t zaman anına qədər qalmış zərrəciklərin və ya nüvələrin sayı, τ – verilmiş nüvənin və ya elementar zərrəciyin orta yaşama müddətidir. τ zamanı ərzində qeyri-stabil obyektlərin sayı e dəfə azalır ($e \approx 2{,}718$).

Söhbət atom nüvələrinin parçalanmasından gedəndə, τ yaşama müddəti əvəzinə adətən $T_{1/2} = \ln 2 \cdot \tau \cong 0{,}693\tau$ yarımparçalanma periodu anlayışından istifadə olunur. Yarımparçalanma perioduna bərabər zaman ərzində radioaktiv nüvələrin sayı iki dəfə azalır.

Əgər hər hansı bir nüvənin yarımparçalanma periodu bir neçə saat, gün və ya ay təşkil edirsə, onda yarımparçalanma periodunu təyin etmək prinsipcə çətin deyil. Lakin izotopun yaşama müddəti milyonlarla və ya milyardlarla il ilə hesablanırsa, onda bu ölçmə üsulu yaramır və çoxyaşayan izotopların yarımparçalanma periodunu məlum (N) sayda nüvələrdən ibarət olan nümunənin vahid zamandakı parçalanmalarının sayını hesablamaqla təyin edirlər. Nümunənin çəkisini, atom kütləsini və Avoqadro ədədini bilərək, ondakı nüvələrin sayını tapmaq olar. Radioaktiv parçalanma qanunundan çıxır ki, vahid zamandakı parçalanmaların sayı aşağıdakı ifadəyə bərabərdir:

$$\frac{\ln 2}{T_{1/2}} N.$$

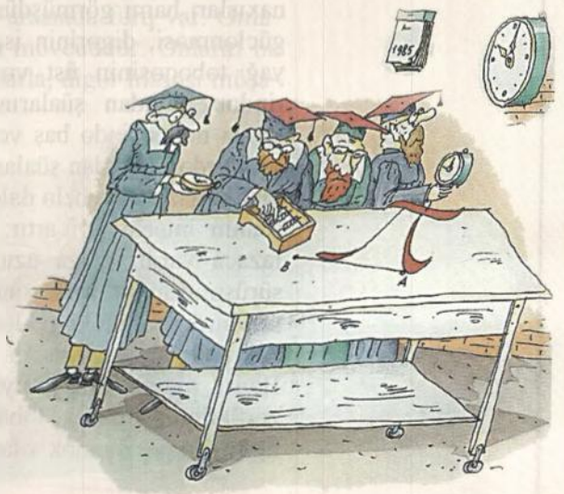
İzotopun bu cür üsulla bir çox çoxyaşayan izotopların yarımparçalanma periodu ölçülmüşdür. Metodun həssaslığı o qədər yüksəkdir ki, hətta yaşama müddəti $1{,}5 \cdot 10^{21}$ il olan germanium-76-nın da yarımparçalanma periodunu ölçməyə nail olmuşlar.

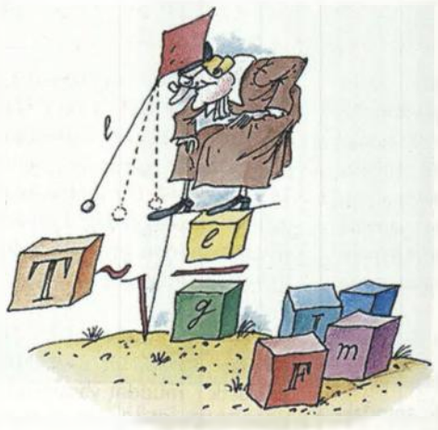
Böyük zaman müddətini ölçərkən yarımparçalanma periodu məlum olan izotopun özündən saat kimi istifadə oluna bilər (həm də nəzərə almaq lazımdır ki, belə saatlar praktiki olaraq "gediş sürətini" dəyişmədən nəhəng temperatur, təzyiq və təcillərə tab gətirmək qabiliyyətinə malikdir).

Məsələn, uran xronometri Kainatın tarixi barədə olduqca qiymətli informasiya verir. Təbii uranda uran-235-in payı cəmi 0,72%-dir, 99%-dən çox hissəsini isə uran-238 təşkil edir. Onların yarım parçalanma periodları uyğun olaraq $7 \cdot 10^8$ və $4{,}47 \cdot 10^9$ ilə bərabərdir. Ağır elementlərin əmələ gəlməsi prosesi gedən dövrlərdə hər iki izotopun konsentrasiyası təxminən eyni olmuşdur. Sadə tənliyi həll etməklə, müəyyən etmək olar ki, həmin dövrü bizim dövrdən 5 mlrd il ayırır.

Elementar zərrəciklərin kiçik yaşama müddətlərini ölçərkən gözəl bir üsul tətbiq olunur. Əgər qeyri-stabil zərrəcik t müddət yaşamışsa və işıq sürətindən çox kiçik olan υ sürətilə hərəkət etmişsə, onda o, parçalanmaya qədər υt-yə bərabər məsafə qət edir. Zərrəciklərin sürətini və parçalanma nöqtəsinə qədər hər birinin qət etdiyi məsafəni ölçərək və bu kəmiyyətləri ortalaşdıraraq, verilmiş növ zərrəciyin orta yaşama müddətini tapmaq olar.

1985-ci ildə Cenevrədə yüklü zərrəciklərin sürətləndiricisində işləyən fiziklər qaçış yolunun uzunluğuna əsasən π^0 (pi-sıfır) mezonun yaşama müddətini ölçə bildilər; bu müddət $0{,}9 \cdot 10^{-16}$ san olmuşdur. Eksperimentatorların istifadə etdikləri mezonların orta sürəti işığın vakuumdakı sürətinin 0,9 999 998 hissəsini təşkil edirdi. Belə mezonlarla bağlı hesablama sistemində zaman relyativistik effekt sayəsində laboratoriya sistemindəki zamana nəzərən təxminən 1800 dəfə yavaş axmışdı. Əgər hərəkət edən hesablama sistemində zamanın yavaşıma effekti olmasa idi, onda tədqiq olunan zərrəciklər öz yaşama müddətləri ərzində $3 \cdot 10^{-5}$ mm-ə yaxın məsafə qət edərdi.





Beləliklə, böyük məsafələri ölçmək metodları bu və ya digər dərəcədə işıqla bağlıdır. Lakin Yer şəraitində də elektromaqnit şüalanmasından istifadə edən ölçmə üsulları tətbiq olunur. Radiolokatorlar və lazerli məsafəölçənlər elektromaqnit siqnalının keçmə müddətinə görə obyektə qədər məsafəni ölçməyə imkan verir. Əgər güclü lazerlərdən və yüksək həssaslıqlı qeydedici aparatlardan istifadə edilərsə, onda bu metod böyük məsafələri də ölçmək üçün tətbiq oluna bilər.

Səthində nazik yağ təbəqəsi yayılmış gölməçələrdə müxtəlif rəngli naxışları hamı görmüşdür. Bir rəngin güclənməsi, digərinin isə zəifləməsi yağ təbəqəsinin üst və alt səthlərindən qayıdan şüaların interferensiyası nəticəsində baş verir. Əgər bu səthlərdən qayıdan şüalar eyni fazaya malikdirsə, onda belə dalğa uzunluqlu şüanın intensivliyi artır; əgər şüalar fazaca yarım dalğa uzunluğu qədər sürüşmüşdürsə, onda onlar bir-birini söndürür. Sabun köpüklərinin ala-bəzək rəngləri də bununla izah olunur. Hansı rəngin gücləndiyini, hansının zəiflədiyini bilərək, təbəqənin qalınlığını dəqiq ölçmək olar; adətən bu qalınlıq 1 mkm tərtibində, yəni görünən işığın dalğa uzunluğu tərtibində olur. Həmin prinsip kristal atomlarının yerləşdikləri müstəvilər arasındakı 1Å tərtibli məsafələri də ölçməyə kömək edir. Lakin bunun üçün dalğa uzunluğu ölçülən məsafələr tərtibində olan elektromaqnit şüalanmasından, yəni rentgen şüalanmasından istifadə etmək lazımdır.

Atom nüvələrini və elementar zərrəcikləri öyrənərkən, daha kiçik məsafələrə rast gəlirik. Əgər zərrəcik maddədən keçirsə, onun səpilmə ehtimalı zərrəciklərin və atomların ölçülərindən asılıdır. Əgər onların hamısı nöqtə olsa idi, onda səpilmə müşahidə olunmazdı. Lakin səpilmə baş verir, özü də elə baş verir ki, guya protonların və neytronların radiusları eynidir və 10^{-15} m-ə yaxındır. Atom nüvələrinin radiusları $10^{-15} - 10^{-14}$ m intervalında yerləşir. Beləliklə, müxtəlif ölçmə metodları bir-birindən təxminən 40 tərtib fərqlənən məsafələri tapmağa imkan verir.

Böyük və kiçik məsafələri və zaman intervallarını ölçməklə yanaşı, fizikada universal sabitlərin: elektronun e yükünün və m kütləsinin, G qravitasiya sabitinin, elektromaqnit şüalanmasının boş fəzada c yayılma sürətinin və $\hbar$ Plank sabitinin ölçülməsi çox böyük rol oynayır. Bu sabitlərin kombinasiyası olan və *Ridberq sabiti* adlanan R sabitinin qiymətinin ölçülməsi xüsusilə əhəmiyyətlidir:

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{\hbar^3 c}.$$

Kainatın mənşəyini təsvir edən müasir nəzəriyyələrdən alındığı kimi, R-in, yəni universal sabitlər arasındakı əlaqənin cüzi dəyişməsi Kainatın inkişafının prinsipial olaraq başqa gedişinə gətirib çıxarardı!

SƏHVLƏR ÜZƏRİNDƏ İŞ

Qoqolun qalabəyi deyirdi ki, "yalan qatılmadan heç bir nitq söylənilmir"; həmçinin hər bir eksperimentator deyər ki, xətalarsız ölçmələr olmur. Mütləq dəqiq ölçmələr ən azı ona görə mümkün deyil ki, ölçülən kəmiyyətlərin və hətta ölçü vahidləri etalonlarının özlərinin də dəqiq qiyməti yoxdur. Məsələn, istənilən cismin kütləsi, onun öz molekullarının buxarlanması və ətrafdakı qaz molekullarının udulması sayəsində dəyişir.

Lakin əksər hallarda cihazların dəqiqliyi bu dəyişiklikləri qeydə almaq üçün kifayət etmir. Cihazların özlərinin verdikləri xətalar xeyli böyükdür: məsələn, yaxşı laboratoriya tərəzilərində kütlənin təyininin dəqiqliyini (milliqramın hissələri) bir molekulun kütləsilə (10^{-27}q tərtibində) müqayisə edək. Ona görə də "cihazın özfəaliyyətilə" müqayisədə ölçülən kəmiyyəti tamamilə dəyişməz hesab etmək olar.

Cihazlar nə üçün "dəcəllik edir"? Bunun səbəbləri çoxdur. Məsələn, saatlar adətən, az da olsa, irəli gedir və ya geri qalır; ampermetrin və ya voltmetrin əqrəbi dəqiq qiyməti göstərdiyi yerdə yox, sürtünmə qüvvəsinin onu saxladığı yerdə dayanır... İstənilən konstruksiyalı cihazlar bu cür məhdudlaşdırıcı faktorlara malikdir.

Hər bir konkret ölçməni xarakterizə etmək üçün, ölçmənin *mütləq xətasından*, yəni kəmiyyətin dəqiq qiymətilə onun ölçmə nəticəsində alınan qiymət arasındakı fərqin modulundan istifadə edirlər:

$$\Delta a = |a_{\text{həqiqi}} - a_{\text{ölçülən}}|.$$

Doğrudur, kəmiyyətin həqiqi qiymətini bilmək olmaz; əvəzində seriya ölçmələrin və onların nəticələrinin təhlilinin köməyilə kəmiyyətin təqribi qiymətini və ölçülən kəmiyyətin ondan mümkün meylini tapmaq olar. Eksperimentlərdə alınmış nəticələrin təhlilinin mənası məhz bundan ibarətdir.

Lakin mütləq xəta ölçmənin dəqiqliyini heç də həmişə xarakterizə etmir. Əgər sürətin təyinindəki xəta 10 m/san təşkil edirsə, bu çoxdurmu? Yolda nizam-intizama nəzarət edən dövlət yol polisi əməkdaşı üçün bu, yəqin ki, əhəmiyyətlidir: axı avtomobilin sürətinin qiyməti (hər halda, yol hərəkəti qaydaları ilə icazə verilmiş) 20–30 m/san tərtibindədir. Ancaq işıq sürətini ($3 \cdot 10^8$ m/san) ölçərkən belə səhv kifayət qədər kiçikdir.

Buraxılan səhvlərin ölçülən kəmiyyətin özü ilə müqayisədə nə qədər böyük olduğunu başa düşmək üçün ölçmənin *nisbi xətası* anlayışı daxil edilir:

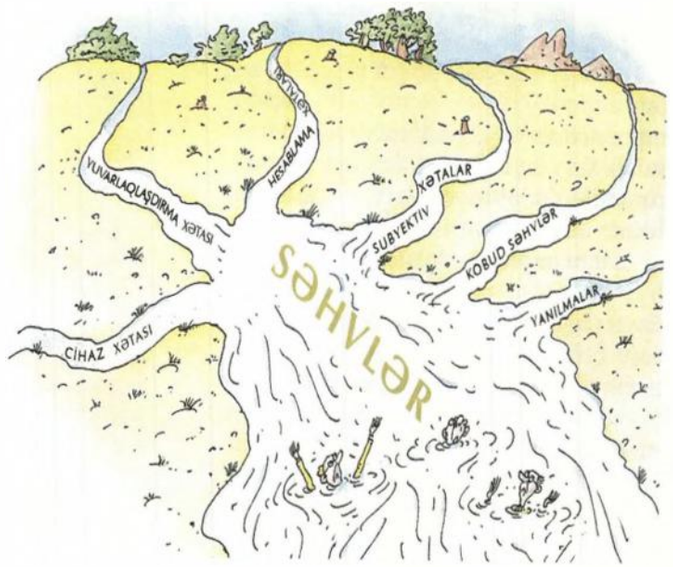
$$\varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a_{\text{həqiqi}}}.$$

SƏHVLƏRİN MƏNBƏLƏRİ

Səhvlə səhv arasında fərq var. Onların çox növü mövcuddur. Onların bir hissəsi cihazlarla, digər hissəsi müşa-



– Allo! Bura fizfakın qəbul komissiyasıdır?
– Xeyr. Siz hansı nömrəni yığırsınız?
– 123-45-67-ni.
– Sizi səhv birləşdiriblər. Bura 123-45-68-dir, həm də bura diskotekadır.
– Buna bax bir! Səhv yeddinci işarədədir, effekt isə gör necədir...



hidələrlə, bir hissəsi də təhlil və hesablama metodları ilə bağlıdır.

Cihaz xətası ölçü cihazının mükəmməl olmaması sayəsində ortaya çıxır (məsələn, cihazın əqrəbinə təsir edən böyük sürtünmə qüvvəsi). *Yuvarlaqlaşdırma xətası* şkaladan qiyməti oxuyan zaman yaranır: millimetrli bölgüləri olan xətkeşlə tərəfi 100 mm olan kvadratın diaqonalını ölçməklə, biz dəqiq olmayan $100\sqrt{2}$ mm qiymətini yox, xətası şkalanın bir bölgüsünün təxminən 1/3-nə bərabər olan təqribi 141,5 mm qiymətini alarıq (əgər dəqiq desək, bir bölgünün qiymətini $\sqrt{2}$-yə bölmək lazımdır). Şkaladan oxumanın dəqiqliyini artırmaq üçün müxtəlif vasitələr (noniuslar və vernyerlər) düşünülüb tapılmışdır, lakin cihaz xətasından xeyli kiçik olan xətanı nəzərə almağın mənası yoxdur.

İdeal cihazlar olmadığı kimi, ideal eksperimentatorlar da yoxdur. Ölçmə prosesində insan özünün, *subyektiv xətalarını* da əlavə edir. Məsələn, saniyəölçənlə ölçmənin dəqiqliyi 0,1–0,2 san-yə bərabər olan reaksiya müddətilə məhdudlanmışdır.

Eksperiment aparılandan sonra da səhvlər yaranır. Axı ölçmələr *birbaşa* (cihaz bilavasitə tədqiqatçıya onu maraqlandıran kəmiyyəti göstərdikdə) və *dolayı* (kəmiyyəti alınmış nəticələr əsasında hesablamaq lazım gəldikdə) olur. Birincilərə misal – uzunluğun xətkeşlə və ya cərəyan şiddətinin ampermetrlə ölçülməsi; ikincilərə misal – noxudun d diametrinin on dənə noxuddan ibarət zəncirin L uzunluğuna görə ölçülməsi $d = L/10$ və ya g sərbəstdüşmə təcilinin cismin t düşmə müddətinə və onun getdiyi h yoluna görə hesablanması:

$$g = \frac{2h}{t^2}.$$

Dolayı ölçmələr hesablama tələb edir və deməli, *hesablama xətası* meydana çıxır, axı istənilən hesablama zamanı nəticəni yuvarlaqlaşdırmaq lazım gəlir: hətta ən dəqiq kalkulyator dəqiq 2/3 qiyməti əvəzinə sonlu uzunluqlu onluq kəsrdən istifadə edir (0,66666667). Hesablamalar hadisənin müəyyən modeli əsasında alınmış düsturlara görə aparıldığından, metodun da xətası (və ya *metodiki xəta*) ortaya çıxa bilər. Məsələn, sərbəstdüşmə təcilini ölçərkən, cismin atıldığı hündürlüyü artırsaq, onda tez və

Redaksiyaya məktub

"Əziz redaksiya!

Om qanununun tərifini aşağıdakı kimi dəqiqləşdirmək lazımdır: "Əgər diqqətlə seçilmiş və təmiz hazırlanmış ilkin materiallardan istifadə etsək, onda müəyyən bacarıq olduqda onlardan elektrik dövrəsi qurmaq olar ki, bu dövrə üçün cərəyanın gərginliyə nisbətinin ölçülmələri, hətta əgər ölçmələr məhdud zaman ərzində aparılarsa da, elə qiymətlər verir ki, uyğun düzəlişlərdən sonra sabit kəmiyyətə bərabər olmuş olur".

Kopenhagen. A.M.B.Rozen".
"Fiziklər zarafat edirlər" kitabından.

ya gec havanın müqavimətinin təsiri nəzərə çarpan olacaq və sadə hesablama düsturu $g = \frac{2h}{t^2}$ səhv nəticə verəcək.

Silsilə ölçmələr apararkən bəzən *kobud xətalar* və ya *yanılmalar* adlanan və nəticələrin əsas kütləsindən kəskin fərqlənən səhvlərlə rastlaşmalı oluruq. Bu səhvlərin mənbələri çox müxtəlifdir. Səbəblər cihazın titrəməsi, elektrik şəbəkəsində gərginliyin dəyişməsi, güclü elektrik boşalmalarına tərəf tuşlanma və sadəcə ölçməni aparan adamın diqqətsizliyi ola bilər. Belə nəticələri adətən nəzərdən atırlar.

TƏSADÜF VƏ YA SİSTEM?

Beləliklə, səhvlərin mənbələri məlumdur: bunlar, həm cihazlar, həm müşahidəçi, həm də ölçmələrin nəticələrinin işləmə üsuludur. Deməli, xətalar həmişə olacaqdır. Lakin eksperimenti savadlı planlaşdırdıqda onların bir hissəsini azaltmaq olar. Xətaların xarakterləri də müxtəlifdir. Onlardan bəziləri daim meydana çıxır və onlar *sistematik xətalar* adlanır. Digərləri ölçmədən ölçməyə təsadüfi olaraq dəyişir, onlar *təsadüfi xətalardır*. Fərz edək ki, iki dost, Əli və Vəli, cismin uçuş



müddətinə görə sərbəstdüşmə təcilini ölçməyi qərara almışlar. Əli çoxmərtəbəli evin n-ci mərtəbəsinə qalxır və Vəlinin komandası ilə oradan ağır (havanın müqaviməti təsir etməsin deyə) çamadanı itələyir. Vəli isə Əliyə qışqırır: "Tulla!" və eyni zamanda saniyəölçəni işə salır.

Bu eksperimentdə zamanı ölçməyin subyektiv səhvi, saniyəölçənin cihaz səhvi və metodun səhvi (axı, Əli çamadanı zaman hesablanması başlayan anda yox, səs ona çatan anda atır) sistematik səhvlər olacaqdır.

Lakin təsadüfi səhvlər də mövcuddur: birincisi, zəif küləyin əsməsi düşən cismi uçuşda ləngidə bilər (və ya əksinə, deşməni sürətləndirər), ikincisi isə... Baxılan eksperimentdə birbaşa ölçmənin köməyilə çətin ki, hündürlüyü bilmək olar: uzunluğu bir neçə on metr olan xətkeşlə ölçməyi bacarmaq çox çətindir. Ona görə də,

DAYAZ VƏ DƏRİN

Təəssüf ki, cihazın nasazlığını və ya operatorun səhvini ölçülən kəmiyyətin böyük təsadüfi meyillərindən fərqləndirməyə imkan verən etibarlı kriteriyalar (meyarlar) mövcud deyil. Dubnada işləyən M.İ.Podqoretskinin söylədiyi hadisə buna misal ola bilər.

Kosmik şüalarda yüksək enerjili zərrəciklərin tədqiqilə məşğul olan fiziklərin iki qrupu belə bir məsələni öyrənirdilər ki, şüaların qarşısına qalın maddə təbəqəsi yerləşdirdikdə qeydə alınan zərrəciklərin sayı necə dəyişəcəkdir. Qruplardan birinin üzvləri hesab edirdilər ki, maddədə udulma nəticəsində bu say azalacaqdır, o biriləri isə fərz etdilər ki, maddə ilə qarşılıqlı təsir zamanı zərrəciklərin çoxalması effekti, udulmaya nisbətən daha əhəmiyyətli olacaq və deməli, qeydə alınan zərrəciklərin sayı artacaqdır. Ölçmələrin sayəsində hər iki qrup, özünün məxsusi proqnozuna uyğun gələn nəticə aldı!

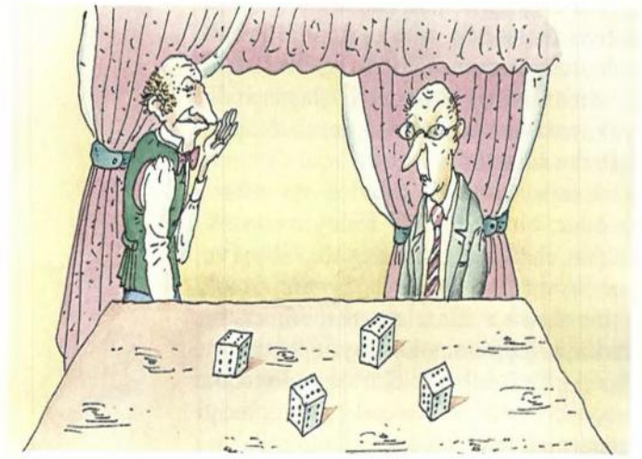
Sonrakı təhlil bu qəribə vəziyyətin səbəbini aydınlaşdırdı. Böyük enerjili zərrəciklər çox nadir hallarda uçub gəlir. Əgər zərrəciklər sayının azalacağını gözləyən qrupun iştirakçıları, detektorlar tez-tez birgə işə düşməsi ilə rastlaşırdılarsa, ondan onlar şübhələnirdilər ki, kontaktlar qığılcım verir. O biri qrupun üzvləri tamam başqa cür hərəkət edirdilər: kontaktların keyfiyyətinə qarşı onlarda şübhə detektorları uzun müddət işləmədikdə yaranırdı. Həm bu, həm də o biri qrup şübhəli zaman müddətindəki ölçmələri atdığından, bir halda, təsadüfi kəmiyyətin böyük qiymətləri, digər halda isə kiçik qiymətləri nəzərə alınmırdı. Təbiidir ki, bu qruplar tərəfindən qeydə alınmış zərrəciklərin orta sayı müxtəlif olmuşdur.

ya bir mərtəbənin hündürlüyünü ölçüb, onu n-ə vurmaq (harada dəqiq eyni hündürlüklü mərtəbələr olur), ya da lazımi hündürlüklü iplə qeyd edib, sonra onu hər hansı daha qısa xətkeşlə ölçmək lazımdır. Müstəqil tədqiqat aparmaq – bir neçə dəfə otağın divarlarının uzunluğunu 20 sm-lik xətkeşin köməyilə təyin etməyə çalışmaq olar. Nəticələr millimetrlər və ya santimetrlərlə fərqlənəcək. Bu, eksperimentatorun diqqətliliyindən asılıdır. O, xətkeşi artıq ölçülmüş parçanın sonuna söykəyərək, mütləq onu azacıq sürüşdürür və növbəti ölçü intervalının başlanğıcı əvvəlkinin sonu ilə üst-üstə düşmür. Növbəti ölçmənin nəticəsinin necə dəyişəcəyini qabaqcadan xəbər vermək olmaz.

Beləliklə, Təsadüf Həzrətləri ölçmə prosesinə soxulur. Ondan tam yaxa qurtarmaq qeyri-mümkündür. Bəs nəzərə almaq olarmı?

DƏQİQ SƏHV EDİN

Təsadüfi səhvlərin necə nəzərə alındığını başa düşmək üçün fizikaya qumar oyunundan gəlmiş bir anlayışa baxmaq lazım gələcəkdir. Söhbət XIX əsrdə fiziki nəzəriyyələrdə özünə möhkəm yer tutmuş *ehtimaldan* gedir.



Bunu zər (hər üzündə xalların sayı göstərilmiş kubik) misalında əyani şəkildə etmək olar. Atım nəticəsində 1-dən 6-ya qədər ədədlərin meydana çıxması *hadisə* və ya *nəticə* adlanır.

Atımların N sayı kifayət qədər böyük olduqda düşən birlərin sayı N_1, ikilərin sayı N_2, üçlərin sayı N_3 və s. praktik olaraq eyni olur (əgər kubik bircins materialdan düzəlibsə). Atımların sayı (*seçmə*) çox olduqca, düşən rəqəmlərin miqdarı arasındakı fərq də bir o qədər az olur. Bu hadisələri *bərabərehtimallı hadisələr*, $p(N_i)=\frac{N_i}{N}$ ədədi isə i hadisəsinin ehtimalı adlandırırlar (atımların sayı çox olduqda və ya necə deyərlər, statistika böyük olduqda). Baxılan halda istənilən hadisənin ehtimalı $p=\frac{1}{6}$. Əgər zər saxta olsaydı (yəni hər hansı bir üzü ağırlaşdırılıbsa), onda müxtəlif üzlərin düşmə tezliyi fərqli olardı, lakin bir şey dəyişməz qalacaqdır, bütün mümkün hadisələrin (nəticələrin) ehtimallarının cəmi bir verəcəkdir.

Ehtimalın bu cür təyini riyazi nöqteyi-nəzərdən tam dəqiq deyil, lakin təsadüfi xətalarla iş qaydasını başa düşməyə kömək edir. Ancaq bu tərif eksperimentin yekunlarını təhlil etməyi asanlaşdırmır, çünki ölçmənin nəticəsi, bir qayda olaraq, tam yox, kəsr (rasional) ədəd olur: ölçülən kəmiyyət *diskret* yox, *kəsilməzdir*. Ölçmələrin nəticələrində ədədlərin təkrarı nadir baş verir və ona görə də hər hansı bir konkret ədədin təkrar olması ehtimalı son dərəcə kiçikdir (və atmaların sayı artdıqda azalır). Onda x ədədinin – nəticəsinin hər hansı Δx intervalına (məsələn, 10,34-dən 10,35-dək) düşmə ehtimalı $p(x, \Delta x)$ haqqında danışırlar və *ehtimal sıxlığı* $w(x)=\frac{p(x,\Delta x)}{\Delta x}$ daxil edirlər. Bu artıq ədəd yox, funksiyadır.

Əgər bütün mümkün nəticələrin (hadisələrin) ehtimallarının $p(N_i)$ paylanması və ya kəsilməz dəyişən kəmiyyət üçün $w(x)$ funksiyası məlumdursa, onda kəmiyyətin orta qiymətini hesablamaq olar. Alınan qiymətlər bu orta qiymət ətrafında ehtizaz (rəqs) edir. Bu, məhz bizim məqsədimizdir, kəmiyyətin həqiqi qiyməti onun *riyazi gözləməsidir*. Zər misalında tədqiqatçını, ehtimalların paylanması məlum olduqda çoxsaylı "eksperimentin" nəticələrini uzun-uzadı və yorucu yekunlaşdırmaq zərurətindən xilas edən maraqlı bir münasibəti aşkar etmək mümkündür. Doğrudan da, düşmüş birlərin, ikilərin və s. sayı eyni olub, atımların N sayının 1/6-nə bərabərdir; deməli, bütün alınmış qiymətlərin ədədi ortasını təyin etmək üçün, aşağıdakı ifadənin qiymətini hesablamaq kifayətdir:

$$\frac{1\cdot\frac{N}{6}+2\cdot\frac{N}{6}+3\cdot\frac{N}{6}+4\cdot\frac{N}{6}+5\cdot\frac{N}{6}+6\cdot\frac{N}{6}}{N}=$$

$$=1\cdot\frac{1}{6}+2\cdot\frac{1}{6}+3\cdot\frac{1}{6}+4\cdot\frac{1}{6}+5\cdot\frac{1}{6}+6\cdot\frac{1}{6}=3{,}5.$$

Lakin bu ifadə $1\cdot p_1+2\cdot p_2+3\cdot p_3+4\cdot p_4+5\cdot p_5+6\cdot p_6$-ya bərabərdir. Ümumi halda, əgər hətta ehtimallar eyni deyilsə belə, riyazi gözləmə $M=\sum N_i p(N_i)$ və ya kəsilməz kəmiyyət üçün $M=\int_{x_{min}}^{x_{max}} xw(x)dx$ olacaqdır.

Riyazi gözləmə paylanmanın yeganə xarakteristikası deyil. Əgər kubun üzlərinə üç sayda üç və üç sayda dörd çəksək, düşən xalların orta qiyməti həminki kimi olacaq, lakin ayrı-ayrı atımların nəticələri onun ətrafında daha sıx yerləşəcəkdir. Paylanmanın enini (ölçü qiymətlərinin "yayılma" dərəcəsini) riyazi gözləmədən kənara çıxmaların (meylin) kvadratının orta qiymətilə təsvir edirlər (meyli kvadrata yüksəldirlər ki, mənfi olmayan ədədlər toplansın və cəmdə sıfır alınmasın). Bu kəmiyyətə *dispersiya* deyilir:

$$D=\sum(M-N_i)^2 p(N_i)$$

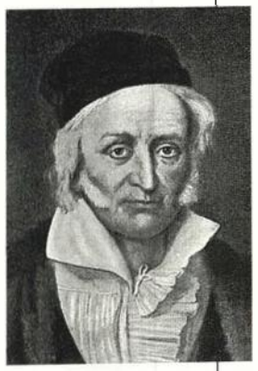
və ya

$$D=\int_{x_{min}}^{x_{max}}(M-x)^2 w(x)dx.$$

Dispersiyanın kvadrat kökü σ *standart meyil* adlanır.

QAUSS PAYLANMASI

Qısa müddətə inteqraldan ayrılaq və sadə bir nəzəri eksperiment aparaq. Xəyali parkda virtual gəzintiyə çıxaq. Park, küncləri girişləri olan kvadrat formasında salınmışdır. Park, onun kənarlarına paralel olan və düzgün kvadrat tor əmələ gətirən cığırlarla bölünmüşdür.

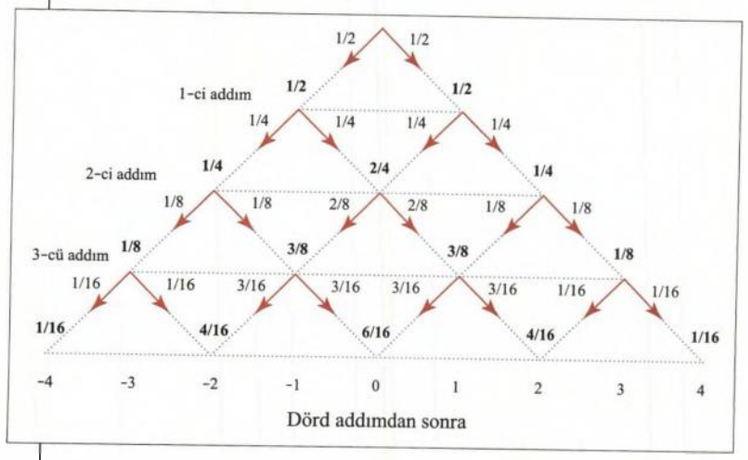


Karl Fridrix Qauss.

Giriş nöqtəsindən uzaqlaşmağı qayda qəbul etməklə parkı gəzək. Bu o deməkdir ki, hər bir dörd yol ayrıcında yalnız iki yolu seçmək olar – sağa aşağı və sola aşağı (bu şərtlə ki, giriş yuxarıdakı küncdən olsun). Əgər fikirləşmədən sağa və ya sola dönsək, onda səfər təsadüfi olacaqdır, yəni gəzən adamın bir neçə kvadrat keçəndən sonra harada olacağını qabaqcadan dəqiq demək olmaz. Lakin bu və ya digər yolayrıcında "olma" ehtimalını hesablamaq olar!

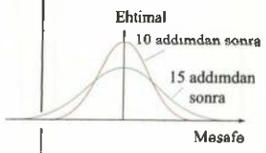
Doğrudan da, girişdən başlamaqla bir kvadrat keçərək, biz eyni ehtimalla ya A_0 nöqtəsində, ya da A_1 nöqtəsində olacağıq. Həm burada, həm orada həm sağa, həm sola dönmək olar; ona görə – iki kvadratı keçəndən sonra B_0 və B_2 nöqtələrində olma ehtimalı eyni, ancaq B_1-ə gəlmə ehtimalı iki dəfə yüksək olacaq. Bütün bu ehtimalların cəminin 1-ə bərabər olduğunu yadımıza salsaq, alarıq:

$$p(B_0)=p(B_2)=1/4,\ p(B_1)=1/2.$$



Dörd addımdan sonra

Parkın müxtəlif nöqtələrinə neçə yolla gəlib çıxmaq mümkün olduğunu izləmək və uyğun ehtimalları hesablamaq çətin deyildir. Şəkildə keçilmiş 10 və 15 kvadrat üçün nöqtəyə gəlib çatma ehtimalının (p), bu nöqtədən parkın diaqonalına qədər olan x məsafəsindən iki asılılığı göstərilmişdir. Maraqlı qanunauyğunluq aşkar olunur: $p(x)$ funksiyası zınqırovabənzər şəklə malikdir, "zınqırov" yüksək olduqca, o, bir o qədər dar olur. Nəticəyə nə qədər çox təsadüfi faktor təsir edirsə (nə qədər çox kvadrat keçilirsə), ehtimalların paylanması



$$p(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(M-x)^2}{2\sigma^2}}$$

düsturu ilə bir qədər yaxşı təsvir olunur, burada M = 0 – riyazi gözləmə, $\sigma=\frac{\sqrt{N}}{2}$ – standart meyildir. Bu, *normal paylanma* və ya *Qauss paylanmasıdır*.

Kəmiyyətin qiyməti bir-birindən asılı olmayan bir çox təsadüfi faktorlardan (onların cəmi olan) asılı olduğu hər bir halda, ölçmə prosesində də, məhz belə situasiya yaranır. Normal paylanmanın məhz bu xassəsi onu praktik tədqiqatlarda bu qədər universal və mühüm edir.

Normal paylanmaya gətirib çıxaran situasiyalara aid bəzi misallar bax bunlardır. Əgər insanların böyük bir qrupu üçün boya və ya çəkiyə görə paylanmanı tərtib etsək, onda o, normal paylanmaya yaxın olar, çünki hər bir adamın boyu və çəkisi çoxlu sayda təsadüfi parametrlərdən asılıdır. Əşyanı dəqiq tərəzidə çəkərkən nəticənin təsadüfi meyillərinin mənbələri tərəzinin gözlərinə qonan və oradan uçan tozcuqlar, hava axınları, stolun titrəmələri və bir çox digər səbəblər ola bilər. Verilmiş meydançadan keçən kosmik zərrəciklərin sayının ölçülməsi də, eləcə də kifayət qədər böyük zaman ərzində nümunədəki radioaktiv nüvələrin parçalanmalarının sayı da normal paylanmaya gətirir.

Normal paylanma üçün $p(x)$-in qrafikində riyazi gözləmə – funksiyanın maksimal olduğu nöqtədir (yeri gəlmişkən, həmin nöqtəyə nəzərən paylanma simmetrik olur). Qrafikə görə normal paylanmanın standart meylini də tapmaq olar: bu, maksimum nöqtəsindən elə məsafədir ki, həmin məsafədə funksiyanın qiyməti $\sqrt{e}$ dəfə azalır (maksimal qiymətin təxminən 0,6 hissəsinə bərabərdir).

EHTİMALLI HƏRƏKƏT QANUNU

Parkda gəzinti zamanı gəzən adamın olduğu (ən böyük ehtimalla) oblastın eninin necə dəyişdiyini izləmək maraqlıdır. Bu oblastın eni (diaqonal cığıra qədər olan məsafə) orta kvadratik meyil ilə, yəni keçilmiş "kvartalların" sayının kvadrat kökü ilə mütənasibdir. Əgər parka eyni sürətlə gəzən adamlar dəstəsini buraxsaq, onda bu dəstənin ölçüsü gəzinti müddətinin kvadrat kökü ilə mütənasib olaraq artacaqdır. Məsələn, suda mürəkkəb damcının diametri də, analoji olaraq böyüyür, çünki mürəkkəbin molekullarının hərəkəti – su molekulları arasında təsadüfi dolaşmadır.

Bütün hadisələrin, yəni ölçmə nəticələrinin 68%-i M-σ-dan M+σ-ya qədər olan intervala düşür. Əgər bu intervalı iki dəfə artırsaq, onda ona təxminən nəticələrin 95%-i, əgər üç dəfə artırsaq, demək olar ki, 99%-i düşəcəkdir.

TƏSADÜFİ XƏTALAR

İndi nəzəriyyədən eksperimental fizikaya keçmək olar. Fərz edək ki, ölçülməsi tələb olunan təsadüfi kəmiyyət normal paylanmaya malikdir və bu paylamanın əsas parametrinin (riyazi gözləmənin) tapılması tələb olunur. Bu sadə iş deyil, çünki hesablama çox çətindir: ölçmələrin sayı həmişə sonsuz deyil və paylanmanın xarakteristikaları haqqında yalnız seçmə – eksperimental məlumatlar küllisi əsasında fikir söyləmək olar. Ona görə də yalnız *seçmə ortanı* və *seçmə dispersiyanı* hesablamaq olar. Hər biri x_i qiymətini verən n ölçmə üçün seçmə orta $\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$ (yaxşı məlum olan ədədi orta), dispersiya və ya *seçmə standart meylin* kvadratı (orta qiymətdən meylin ortalaşdırılmış kvadratı):

$$s_x^2=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2.$$

Onlar öz M və D-nin həqiqi qiymətlərinə nə qədər yaxındır?

Kəmiyyətin paylanma dispersiyası böyük olduqca ölçmə zamanı hər bir alınmış nəticənin riyazi gözləmədən böyük meylinin ehtimalı da (baxılan ölçmənin xətası) bir o qədər böyük olur. Yox, əgər çoxlu ölçmə aparsaq, onda onlar, şübhəsiz, demək olar, riyazi gözləmə ətrafında səpələnmiş olacaq. Ona görə də *riyazi gözləmənin ən yaxşı qiymətləndirilməsi* ölçmələrin nəticələrinin seçmə orta qiymətidir, dispersiyanın qiymətləndirilməsi olaraq isə seçmənin dispersiyası götürülür.

Əgər hər birində n ölçmə olmaqla kifayət qədər çoxsaylı seriya yerinə yetirsək və *orta qiymətlərin paylanmasını* tapsaq, onda məlum olar ki, onlar da normal paylanmaya tabedir. Lakin bu paylanmanın dispersiyası təsadüfi kəmiyyətin özünün paylanmasının dispersiyasından n dəfə kiçik olur. Ona görə də, tapılmış ədədi ortanın həqiqi qiymətdən (riyazi gözləmədən) mümkün meylini xarakterizə edən *orta qiymətin standart meyli*, n ölçmə aparan zaman aşağıdakı ifadəyə bərabər olur:

$$s_{\bar{x}}=\frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}=\frac{1}{\sqrt{n}}s_x.$$

Ölçmələrin son nəticəsi $x=\bar{x}\pm s_{\bar{x}}$ şəklində yazılır. $(\bar{x}-s_{\bar{x}},\bar{x}+s_{\bar{x}})$ intervalı *etibarlı interval* adlanır. Riyazi gözləmə 68% hallarda bu intervala düşür (bu qiymət etibarlı səviyyə adlanır).

Əgər riyazi gözləmənin etibarlı interval daxilində olmasına dair böyük əminlik lazımdırsa, onda standart xətanı etibarlı səviyyədən asılı olan əmsala vururlar; məsələn, $x=\bar{x}\pm 2s_{\bar{x}}$ (etibarlı səviyyə 95%) və ya $x=\bar{x}\pm 3s_{\bar{x}}$ (99%).

İki asılı olmayan mənbəyin ölçülməsinə təsadüfi səhvləri təsirini təhlil etməklə maraqlı nəticə çıxarmaq olar. Yekun xətanı hesablamağın ən sadə həlli – hər iki mənbə üçün standart meyilləri toplamaqdan ibarət olan həlli yaramır, bax nəyə görə. Hədəfi nişan



"Y.İ.Frenkel haqqında danışırlar ki, guya FTİ-də 30-cu illərdə dəhlizdə onu bir eksperimentator tutmuş və təcrübədə aldığı əyrini ona göstərmişdir. Bir dəqiqə fikirləşərək, Y.İ. bu əyrinin gedişini izah etmişdir. Lakin məlum olmuşdur ki, təsadüfən əyri baş-ayaq çevrilibmiş. Əyrini öz yerinə bərpa edirlər və bir az düşünərək, Y.İ. əyrinin bu davranışını da izah etmişdir".

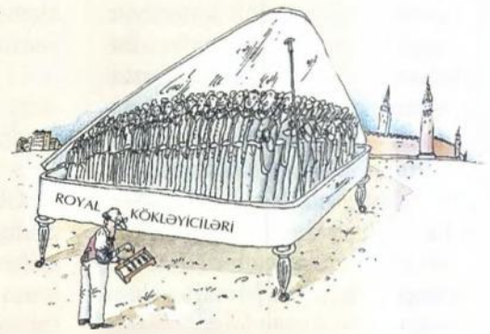
("Fiziklər zarafat edirlər" kitabından.)

QİYMƏTLƏNDİRMƏLƏR

Bəzi mühüm kəmiyyətləri kifayət qədər dəqiq təyin etmək və ölçmənin xətasını az-çox etibarlı hesablamaq olmur. Oxşar ölçmələr *qiymətləndirmələr* adlanır. Qırmızı yerdəyişməyə əsasən ən uzaq qalaktikalara qədər məsafələrin qiymətləndirilməsi, Yerin yaşının yer qabığındakı elementlərin radioaktivliyinin öyrənilməsi sayəsində qiymətləndirilməsi buna tipik misallardır. Bəzən "kəmiyyətin tərtibcə qiymətləndirilməsindən" danışırlar. Bu o deməkdir ki, gətirilmiş kəmiyyət həqiqi qiymətindən, çox ehtimal ki, üç-dörd dəfədən çox olmamaqla fərqlənir. Moskva şəhərində neçə royal kökləyicisi var? – sualına cavab verməklə, bu cür qiymətləndirməyə misal çəkək.

Moskvanın əhalisi 10 mln nəfər tərtibindədir (qiymətləndirmə zamanı bir yarım – iki dəfə fərqin əhəmiyyəti yoxdur). Ailənin tərkibini orta hesabla 3 nəfər götürsək, onda şəhərdə təxminən 3 mln ailə olduğunu hesab etmək olar. Yəqin ki, hər 20-ci ailədə royal və ya pianino var. Hər 150 min fortepiano il yarımda bir dəfə kökləmək tələb olunur, yəni Moskvada kökləyiciləri ildə 100 min dəfə çağırırlar. Əgər hesab etsək ki, kökləyici ildə 250-300 gün işləyir və bir çağırışa bir gün sərf edir, onda ağlabatan qiymətləndirmə bu sənətin 300-400 nümayəndəsi olduğunu göstərir.

Qiymətləndirmələrin ustalarından biri də fizik Enriko Fermi olmuşdur. İlk atom bombasının sınaqlarında (ABŞ, 16 iyul 1945-ci il) partlayışdan dərhal sonra o ayağa durmuş və cırıq-cırıq edilmiş kağızı atmağa başlamışdır. Bir neçə saniyədən sonra zərbə dalğasının cəbhəsi gəlib çatan zaman, Fermi, dalğanın kağız parçasını hansı məsafəyə atdığını fikrində hesablayaraq, partlayışın gücünü dərhal qiymətləndirmişdi (əlbəttə, episentrə qədər olan məsafə ona məlum idi və uyğun hesablamaları o, əvvəlcədən aparmışdı). Çoxsaylı cihazların göstərişlərinin sonradan aparılmış təhlili Ferminin qiymətləndirməsini təsdiq etdi.



KVANT MƏHDUDİYYƏTLƏRİ

Δx dedikdə cismin x-koordinatının riyazi gözləmədən standart meylinin qiymətini; Δp_x dedikdə isə impulsun x komponentinin standart meylinin qiymətini başa düşəcəyik. Kvant mexanikasında bu meyillər koordinatın və impulsun uyğun *proyeksiyalarının qeyri-müəyyənlikləri* adlanır. Heyzenberqin qeyri-müəyyənlik münasibətinə görə, bu qeyri-müəyyənliklər $\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{\hbar}{2}$ münasibətini ödəyir. Burada $\hbar$ – təqribən $1{,}055 \cdot 10^{-34}$ C · san-yə bərabər olan Plank sabitidir. Bu məhdudiyyət kvant obyektlərinin təbiətini əks etdirir və hər cür ölçü cihazlarının texniki qeyri-mükəmməlliyilə heç cür bağlı deyil. $\Delta p_x = m \cdot \Delta v_x$ olduğundan $\Delta x \cdot \Delta v_x > \frac{1}{m} \frac{\hbar}{2}$ olur.

Kütləsi 1 kq olan cismin koordinatının qeyri-müəyyənliyi atomun ölçüsü tərtibində (1Å), impulsun qeyri-müəyyənliyi isə 10^{-24} m/san tərtibindədir. Bu kəmiyyət o qədər kiçikdir ki, texniki və məişət ölçmələrində onu sıfıra bərabər götürürlər.

Lakin bəzən makroskopik obyektlərlə aparılan ölçmələr zamanı da dəqiqliyə olan kvant məhdudiyyətlərini nəzərə almaq lazım gəlir. Qravitasiya dalğalarını qeydə almaq cəhdləri zamanı antena kimi metal silindrlər götürürlər, bununla belə, onların amplitudu 10^{-20} m tərtibində olan rəqsləri nəzərə alınmalıdır. Qeyri-müəyyənlik münasibətinin qoyduğu məhdudiyyətini də nəzərə almaq lazımdır.

Bu cür yüksək dəqiqlik ona zidd deyilmi ki, atomun öz vəziyyətini hətta bundan xeyli tərtib kiçik dəqiqliklə təyin etmək olmaz? Cavab ondan ibarətdir ki, datçiklər (qeydə alan qurğular) bir atomu yox, külli miqdarda (N) atomları izləyir və onların orta yerdəyişməsini fiksə edir. Onun qeyri-müəyyənliyi isə bir atomun vəziyyətinin qeyri-müəyyənliyində $\sqrt{N}$ dəfə kiçikdir.

almış atıcı təsəvvür edək. Atıcı ideal deyil, çünki onun əlləri bir azca əsir (bunun sayəsində nişangah sağa-sola sürüşür) və başı yırğalanır (nişangah yuxarı-aşağı gedir). Əgər bu faktorlardan hər biri ayrılıqda güllənin hədəf

üzərindəki üfüqi xətt üzrə Δx qədər, şaquli xətt üzrə Δy qədər səpələnməsinə gətirirsə, onda onların eyni zamanda birgə təsiri hesabına səpələnmə $\Delta x = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ qədər artır. Belə bir qayda bir-birindən asılı olmayan səbəblərin doğurduğu xətalara da tətbiq oluna bilər: standart meyillər deyil, paylanmaların dispersiyaları toplanır: $D_z = D_x + D_y$.

YEKUN VƏ NƏTİCƏ

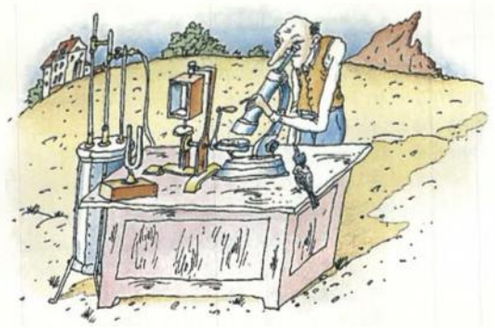
Ölçmələrin nəticələrini yazarkən bəzi qaydalar gözlənilir. Əgər sıfırdan fərqli ilk rəqəm 2-dən böyükdürsə, onda adətən bir rəqəmə qədər, 2-dən kiçik və ya 2-yə bərabər olduqda isə iki rəqəmə qədər yuvarlaqlaşdırırlar. Məsələn, əgər aparılmış ölçmələr nəticəsində tapılmış xətalar ±83, ±0,0218-ə bərabərdirsə, onda onları ±80, ±022 kimi yazırlar. Buna uyğun olaraq, ölçülən kəmiyyətin orta qiymətinin yazılışındakı sonuncu rəqəm xətadakı sonuncu rəqəmlə eyni mərtəbədə olmalıdır; məsələn, $(2{,}587 \pm 3) \cdot 10^2$, $4{,}775 \pm 0{,}022$.

Fizikadan soraq kitabçalarında səhvin mümkün olduğu rəqəmlər mötərizəyə alınır. Məsələn, qravitasiya sabiti $G \approx 6{,}67259(85) \cdot 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{kq}^{-1} \text{san}^{-2}$.

FİZİKLƏR DÜNYANI NECƏ DƏRK EDİRLƏR

EKSPERİMENTDƏN NƏZƏRİYYƏYƏ

Fizikin işi nədən başlayır? Təcrübə (eksperiment) aparmaqla fizik, sanki, təbiətə sual verir. Təbiətin cavabının aydın və dürüst olması üçün xüsusi məharət tələb olunur: sualı təbiətə elə vermək lazımdır ki, cavabın müxtəlif yozumlarına yer qalmasın, yəni cavab birqiymətli və inandırıcı olmalıdır. Təbiət cavabı cihazların göstərişləri şəklində verir. Keçmişdə cihazlar sadə idi. Hesab olunurdu ki, əgər kimsə istənilən laboratoriyada olan əl altındakı materiallardan – şüşə borucuqlardan, rezin şlanqın kəsiklərindən, çubuqcuqlardan, surğucdan və s. – özünə lazım olan cihazı yığmağa qadir deyilsə, onda o, fizik adına layiq deyil. Zaman keçdikcə fiziklərin təbiətə verdiyi suallar daha təkmilləşdirilmiş, cihazlar isə uyğun olaraq daha mürəkkəbləşmiş oldu. Əgər imkan varsa, eksperimenti təkrar edirlər: bu zaman nəticələrin təkrar alına bilməsi – təsadüfi səhvi istisna etməyə imkan verən və alınmış məlumatların doğruluğunun xeyrinə olan tutarlı arqumentdir. Yekunda fiziklər tədqiq olunan hadisəni xarakterizə edən bir qalaq ədədlər, əyrilər, videomaterial-lar və s. toplamış olurlar. Eksperimentatorlar aldıqları məlumatların, öz həcminə görə adamı ürküdən çoxluğunda həqiqətən arı çalışqanlığı ilə qayda yaratmağa başlayırlar. Belə "çiy şəkildə" olan informasiya çətin araşdırılandır və onunla işləmək əlverişli deyil. Bu informasiyanı, bu və ya digər



EKSPERİMENT MƏHARƏTİ

Eksperiment nəzəriyyə ilə bərabər fizika elminin iki dayağından biridir. Bu, ətrafda baş verən hadisələri sadəcə seyr etməsi deyil, müəyyən, eksperimentatorun verdiyi şəraitdə gedən prosesin tədqiq edilməsidir; Frensis Bekonun tərifinə görə bu, "təbiətə sualdır". Rusiya nəzəriyyəçi-fiziki, akademik Arkadi Beynusoviç Miqdalın dediyi kimi, eksperiment "nəzəriyyənin qabaqcadan xəbər verdiklərinin möhkəmliyini yoxlayır, sınaqdan keçirir. Nəhayət, nəzəriyyə tab gətirmədikdə, köhnə faktları və sınaq zamanı meydana çıxan faktları nəzərə almaqla, yenisi qurulur". Həm böyük nəzəriyyələr, həm də böyük eksperimentlər mövcuddur. Onlar nəinki laboratoriya hesabatlarında və elmi jurnallarda qalır, həm də birbaşa və ya dolayı yolla, bizim gündəlik həyatımızı dəyişdirir. Onlara görə mükafatlar alırlar. Onların haqqında əhvalatlar danışır və rəvayətlər quraşdırırlar.

Qeyd edək ki, ilk böyük eksperiment Sirakuzlu Arximed tərəfindən aparılmışdır. Çar Gieronun tacı ilə bağlı əhvalat onu təkcə "kriminalistikanın atası" etmədi, həm də göstərdi ki, bir sualın cavabının axtarışı gedişində tamam başqa bir problemin həlli tapıla bilər. Lakin mühüm olan başqa şeydir: yəqin ki, Arximed həm nəzəriyyəyə, həm də eksperimentə söykənən ilk alim olmuşdur. Onun cisimlərin üzməsi qanunu – müşahidələrin və eksperimentin, ling qanunu isə mühakimələrin və gümanların nəticəsidir.

Hər bir kəşf özünə məxsus tərzdə doğulur: axtarışların nəticəsində və ya təsadüfün şıltaqlığı hesabına. Qabaqcadan xəbər verilmiş kəşfləri tam mənası ilə barmaqla saymaq olar, əvəzində bu sırada lazerin yaradılması kimi parlaq bir hadisə də var: 1953-cü ildə Albert Eynşteynin hələ 1916-cı ildə qabaqcadan xəbər verdiyi effektdən istifadə etməyi öyrəndilər. Həmçinin alman Yohannes Georq Bednorst və isveçrəli Karl Aleksandr Müller məqsədyönlü axtarış sayəsində yüksəktemperaturlu ifratkeçiriciliyi aşkar etdilər.

Fizikada təsadüfi, "sanki, boş yerdə" yaranan kəşflər daha çoxdur. Lakin böyük fransız bioloqu Lui Paster bir dəfə demişdi ki, təsadüf yalnız hazırlıqlı ağıla kömək edir. Buna parlaq misal başqa fransızın, Antuan Anri Bekkerelin kəşfidir. Lüminessensiyanı tədqiq edərək, alim fərz etmişdi ki, o, yalnız rentgen şüaları ilə baş vermir, həm də onları doğura bilir. Buna baxmayaraq, səhv ideya əsasında aparılan eksperimentlər 1896-cı ildə radioaktivliyin kəşfi ilə başa çatdı.

Alim bəzən dünyanın adət etdiyi mənzərəsinə sığışmayan bir şeyi sadəcə görməyə bilər. Alman fiziki Kuntse 1933-cü ildə Vilson kamerasında elektrondan 200 dəfə ağır olan zərrəciyi müşahidə etmişdi. Bu, mü-mezon idi. Lakin bu cür zərrəciklər məlum olmadığı üçün o, öz müşahidəsini təcrübənin səhvi hesab etmişdi. Mezonu təkrar 1938-ci ildə amerikanlar Karl Devid Anderson və S.Neddermeyer kəşf etdilər.

Şərait yeninin kəşfinə nəinki yalnız kömək edə bilər, hətta həm də mane ola bilər. İngilis fiziki Daniel Kolladon 1825-ci ildə, Maykl Faradey tərəfindən elektromaqnit induksiyası hadisəsinin kəşfindən altı il əvvəl çox oxşar eksperimentlər aparmışdı. Faradey kimi, o da həssas qalvanometrə sarğacı qoşmuş və maqniti sarğaca salmışdır – bu anda sarğacdan elektrik cərəyanı axmışdır. Lakin bəzən ehtiyatlılıq həddən çox olur: maqnitin qalvanometrə təsirini azaltmaq üçün Kolladon cihazları müxtəlif otaqlarda yerləşdirmişdi. O tələsmədən maqnit olan yerdən ölçü cihazının yanına gələndə, əqrəb dayanmış olurdu. Bu qədər qısamüddətli effekt gözləməyən alim kəşfi görə bilməmişdi, kəşf Faradeyə müyəssər oldu – ona assistenti kömək edirdi.

Bir çox tədqiqatçılar kəşfin astanasında olsalar da, onlara kiçik bir addım çatmamışdı. İlk yüksəktemperaturlu ifratkeçirici Bednorst və Müllerin kəşfindən bir neçə il əvvəl alınmışdır. 1979-cu ildə SSRİ EA Ümumi və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutundan rusiyalı alim İ.S.Şaplıgin öz həmmüəlliflərilə birlikdə lantan, mis, kalsium, stronsium və barium birləşmələrinin, o cümlədən ifratkeçirici maddəyə uyğun olan birləşmələrin keçiriciliyini tədqiq etmişdilər. Amma keçiriciliyi aşağı temperatur oblastında ölçmək ağıllarına gəlməmişdi.

Lakin cavabı almaq azdır, onu həm də başa düşmək lazımdır. Axı nəticə paradoksal, formalaşmış elmi təsəvvürlər sisteminə sığışmayan ola bilər, belə halda nəticəni qəbul etmək üçün tədqiqatçıya cəsarət və nəticənin düzgünlüyünə möhkəm inam lazımdır. Bu cür eksperimentlər dünya haqqında bizim anlayışımızı və sivilizasiyanın simasını dəyişdirir.



asılılıq şəklinə salmaqla və ya tənlik şəklində yazmaqla sıxmaq lazımdır.

Tənliyin çıxarılması tədqiqatçının həmişə ən böyük uğurudur, lakin bu final deyil, təbiətə verilən sualın cavabına dair ilkin eksperimental məlumatlardan başlayan uzun yolda yalnız yeni addımdır. Tənliyin ilkin variantı riyazi gözəlliyin qədir-qiymət bilicisinin nəzərini heç də həmişə oxşamır. Bununla belə, bu tənlik əvvəlcə eksperimental məlumatlar çoxluğunda, iynə ot tayasında itən kimi, itib-batmış qiymətli informasiyanı sıxılmış şəkildə özündə saxlayır. Maksvell tənliklərinin gözəlliyini inkar edən çətin ki, bir fizik tapılsın. Lakin onlar ilkin şəkildə heç də elə gözəl olmamışdır. Yalnız Henrix Herst və onun davamçıları Maksvell tənliklərini mükəmməlliyə çatdırmışlar.

Daha sonra tənliyi həll etmək lazımdır. Tədqiqatçılar kömək üçün riyaziyyata müraciət edirlər. Riyaziyyatın, yalnız fizikada yaranan məsələlərin (o cümlədən tənliklərin) həlli metodlarını işləyib hazırlamaq və təkmilləşdirməklə məşğul olan bütöv bir bölməsi – riyazi fizika bölməsi mövcuddur.

Nəhayət, xoşbəxt final başlanır: çıxarılmış tənliyi həll etmək mümkün olur. Əvvəllər tənliyin həlli dedikdə analitik həllin, yəni düsturun alınması başa düşülürdü. İndi kompüterlərin geniş yayılması ilə əlaqədar tənliyin həlli dedikdə kompüterin displeyində cədvəl və ya qrafik şəklində təqdim olunan ədədi nəticə başa düşülür. Bu mərhələdə hətta ən mahir riyaziyyatçı da fiziki əvəz edə bilməz: alınmış nəticəni anlamaq, şərh etmək, onun fiziki mənasını aydınlaşdırmaq lazımdır. Başqa sözlə, formal (funksional) asılılıqdan öyrənilən hadisənin dolğun təsvirinə mühüm keçid prosesi baş verir.



Lakin tənlik və onun həlli, hələ axtarışların son yekunu deyil. Tənlikdə "nə üçün?" ("hansı mexanizmin köməyilə?") sualına cavab verən səbəbiyyət asılılıq haqqında yox, "necə" sualına cavab verən funksional asılılıq haqqında söhbət gedir. Funksional ası-

"Eksperiment nəzəriyyədən nə qədər uzaqdırsa, o, bir o qədər Nobel mükafatına yaxındır".

F.Jolio-Küri

"Çoxları göstərmişlər ki, hipotezin elmi kəşfə çevrilməsi prosesini Kolumb tərəfindən Amerikanın kəşfi misalı çox yaxşı əks etdirir. Kolumb belə ideyaya mübtəla olmuşdu ki, Yer yumrudur və Qərbə üzməklə Şərqi Hindistana çatmaq olar. Aşağıdakılara diqqət yetirin:

a) ideya heç cür orijinal deyildi, lakin o, yeni informasiya almışdı;

b) o, həm ona maddi yardım edəcək şəxslərin axtarışında və həm də bilavasitə eksperimentin aparılması prosesində çox böyük çətinliklərlə rastlaşmışdı;

c) o, Hindistana yeni yol tapmadı, lakin əvəzində dünyanın yeni hissəsini tapdı;

ç) əks fiziklərin bütün sübutlarına baxmayaraq, o yenə də inanırdı ki, Şərqə yol kəşf etmişdir;

d) o, sağlığında nə xüsusi hörmət, nə də dəyərli mükafat gözləmirdi;

e) o vaxtdan bəri təkzibolunmaz dəlillər tapıldı ki, Kolumb Amerikaya çatmış ilk avropalı olmamışdır".

("Fiziklər zarafat edirlər" kitabından.)

lılığa misal – Nyuton tərəfindən çıxarılmış ümumdünya cazibə qanunudur. Cisimlərin bir-birini necə cəzb etməsi haqqındakı suala cavab verən bu qanun, qravitasiyanın təbiəti haqqında heç nə demir. Riçard Bentli öz məktubunda Nyutondan soruşanda ki, cazibə nədir, Nyuton cavab vermişdi ki, bu barədə onda müəyyən gümanlar var, lakin doğru cavab ona məlum deyil. Cazibənin təbiəti indi də aydın deyil.

Tədqiq olunan hadisənin dərk olunmasında müəyyən səviyyəyə çatan fizik növbəti addımı atır – hadisənin modelini qurmağa çalışır. Modellər cürbəcür olur. Əgər tədqiq olunan predmetin, hadisənin hər hansı fiziki, kimyəvi, bioloji və ya həndəsi xassələrini təsvir etmək gərəkdirsə, onda modelə predmet modeli deyilir. Məsələn, analoq modelləri onlara aiddir. Analoq modelləri qurarkən tədqiq olunan hadisəni və onun analoqunu təsvir edən riyazi asılılıqların və ya tənliklərin oxşarlığından istifadə olunur. Hesablama maşınlarının inkişafının ilkin mərhələsində müxtəlif fiziki proseslər hesablanarkən analoq modellər geniş tətbiq olunmuşdu.

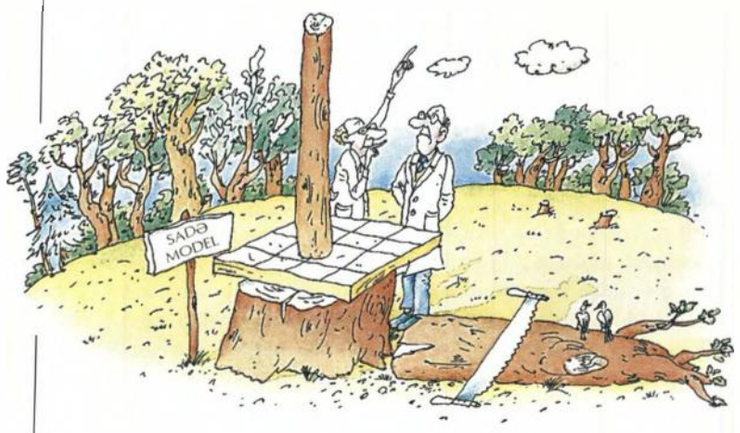
Fizikada riyazi modellər adlanan modellər ən çox əhəmiyyət kəsb etdi. Bir qayda olaraq, onlar, tədqiq olunan hadisəni təsvir edən diferensial tənliklərdir. Riyazi model (hər bir digər model kimi) – bu, tədqiq olunan hadisəni xırda təfsilatlarına qədər əks etdirən dəqiq portret deyil, əslində onun karikaturasıdır ki, burada daha yaxşı dərk edilməsi üçün bəzi xassələr şişirdilmiş, digərləri isə silinmişdir. Bununla belə, kibernetikanın banilərindən biri olan Eşbinin ifadəsinə görə, yaxşı model "öz yaradıcısından ağıllı" ola bilər, yəni təkcə onun müəllifinin nəzərdə tutduğu xassələri yox, həm də, bəzən müəllif üçün gözlənilməz olan digər xassələrini təsvir edə bilər. Riyazi model üzərində ədədi və ya kompüter eksperimenti apararaq, fizik tədqiq olunan hadisəni dərk edir. XX əsrin axırında kompüter modelləşdirilməsi geniş yayılmış oldu, ancaq nə vaxtsa o, sensasiya idi.

Növbəti addım hadisənin nəzəriyyəsinin yaradılmasıdır. Nəzəriyyə təkcə artıq görülmüş bütün işə yekun vurmur, o həm də sonrakı tədqiqat üçün perspektivləri aşkar edir. Nəzəriyyə üçün özül və ya fundament təcrübi məlumatlardır. Hipotezlər, fərziyyələr və aksiomalar, ümumi qanunlar yuxarı yarusda yerləşir. Onlar, növbəti səviyyəni əmələ gətirən modellərin "tikinti materialıdır". Məntiqi nəticə çıxarmaq qaydaları bir növ müxtəlif yarusları birləşdirən pilləkənlərdir. Aşağıda yerləşən, hər şeydən çıxarılan müddəalar yuxarı yarusda yerləşir.

Fiziki nəzəriyyənin nəticələri hər hansı bir anda mühəndislərə verilir. Onlar bu nəticələri təbiətə yeni suallar verməyə imkan verən yeni texniki cihazlarda, instrumentlərdə yerləşdirirlər. Tsikl təkrarlanır, lakin qapalı dairə üzrə yox, genişlənən – hər dəfə daha enli – spiral üzrə. İdrak prosesi sonsuzdur.

"Elmi ədəbiyyat axınının başlıca səbəblərindən biri odur ki, nə vaxt tədqiqatçı elə mərhələyə çatır ki, həmin mərhələdə ağacların arxasındakı meşəni görməməyə başlayır, onda o çox həvəslə ayrı-ayrı yarpaqların öyrənilməsinə başlamaq yolu ilə bu çətinliyin həllinə meyil edir".

"Lanset", dekabr, 1960-cı il.



FİZİKANIN PRİNSİPLƏRİ

Eksperiment heç də həmişə nəzəriyyə qurmaq üçün çıxış nöqtəsi olmur. Nəzəriyyə yalnız təcrübənin arxasınca getmir, həm də onu xeyli qabaqlaya bilir. Məsələn, elektronun spininin kəşfini qabaqlayaraq, özünün məşhur tənliyini çıxarmış Pol Adrien Moris Dirakın nəzəriyyəsi ilə belə bir şey baş verdi. Nəzəriyyəçi-fizik kimi öz fəaliyyətində Dirak *riyazi gözəllik prinsipini* rəhbər tuturdu. Dirak yazırdı: "Hər hansı tənliyin gözəlliyi onun eksperimentə uyğunluğundan daha vacibdir... Əgər hər hansı nəzəri tədqiqatın nəticələrinin təcrübə ilə tam uzlaşması yoxdursa, onda bu, nəzərə almağa nail ola bilmədiyimiz incə təfərrüatlarla şərtlənə bilər!" Başqa sözlə, əgər nəzəriyyə eksperimentə ziddirsə, onda ya nəzəriyyə kifayət qədər gözəl deyil, ya da eksperiment mükəmməl deyil.

Fizikanın daha bir intuitiv, qeyri-formal prinsipi *sadəlik prinsipidir*. Maks Plankın yazdığı kimi, "mən həmişə belə fikirdə olmuşam ki, təbiətin qanunu daha ümumi olduqca bir o qədər daha sadə ifadə olunur".

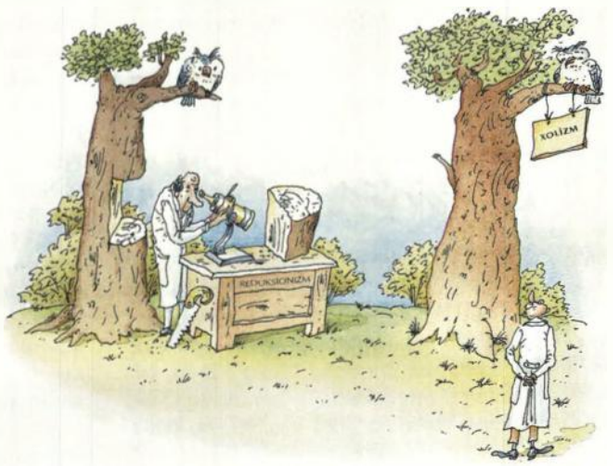
Gözəllik və sadəlik prinsipləri eksperimentin "müdaxiləsi" olmadan yeni nəzəriyyə qurarkən fiziklərin istifadə etdikləri yeganə prinsiplər deyil və həm də bütün prinsiplərdən ən etibarlısı deyil.

Nəzəri fizikanın tarixən ilk prinsipi – *riyazilik prinsipi* – Qalileo Qaliley tərəfindən formulə edilmişdir: "Təbiətin kitabı ağılın təbii dilində – riyazi dildə yazılmışdır". Bu kitabın yeni səhifəsini açaraq, fizik həmin səhifəyə uyğun riyazi dili axtarır. Əgər riyaziyyatın arsenalında (cəbbəxanasında) lazımi "silah" yoxdursa, fizik hər halda hesab edir ki, həmin silah yaradıla bilər. Məsələn, kvant mexanikası yaradılarkən məlum oldu ki, o dövrün riyaziyyatında olan vasitələr kifayət deyil. Fiziklərin "tələbatına" cavab olaraq sonsuz ölçülü Gilbert funksiyalar fəzasında operatorlar nəzəriyyəsi işlənib hazırlandı. Qrup nəzəriyyəsi – simmetriyanın riyazi aparatı – həmçinin kvant mexanikasının yaranmasından güclü təkan almışdır.

KOMPÜTERİN KÖMƏYİLƏ KƏŞF

Manxetten proyektinin (Amerika atom bombasının yaradılması) başa çatması ilə o dövrlər üçün böyük və sürətlə işləyən elektron hesablama maşını "işsiz" qaldı. Enriko Fermi, Stanislav Ulam və Ferminin əməkdaşı, fizik Con Pasta bundan istifadə etməyi qərara aldılar. Onlar yaylarla bölünmüş kürəciklər zəncirinin riyazi modelini fikirləşib tapdılar. Adi yaylardan fərqli olaraq, bu yaylar tarazlıq vəziyyətindən olan meylin birinci dərəcəsilə deyil, kvadratı ilə mütənasib olan qaytarıcı qüvvə yaradırdı. Fermi, Pasta və Ulam işsiz qalmış kompüterin köməyilə bu cür zəncirdə həyəcanlanmanın necə yayılacağını izləyəcəklərinə ümid edirdilər. Hesab edirdilər ki, kifayət qədər böyük sayda tsikllərdən sonra ilkin həyəcanlanma bütün zəncir boyu bərabər paylanacaqdır. Lakin kompüteri nə qədər "qovsalar da" enerjinin zəncir üzrə bərabər paylanmasına oxşar heç nə müşahidə olunmadı. Bu, izahedilməz idi!

Yalnız 12 ildən sonra Fermi–Pasta–Ulam paradoksu Norman Zabuskinin, Martin Kruskalın və Robert Miuranın işlərində öz həllini tapdı. Məlum oldu ki, zəncirdə xüsusi dalğalar – solitonlar yaranır və onlar enerjinin bütün zəncir boyu bərabər paylanmasına imkan vermir. Solitonlar XX əsrin axırında coşqun inkişaf etməyə başlamış qeyri-xətti fizikanın ilk obyektlərindən biridir.





Yucin Pol Viqner.

Vaxtilə riyaziyyatın kunst kamerasının eksponatları sayılan və XX əsrin əvvəlində riyaziyyatın əsaslarını müəyyənləşdirən zaman yaranmış bir çox obyektlər, indi qeyri-xətti dinamikanın inkişafı ilə əlaqədar məlum oldu ki, onlar real obyektlərin və proseslərin yaxşı modelləridir. Amerika fiziki Yucin Pol Viqnerin ifadəsinə görə, "Fizikada riyaziyyatın ağlasığmaz effektliyi" dünyanın sirlərindən biridir.

Uyğunluq prinsipi köhnə və yeni fiziki nəzəriyyələr arasındakı münasibəti təsvir edir. Bu nəzəriyyələr müxtəlif həcmli hadisələr yığınını əhatə edir. Hətta ən geniş nəzəriyyə də öz tətbiq sərhədlərinə malikdir – "hər şeyin nəzəriyyəsi" mövcud deyil. Bir qayda olaraq, köhnə nəzəriyyədə sıfıra və ya sonsuzluğa bərabər olan hər hansı bir parametr iştirak edir, yeni nəzəriyyədə isə o, sonlu qiymət alır. Məsələn, Nyuton mexanikasında enerji sonsuz bölünəndir, enerjinin ən kiçik porsiyası istənilən qədər kiçik ola bilər, halbuki kvant mexanikasında sonlu ən kiçik enerji porsiyası – kvant mövcuddur. Nyuton mexanikasında işıq sonsuz sürətlə yayılır, Eynşteynin xüsusi nisbilik nəzəriyyəsində isə informasiya sonlu sürətlə yayılır.

SİMMETRİYA PRİNSİPLƏRİ

Görkəmli riyaziyyatçı German Veylin sözlərinə görə, "simmetriya elə bir ideyadır ki, onun vasitəsilə insan əsrlər boyu nizamlılığı, gözəlliyi və mükəmməlliyi anlamağa çalışmışdır". Simmetriya intuitiv olaraq harmoniya kimi, tamla hissənin ortaq ölçülülüyü kimi qəbul edilir. Yunancadan tərcümədə "ortaqölçülü" mənasını verən "simmetriya" sözü də bu barədə danışır.

Daha dəqiq mənada, hər hansı obyektin (həndəsi fiqurun, molekulun, subatom zərrəciklərinin, tənliklərin, fizika qanunlarının və s.), simmetriyası – bu, obyekti dəyişməz və ya invariant saxlayan çevrilmələr küllisidir. Məsələn, kürə özünün istənilən diametri ətrafında istənilən bucaq qədər dönməyə nəzərən invariantdır: döndərilmiş kürə əvvəlki vəziyyətindəki kürədən fərqlənməzdir. Nuklonlar – neytron və proton – elektromaqnit sahəsi olmadıqda simmetrikdir (fərqlənməzdir). Maksvell tənlikləri Lorens çevrilmələrinə nəzərən invariantdır.

Simmetriya prinsipləri təbiətin yeni qanunlarının axtarışında bir alətdir. Məsələn, fəzada seçilmiş nöqtənin olmaması (fəzanın bircinsliyi) o deməkdir ki, təbiətin qanunları koordinat sisteminin köçürülməsinə nəzərən invariant olmalıdır. Fəzada seçilmiş istiqamətin olmaması (fəzanın izotopluğu) o deməkdir ki, təbiətin qanunları dönmələrə nəzərən invariant olmalıdır. Zamanın seçilmiş hesablama başlanğıcının olmaması (zamanın bircinsliyi) o deməkdir ki, təbiətin qanunları zamanın sürüşmələrinə nəzərən invariant olmalıdır, yəni zamana görə dəyişməlidir.

Qalileyin və Eynşteynin nisbilik prinsipləri də simmetriya prinsipləri sırasına aiddir; bu prinsiplər təsdiq edir ki, bir hesablama sistemindən digərinə keçid uyğun olaraq Qaliley və ya Lorens çevrilmələrinə görə baş verirsə, onda fiziki proseslərin təsviri invariantdır.

Fiziki hadisələrin zamanın sürüşmələrinə nəzərən invariantlığı enerjinin saxlanması qanununu, fəzada sürüşmələrə nəzərən invariantlığı impulsun saxlanması qanununu, koordinat sisteminin dönmələrinə nəzərən invariantlığı bucaq momentinin saxlanması qanununu doğurur.

Simmetriya çevrilməsinin heç də hər bir invariantı zamana görə saxlanmır. İnvariantın saxlanma qanunu olmasını müəyyən edən dəqiq şərtləri Emmi Nöterin (1882-1935) 1918-ci ildə isbat etdiyi teorem verir.

Fundamental qarşılıqlı təsirlərin simmetriyası, fəza və zamanın simmetriyasından fərqli olaraq diskretdir: təbiətin qanunları *P* fəza inversiyasına (bütün fəza koordinatlarının işarəsinin əksinə dəyişdirilməsinə), *T* zamanın dönməsinə və *C* yük qoşmasına (zərrəciyin antizərrəciyə dəyişdirilməsinə) nəzərən invariantdır. Güclü və elektromaqnit qarşılıqlı təsirlər ayrılıqda *C*, *P* və *T* çevrilmələrindən hər birinə nəzərən invariantdır. Zəif qarşılıqlı təsir ayrılıqda *C* və *P* çevrilmələrinə nəzərən invariant deyil, ancaq onların *CP* kombinasiyasına nəzərən invariantdır. Bütün qarşılıqlı təsirlər eyni zamanda bütün çevrilmələrin yerinə yetirilməsinə (*CPT*) nəzərən invariant olduğuna görə, zəif qarşılıqlı təsir *T* zamanın dönməsinə nəzərən də invariantdır.

Fiziki sistem yalnız fəza və zamanın çevrilmələrinə nəzərən yox, həm də digər parametrlərin – sistemin əlavə (fəza-zaman xarakteristikalarına nəzərən) xarakteristikalarının çevrilmələrinə nəzərən də simmetriyaya malikdir. Nüvə qüvvələrinin yük invariantlığı (izotopik invariantlıq) nəzəriyyəsi, kvarkların "rəng" simmetriyası, elektrozəif qarşılıqlı təsirin simmetriyası, elektromaqnit, zəif və güclü qarşılıqlı təsirləri vahid mövqedən təsvir etməyə çalışan Böyük birləşmə nəzəriyyəsi mövcuddur.

Uyğunluq prinsipi 1923-cü ildə Nils Bor tərəfindən, onun 1913-cü ildə irəli sürdüyü atomun quruluşu, şüalanma və udulma spektrləri nəzəriyyəsinin dolayı təsdiqi kimi formulə edilmişdi. Bor müəyyən etdi ki, onun təklif etdiyi qeyri-klassik şüalanma nəzəriyyəsi ilə ənənəvi (klassik) nəzəriyyə arasında dəqiq bir uyğunluq mövcuddur.

Elmi nəzəriyyənin inkişafını mişarlanmış en kəsiyində illik halqaların aydın göründüyü ağacla müqayisə etmək olar. Yeni illik halqa əvvəlkiləri özünə daxil etdiyi kimi, yeni nəzəriyyə də köhnəni daxilinə alır: yeni



Simmetriya prinsiplərindən çıxış edərək, Evqraf Stepanoviç Fyodorov isbat etdi ki, yalnız sonlu sayda kristal növləri mövcuddur, Mürrey Gell-Mann yeni elementar zərrəciyin mövcudluğunu qabaqcadan xəbər verdi.

Yucin Pol Viqner "atom nüvəsi və elementar zərrəciklər nəzəriyyəsində xüsusən fundamental simmetriya prinsiplərinin kəşfi və tətbiqlərinin köməyilə" qazandığı nailiyyətlərinə görə 1963-cü ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görüldü. Təmiz və tətbiqi fizika üzrə beynəlxalq ittifaqı Viqner medalı təsis etmişdir; tədqiqatçılar simmetriya prinsiplərinin inkişafına və müvəffəqiyyətli tətbiqinə görə onunla təltif olunurlar.

VARİASİYA PRİNSİPLƏRİ

Qotfrid Vilhelm Leybnis təbiətin bütün fəaliyyətinin optimallığına inanırdı və deyirdi ki, bizim "dünya – dünyalardan ən yaxşısıdır". Fiziklərin, riyaziyyatçı və mexaniklərin tədqiqatları göstərdi ki, təbiətdə real baş verən proseslər, doğrudan da, müxtəlif ekstremal xassələrə malikdir. Ona görə də *variasiya prinsipləri* adlanan prinsiplər – müxtəlif kəmiyyətlərin ekstremal (maksimal və ya minimal) qiymətlərinə uyğun olan prosesləri tapmağa imkan verən ümumi diferensial və inteqral münasibətlər təklif olundu.

Variasiya prinsipləri, məsələn, birbaşa Nyuton qanunlarından istifadə etmək mümkün olmadığı hallarda: cismə tətbiq olunmuş bütün qüvvələr haqqında məlumatlar olmadıqda və ya yalnız ümumi məhdudiyyətlər və rabitələr göstərilmiş olduqda, ya da cisim dinamikasının qüvvə xarakteristikası yox, yalnız enerji xarakteristikaları məlum olduqda hərəkət tənliklərini çıxarmaq qaydalarını verir.

1740-cı ildə fransız riyaziyyatçısı Pyer Lui Moro de Mopertyui (1698-1759) mexaniki sistemin real hərəkətini bütün qalan mümkün hərəkətlərdən fərqləndirməyə imkan verən ekstremal prinsip təklif etmişdi. Mopertyui prinsipinə görə real hərəkət bütün mümkün hərəkətlərdən onunla fərqlənir ki, real hərəkət üçün təsir adlanan, enerji və zaman hasilinin ölçüsünə malik olan kəmiyyət minimaldır (ona görə Mopertyui prinsipinə çox vaxt ən *kiçik təsir prinsipi* deyilir).

Bu prinsip hərəkət tənliyini asanlıqla çıxarmağa imkan verirdi, lakin həmin prinsipi çıxararkən Mopertyuinin əsaslandığı mülahizələr riyaziyyatçının öz müasirlərində və sonrakı nəsil alimlərində ciddi etirazlar doğurmuşdur.

Hərəkət edən cisim, trayektoriyanın başlanğıc hissəsində yerləşərək, daha sonra o necə hərəkət edəcəyini nə cür "bilir" ki, bütün trayektoriya boyunca təsir minimal olsun? İsaak Nyuton fərz edirdi ki, hərəkət edən cisim öz trayektoriyasını nöqtəbənöqtə "qurur".

Həmin suala Mopertyui, hələ gələcək nəsilləri demirik, hətta müasirlərinin də qəbuledilməz saydıqları cavabı vermişdi: cismin hərəkətini Ali Varlıq idarə edir; bu varlıq cismin son məqsədini – bütövlükdə trayektoriya üzrə təsiri minimallaşdırmaq məqsədini müəyyən edir.

Ən kiçik təsir prinsipinin müasir ifadəsini XVIII əsrdə Leonard Eyler təklif etmişdir. O, təsiri hərəkət miqdarının yola hasili kimi yazmaqla, ən kiçik təsir prinsipini trayektoriyaların riyazi xassələrindən çıxarmışdı. Mopertyui prinsipi fizikanın müxtəlif oblastlarında geniş tətbiq tapmış ilk variasiya prinsiplərindən biridir.

nəzəriyyə köhnə nəzəriyyə ilə təsvir olunan oblastda həminki nəticələri verir (əks halda yeni nəzəriyyə doğru deyil). Eyni zamanda yeni nəzəriyyə köhnə nəzəriyyənin izah və ya təsvir edə bilmədiyi hadisələri izah (və ya heç olmazsa, təsvir) edir (əks halda yeni nəzəriyyə nəyə lazım idi?).

Köhnə nəzəriyyəyə nisbətən yeni nəzəriyyəyə tabe olan anlayışların sayının artması heç də həmişə rəvan baş vermir və çox vaxt təzə, qeyri-adi ideyalar tələb edir. Nils Bor yeni nəzəriyyə fəxri adı üçün növbəti "namizədi" rədd edərkən, əbəs yerə qeyd etməmişdi ki, "bu ideya kifayət qədər ağılsız deyil ki, doğru olsun". Yeni nəzəriyyə riyazi olaraq müəyyən oblastda köhnəyə keçə bilər, ancaq köhnə təsəvvürlər baxımından o, ideoloji olaraq prinsipial başadüşülməzdir. Elm tarixçisi Tomas Kun bunu *paradiqmaların ölçüsüzlük* (müqayisəedilməzlik) *prinsipi* adlandırmışdır.

Fiziklər öz tədqiqatlarında iki cür hərəkət edə bilərlər: birincisi, hadisəni ayrıca öyrənmək üçün onu ətraf aləmdən ayırırlar; ikincisi, hadisəni, onun təbiətlə olan əlaqəsi baxımından öyrənməyə cəhd edirlər. Birinci nöqteyi-nəzəri bölüşənlərin başı üzərində, tədqiq etdikləri hadisənin ətraf aləmdən əlaqələrini qırdıqlarına görə, onu "ölgünləşdirmək" təhlükəsi vardır. Onlar sistemin izolə edilmiş hissəsini öyrənməklə, sistemin özünün necə işlədiyini dərk etməyə çalışırlar. Bu istiqamətin nümayəndələrini reduksionistlər (*lat.* reducere – "mürəkkəb olanı daha sadə olana gətirmək") adlandırırlar. Digər yanaşma – sistemli yanaşma – hadisənin və ya fiziki obyektin bütövlükdə öyrənilməsinə əsaslanır. Bu metodun ardıcıllarını *holistlər* (*yun.* "holos" – "bütöv", "tam") adlandırmaq qəbul olunmuşdur.

Reduksionizm XX yüzillikdə fizikanın inkişafının ana xətti olmuşdur. Alimlər fizikanın ölçülərini nəzərdən atmaq mümkün olan "maddi nöqtəsini", onun ilkin obyektini (atomlar, nüvələr, elementar zərrəciklər, kvarklar və leptonlar, simlər...) axtarıb tapmağa çalışmışlar. Alimlər ümid edirdilər ki, bu cür fundamental obyekti xətti fizikanın sadə və əlverişli aparatı ilə təsvir etmək mümkün olacaqdır. Lakin Plank miqyaslarına (10^{-33} sm) çataraq, fiziklər aşkar etdilər ki, bu günün ən fundamental obyektlərinin – simlərin – ölçüsü olmalıdır. Bununla dərinə hərəkət, yəqin, başa çatır ki, bu da fizikada növbəti böhrandan xəbər verir. Amma əsrlərin, xüsusən də minilliklərin sərhədi böhran üçün yaxşı vaxtdır. Lakin əvvəllər olduğu kimi, böhranqabağı fizikada onu çıxılmaz vəziyyətdən qurtarmaq üçün yeni istiqamətlərin cücərtiləri tapıldı. Mümkün cücərtilərdən biri qeyri-xətti metodlardır. Holistik yanaşmaya labüd məxsus olan qeyri-xəttilik – fizikanın inkişafının həqiqətən hüdudsuz perspektivləri olan yeni istiqamətidir. Ola bilsin ki, XXI yüzilliyin fizikası bütünlüklə əvvəlki fizikaya tamamilə bənzəməyəcəkdir.

4

DÜNYANIN MEXANİKİ MƏNZƏRƏSİ

Fəza, zaman, hərəkət.
Dinamika. Maye və qazların mexanikası



MEXANİKA VƏ KAİNAT



Zenon. Qravüra. XVIII əsr.

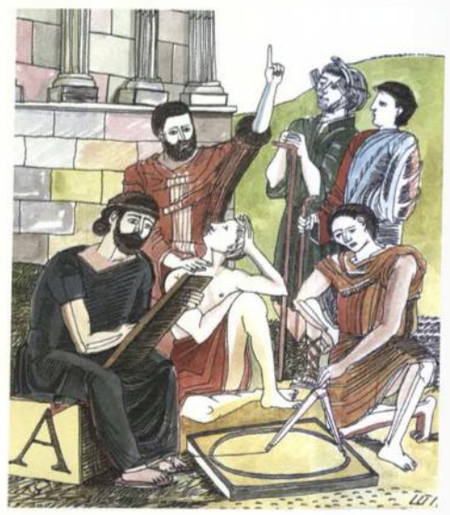
Hərəkət, fəza və zaman haqqında antik təsəvvürlərin Eleyli Zenonun aporiləri ilə aşkara çıxarılan ziddiyyətliliyi təbiətşünaslığı dərin və uzun sürən böhrana sürüklədi. Əslində yarandığı mərhələdə fizika özünün əbədi problemlərindən biri ilə – sonsuzluqlarla rastlaşdı. Onlar müxtəlif adlar altında ("ultrabənövşəyi fəlakət", "infraqırmızı dağılma", "sıfır-yük", "yenidən normallaşa bilməzlik" və s.) indiyədək özünü göstərən "sualtı qayalardır" və eyni zamanda fizikada tərəqqinin hərəkətvericisidir. Mexanika və riyaziyyat yüz illərlə çıxılmaz vəziyyətdə qalmışdır.

Knidli Evdoksun və Arximedin ideyaları şəklində mövcud olmuş "çarədən" yalnız XVII əsrin sonunda faydalanmaq mümkün oldu. Bu mütəfəkkirlər görmüşlər ki, təbiət proseslərinə kiçik hissələrdə və ya qısa zaman intervallarında baxdıqda onlar getdikcə daha müntəzəm xarakter qazanır. Biz mürəkkəb fiquru kiçicik xanalara bölən zaman, bu şərtlə ki, onların hər birində naxışın xətləri düzxəttə yaxın olsun – onların bu cür şəklini çəkmək daha asandır – onda biz bu ideyanı asanlıqla qavrayırıq. Riyazi dildə desək, biz naxışı *diferensiallayırıq* (*lat.* differentia – "fərq"), yəni sadə elementlərinə bölürük. İndi bütöv naxışı almaq üçün alınmış elementləri xana xananın ardınca dəqiq, onların qarşılıqlı vəziyyətini gözləməklə başqa bir vərəqə köçürmək lazımdır. Bu zaman biz şəklin hissələrini *inteqrallayırıq* (*lat.* integer – "bütöv"), yəni vahid bir tamda birləşdiririk. Mürəkkəb fiqurun sahəsini hesablamaq üçün, onu "millimetrli" kağızda çəkmək və sonra diqqətlə tam və yarımçıq xanaların sayını hesablamaq olar – nəticə xeyli dəqiq olacaqdır. Artıq Arximed bu üsuldan bacarıqla istifadə etmişdi.

Əslində hərəkət və mexanika haqqındakı elmin riyazi aparatının əsasları – *diferensial* və *integral hesabı* və ya *riyazi analiz* həmin sxem üzrə də qurulmuşdur. Sadə ideyadan, bu ideyanın İsaak Nyuton və Qotfrid Vilhelm Leybnis tərəfindən riyazi reallaşdırılmasına qədər yolu keçmək üçün əsrlər və bütöv bir kəşflər sırası lazım gəldi.

Yunanlardan və ərəblərdən irsən alınmış riyaziyyat mexanikanın yalnız statistik məsələlərinin həllini, yəni qüvvələrin tarazlıq haqqındakı təlimini həll etmək üçün yararlı idi. Hərəkət haqqındakı məsələlər, Zenonun dövründəki kimi, yenə əlçatmaz olaraq qalırdı.

1591-ci ildə fransız riyaziyyatçısı Fransua Viyet (1540–1603) elmə hərfi işarələr daxil etdi. Rəqəmli işarələrin hərfi işarələrlə əvəz edilməsi riyazi mühakimələrə qeyri-adi sərbəstlik və



yüngüllük verdi. Hərflər əvvəllər rəqəmlərdə və uzun-uzadı hesabı çıxarışlarda itən şeyləri görməyə imkan verdi.

Bu pillələrsiz Rene Dekart, çətin ki, 1637-ci ildə riyaziyyata koordinatlar metodunu, dəyişən kəmiyyət anlayışını və əyrinin tənliyini daxil edə bilərdi. Sonsuz kiçik kəmiyyətlər analizinin riyaziyyatın aparatı kimi meydana çıxması üçün onun (riyaziyyatın) bütün nailiyyətlərinin sintezi tələb olunurdu. İlk dəfə onu 23 yaşlı İsaak Nyuton Vulstorpda "vəba dustaqlığı" dövründə (1665-1667-ci illər) yerinə yetirdi.

Nyutonun əlində təbiətin qanunlarını dərk etməyin açarı oldu və o, yeganə adam idi ki, bu açardan istifadə etməyi bacarırdı. Kəsilməz kəmiyyət anlayışı – bu, kəsilməz mexaniki hərəkətin, törəmə (flyuksiya) isə hərəkət sürətinin ideal obrazı idi və s. Nyuton qarşıya iki məsələ qoydu – məlum yola görə verilmiş zaman anında hərəkət sürətinin təyini (birbaşa flyuksiyalar metodu ilə həll olunan diferensiallama məsələsi); məlum hərəkət sürətinə görə verilmiş zaman müddətində yolun təyini (tərs flyuksiyalar metodu ilə həll olunan inteqrallama məsələsi).

DÜNYANIN DƏRK EDİLMƏSİ

Riyaziyyatdakı görkəmli nailiyyətlərinə baxmayaraq, Nyuton özünü həmişə fizik hesab etmişdir. Riyaziyyat onun üçün fizika məsələlərini həll etmək aləti, astronomiya isə, onun fiziki ideyalarını yoxladığı nəhəng bir kosmik laboratoriya idi. Təbiətşünaslıqda həmin dövrə qədər mühüm hadisələr baş vermişdi. XVII əsrin əvvəllərində Qalileo Qaliley "yer üzünün" hərəkətlərində "nizam yaratmışdı", İohann Kepler isə göy cisimlərinin hərəkət qanunlarını müəyyən etmişdi. Lakin Qalileyin inersiya qanunu Keplerin aldığı nəticələrə zidd idi. Dekartın burulğanlar hipotezi əsasında İtaliyanın nəhəng fizikinin və Almaniyanın birinci astronomunun ideyalarını "barışdırmaq" cəhdi yalnız çoxlu sayda ixtiyari hipotezlərin irəli sürülməsinə gətirib çıxardı.



İ.Nyuton

Nyutonun öz məşhur "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" əsərində (1687-ci il) verdiyi "Fizikada nəticə çıxarmağın qaydalarından" birincisini kəsici tiyə hesab etmək olar. Onun köməyilə fantaziya və əsassız ehtimalları aradan qaldırmaqla (kəsib atmaqla) dünyanın ilk fiziki mənzərəsini yaratmaq mümkün oldu: "Təbiətdə həqiqi olan və hadisələri izah etmək üçün kifayət edən səbəblərdən əlavə digər səbəblər qəbul edilməməlidir... Təbiət sadədir və lüzumsuz səbəblərlə israfçılıq etmir".

Nyuton qanunlarının mərkəzi ideyası dahiyanə sadədir: cismin hərəkət halını (yəni sürətin qiymətini və ya istiqamətini) yalnız ona başqa cisimlə təsir etməklə dəyişmək olar. Cisimlərin qarşılıqlı təsirini xarakterizə etmək üçün alim qüvvə anlayışı daxil etdi və bu anlayışı canlı materiyanın müxtəlif növ "cəhdlərindən", "istəklərindən" və digər atributlarından təmizlədi. Cisimlərin xarakteristikası kimi Nyuton yalnız onların kütləsini (materiya miqdarı) götürdü və hesab etdi ki, onu maraqlandıran məsələlərdə cisimlərin ölçülərini və quruluşunu nəzərdən atmaq olar. Nəticədə o, dinamikanın bütün prinsiplərini kütlə, təcil və qüvvə terminlərində ifadə etmiş oldu.

Bundan sonra fiziklər hərəkət edən cisimlərin davranışını nəinki sadəcə qabaqcadan xəbər verə, həm də müfəssəl hesablaya bilərdi. Nəticədə mexanika təbiətşünaslığın təməlinə, astronomiya isə mexanikanın tətbiqi

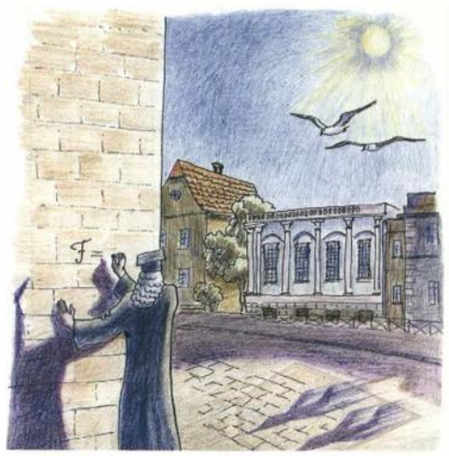
"Analitik şərh olunmuş mexanika və ya hərəkət haqqında Elm" traktatına yazdığı "Ön söz"də (1736-cı il) Leonard Eylerin təklifilə qüvvələrin tarazlığı haqqındakı təlimi statika (*yun.* "statos" – "duran") adlandırdılar.

bölməsinə çevrildi. Nyuton dünyanı mütləq boş sonsuz fəzada yerləşən və mərkəzi qüvvələr vasitəsilə qarşılıqlı təsirdə olan zərrəciklər sistemi kimi qurdu. Yarım əsr sonra Leonard Eyler mexanikanın əsas anlayışlarını maddi nöqtələrin "sərt" sistemi – mütləq bərk cisim və ideal maye anlayışları ilə tamamladı.

Nyutonun ilk fiziki nəzəriyyəni – *klassik mexanikanı* qurarkən əsaslandığı bütün anlayışlar ideallaşdırılmış anlayışlardır. Onlar yalnız müəyyən problemlər dairəsi üçün "işləyir" və real cavablar almağa imkan verir. Hərəkətlərə yalnız inersial hesablama sistemlərində baxıldıqda Nyuton qanunları doğrudur; bu sistemlərdə cismin sükunət halı və düzxətli bərabərsürətli hərəkəti fiziki olaraq bir-birindən seçilməzdir. Lakin Yerin, Günəşin və ulduzların mütəhərrikliyini nəzərə alsaq, görərik ki, bu anlayışların özlərinin mənası yoxdur. Yenə məntiqi paradoks yaranır. Fizika çərçivəsində bu problemin həlli yoxdur. Nyuton intuitiv olaraq, məntiqi baxımdan qüsursuz olmasa da, sadə çıxış yolu tapdı: o, hər yerdə bircins və tərpənməz mütləq fəzanın və mütləq zamanın mövcud olduğunu postulat kimi irəli sürdü. Onların köməyi sayəsində Nyuton qanunları qlobal, kosmik xarakter qazandı.

"Nyuton adamlardan ən xoşbəxti idi, çünki yalnız bir Kainat mövcuddur və Nyuton da onun qanunlarını kəşf etmişdir".

J.L.Laqranj.



Mütləq zaman və mütləq fəza konsepsiyaları Nyuton-Leybnisin həm müasirləri tərəfindən, həm ingilis filosofu Corc Berkli (1685-1753) tərəfindən, həm də sonralar Avstriya filosofu və fiziki Ernst Maxın (1838-1916) əsərlərində ciddi tənqidlərə məruz qaldı. Bu tənqidə Eynşteyn yekun vurdu: "Məni bağışla, Nyuton. Sən, sənin dövründə mümkün olan çox böyük elmi yaradıcılıq qabiliyyətinə və təfəkkür gücünə malik insan üçün yeganə yolu tapdın. Sənin yaratdığın anlayışlar bu gün də bizim fiziki mühakiməmizdə aparıcı olaraq qalır, baxmayaraq ki, biz indi həm də bilirik ki, əgər biz qarşılıqlı əlaqələrin daha dərindən başa düşülməsinə çalışsaq, onda bu anlayışları bilavasitə təcrübə sferasından uzaq dayanan digər anlayışlarla əvəz etməliyik".

HƏR ŞEYMİ MEXANİKAYA GƏTİRİLİR?

Nyuton mexanikasının nailiyyətləri sayəsində bütün təbiət hadisələrinin gec-tez sırf mexaniki izahlar alacağı təbii görünürdü. Nəticədə dünyanın fiziki mənzərəsini birinci hərtərəfli qavramaq üçün yaranan anlayış – *mexanika* adlandırıldı. Aydın şəkildə onun əsas qaydalarını fransız fiziki, riyaziyyatçısı və astronomu Pyer Simon Laplas (1749-1827) ifadə etmişdi:

– bütün cisimlərin hərəkəti Nyuton dinamikası qanunlarına tabedir;

– makro və mikroobyektlər arasında prinsipial fərqlər yoxdur;

– təbiətdə təmiz mexanikaya gətirilməyən elə bir keyfiyyət dəyişmələri və prosesləri mövcud deyil;

– bütün səbəb və nəticəvi rabitələr birqiymətli və determinasiya olmaqla əlaqəlidir.

Belə çıxırdı ki, təbiətin bütün müxtəlifliyini, bütün hadisələr aləmini sırf mexaniki hərəkətlərə gətirmək mümkün olacaqdır. Bunu real nailiyyətlər təsdiq edirdi: fransız fiziki və mühəndisi Şarl Oqyusten Kulon (1736-1806) ümumdünya cazibə qanununa analoji olaraq, nöqtəvi elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsir qanununu daxil etdi. Fransız fiziki və riyaziyyatçı Andre Mari Amper (1775-1836) elektrik cərəyanlarının qarşılıqlı təsir qanunlarını kəşf etdi; ingilis Uilyam Tomson (1824-1907; 1892-ci ildən lord Kelvin) və alman Rudolf Yulius Emanuel Klauzius (1822-1888) istiliyin mexaniki nəzəriyyəsini qurdular. Fransız fiziki Oqyusten Jan Frenel (1788-1827) işığın dalğa nəzəriyyəsini elastiki mühit (efir) mexanikası kimi ifadə etdi.

Lakin yaradıcıların ümidləri əksinə, dəqiqliklə özünü doğrultdu: aşkar oldu ki, mexanikada məlum olan bütün qüvvələr (cazibədən başqa) və molekullararası qüvvələr elektromaqnit təbiətinə malikdir, işıq isə elektromaqnit dalğaların xüsusi halıdır. Kainatın mexaniki əsaslarını elektromaqnit və ya ümumi halda, sahə əsasları əvəz etdi. *Dünyanın sahə mənzərəsi* yaranmağa başladı.

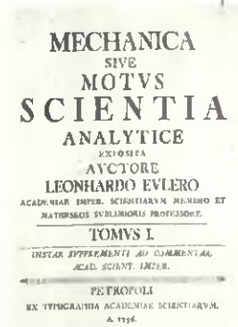
Həmin dövrə qədər mexanikanın özü mühüm dəyişikliklərə məruz qalmışdı. Məsələlər çətinləşdikcə aydınlaşırdı ki, hərəkətləri təsvir etmək üçün Dekart koordinatları heç də həmişə əlverişli olmur. Məlum oldu ki, əyri trayektoriyalar və səthlər boyunca hərəkətlər üçün əyrixətli koordinatlar adlanan sferik, silindrik və s. koordinatlar daha yaxşı uyğunlaşır. Bu, diferensial həndəsənin inkişafına təkan verdi (diferensial həndəsə sonralar ümumi nisbilik nəzəriyyəsində işə yaradı) və eyni zamanda fransız riyaziyyatçısı və mexaniki Jozef Lui Laqranj (1736-1813) tərəfindən analitik mexanikanın qurulmasına səbəb oldu.

Məlum oldu ki, cisimlərin qarşılıqlı təsirinin ölçüsü kimi qüvvə anlayışı yalnız mexanikada yararlıdır, çünki bu qüvvələrin təbiətinə dair suallar burada rol oynamır. Enerji anlayışı daha universaldır. Onun ardınca fizikaya Laqranj, Hanilton, Helmholts funksiyaları tipli deskriptiv (*ing.* descriptive – "təsviri") funksiyalar da nüfuz etdi. Bu funksiyalar həmişə aydın fiziki mənaya malik olmur.

Fransız alimi Pyer Lui Moro de Mopertyuinin (1698-1759) və Leonard Eylerin ideyalarını inkişaf etdirərək, Laqranj yalnız mexanika məsələlərinin, termodinamika və sahə nəzəriyyəsi məsələlərinin də həlli üçün vahid analitik aparat qurmağa nail oldu.

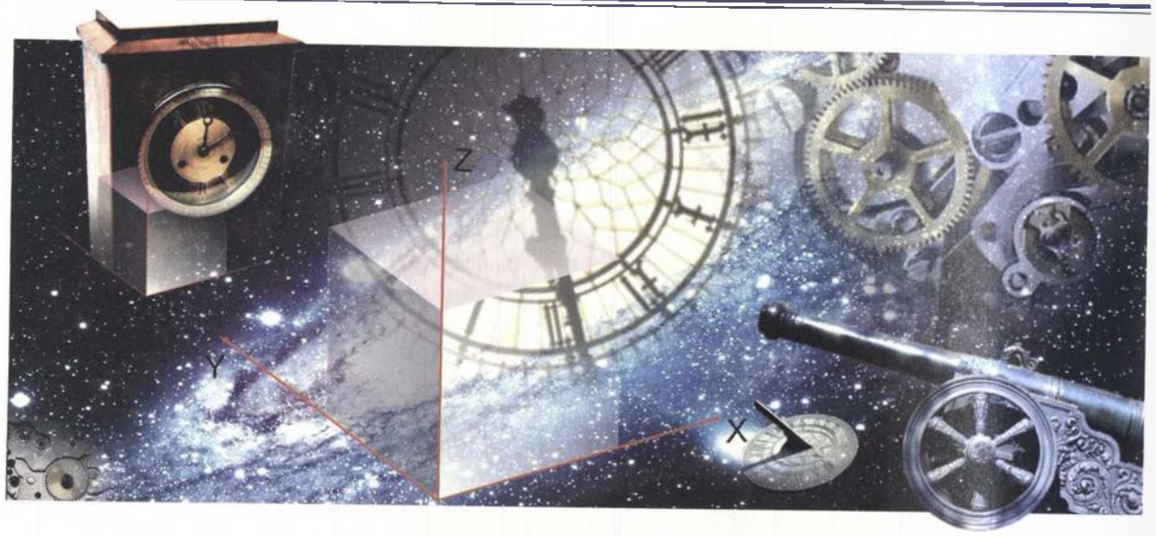
Mexanika yeni inkişaf səviyyəsinə çıxdı. Ətraf aləmin bütün proseslərinin mexaniki hadisələrə gətirilməsi əvəzinə o, müxtəliftəbiətli prosesləri öyrənməyin universal vasitələrinin "təchizatçısına" çevrildi. Məlum oldu ki, rəqsləri və dalğaların yayılmasını öyrənmək üçün mexanikanın işləyib hazırladığı metodlar nəinki yalnız fizikada, həm də iqtisadiyyat, sosiologiya, ekologiya kimi fizikadan uzaq bilik sahələrində də cürbəcür proseslərə baxarkən olduqca səmərəlidir. Qeyrixətti yanaşmanın əsasları məhz mexanikada qoyulmuşdur.

XX əsrdə fizika öz qapılarını qeyrixətti hadisələrə geniş açdı. Şübhə yoxdur ki, bu yolda bizim biliklərimiz gec-tez dünyanın hər hansı yeni bir mənzərəsinə gətirəcəkdir. Bu mənzərənin necə adlanacağını fikirləşməyə dəyməz, lakin onun bəzi detallarını indi də qabaqcadan xəbər vermək olar: dünyanın mexaniki mənzərəsinin yaradıcıları tərəfindən çəkilmiş bütün doğru "yaxma və konturlar" həmişəlik naməlumun dərk olunmasında idrak prosesinin etibarlı oriyentirləri olaraq qalacaqdır.


MECHANICA
SIVE
MOTVS
SCIENTIA
ANALYTICE
EXPOSITA
AVCTORE
LEONHARDO EVLERO
ACADEMIAE IMPER. SCIENTIARVM. BEROLINI ET
MATHESEOS SVBLIMIORIS PROFESSORE.
TOMVS I.
PETROPOLI
EX TYPOGRAPHIA ACADEMIAE SCIENTIARVM.

L.Eyler. "Mexanika". Titul vərəqi.

Nikolay İvanoviç Lobaçevskinin (1792-1856), Bernhard Rimanın (1826-1866) və Albert Eynşteynin işlərindən yüz il sonra məlum oldu ki, bizim dünya Evklid həndəsəsilə yalnız lokal təsvir olunur. Nyuton faktiki olaraq fərz etdi ki, dünya Evklid həndəsəsinə qlobal tabedir və bu, onu maraqlandıran məsələlər çərçivəsində kifayət qədər dəqiqliklə ödənir.



FƏZA, ZAMAN, HƏRƏKƏT

FƏZA, ZAMAN, HƏRƏKƏT HAQQINDAKI TƏSƏVVÜRLƏRİN İNKİŞAFI

Fəza və zaman – insan fəaliyyətinin, bizim dünyaya istənilən cür baxışımızın ayrılmaz tərkib hissələridir. Bəlkə də, məhz buna görədir ki, insan fəza və zamanı xeyli gec, cəmisi bir neçə min il əvvəl dərk etmişdir. Yeri və Göyü qarşı-qarşıya qoymaqla, dünyanın cəhətlərini fərqləndirməklə, insanlar fəzanın ilk sxemini yaratmışlar; dünyanın yaradılması haqqındakı miflərin meydana çıxması zamanın kəşfindən xəbər verirdi. Fəza və zaman dünyanın nizamlılığının və taleyə sitayiş etməyin başlanğıcını qoymuşdu. Qədim sivilizasiyalar inkişaf etdikcə onların əzəməti artmış, onlar bütün quruluşu və həyatın ritmini müəyyən etmişdir. Yalnız Qədim Yunanıstanda elmi metodun meydana çıxması ilə fəza və zamanın sitayişdən anlayışa çevrilməsi prosesi başlandı. Burada, Elladada təbiət haqqında və fəza və zamanın xassələri haqqında, materiyanın quruluşu və hərəkətin mahiyyəti haqqında ilk elmi baxışlar yarandı.

Aşağıdakı fikri Elladanın yeddi mütəfəkkiri arasında birinci sayılan Miletli Falesə (e.ə. təxminən 625-547) aid edirlər:

Hər şeydən böyük fəzadır,
çünki o hər şeyi özündə yerləşdirir.
Hər şeydən sürətli – fikirdir,
çünki o dayanmadan qaçır.
Hər şeydən güclü – zərurətdir,
çünki o, hər şeyə qalib gəlir.
Hər şeydən müdrik – zamandır,
çünki o, hər şeyi aşkar edir.

Bu şeirdə insan ağlının hissi qavrayışların hüdudlarından kənara çıxışlarından biri əks olunmuşdur. Heç də

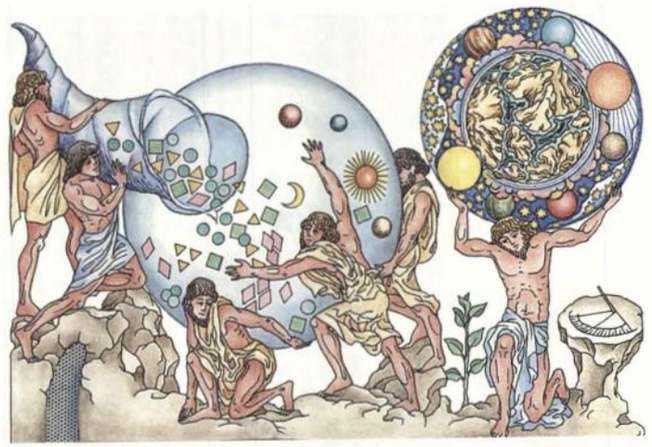
hər şeyi hiss üzvlərinin köməyilə dərk etmək olmur. Elə şeylər var ki, onlar ancaq mücərrəd təfəkkür və təhlil sayəsində əldə olunur. Fəza və zaman ilk fiziki kateqoriyalar, ilk abstraksiyalardır ki, onların köməyilə ətraf aləmin quruluşu haqqında mühakimələr aparmaq mümkün olmuşdur.

Elladada fəza və zamanın mahiyyətinin dərk edilməsində bu günə qədər öz aktuallığını saxlamış iki əsas konsepsiya yaranmışdır. Onlardan biri *substansional* (*lat.* substantia – "mahiyyət") konsepsiya adlanan konsepsiyadır ki, bu da öz başlanğıcını pifaqorçulardan (Pifaqor, Tarentli Arxit və b.), eleatlardan (Kolofonlu Ksenofan, Parmenid, Zenon) və ilk atomistlərdən (Levkipp və Demokrit) götürür. Bu konsepsiya fəza-zamana müstəqil fiziki kateqoriya kimi – fon təşkil edən nə isə bir reallıq kimi, bütün varlığın məskəni, ya mütləq boş, ya hissolunmaz substansiya (efir) ilə dolmuş məskəni kimi baxır.

Relyasion (*lat.* relatio – "münasibət") konsepsiya adlanan digər konsepsiya Aristotelin əsərlərində irəli sürülmüşdür. Bu konsepsiya fəza-zamanın müstəqil mahiyyətini inkar edir və ona maddi obyektlər arasındakı münasibətlərin yalnız xüsusi bir növü kimi baxır.

ƏDƏD VƏ DÜNYA

Fəza və zamanın mahiyyətinə və xassələrinə dair ilk mühakimələrə, Cənubi İtaliyada yerləşən Samos adasından olan məşhur filosof və riyaziyyatçı Pifaqor (e.ə. təxminən 540-500) tərəfindən əsası qoyulmuş pifaqorçular fəlsəfə məktəbinin nümayəndələrinin əsərlərində rast gəlirik. Pifaqorçuların təliminə görə şeylərə və hadisələrə nəzərən ədədlər ilkindir. Pifaqorçu

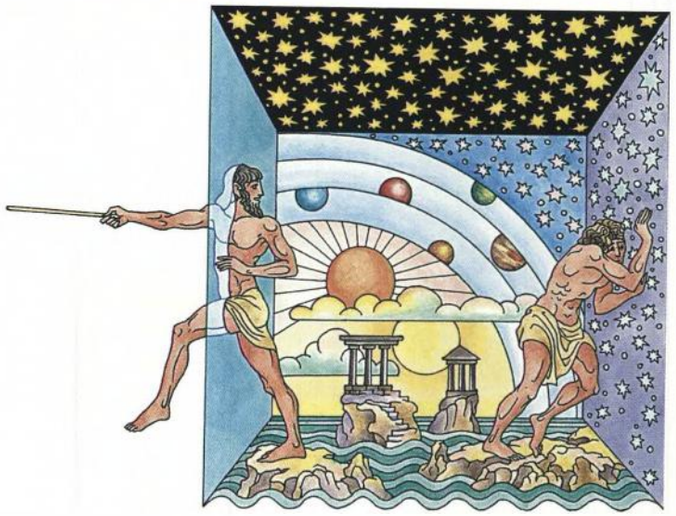


QƏDİMLİLƏRİN FƏZASI (QƏDİM İNSANLARIN FƏZASI)

İnsanın qədimdən fəza oriyentiri Günəş olmuşdur. Şimal yarımkürəsində onun hərəkəti soldan, üfüqün şərq tərəfindən başlayır. Sonra Günəş yuxarı qalxır, cənub nöqtəsi üzərində ən böyük yüksəkliyə çatır və sağa, qərbə tərəf üzüaşağı enir. İnsanlar bütün üfüq fəzasını iki yarım hissəyə bölmüşlər: cənub və ya gündüz yarımfəzası – canlılara məxsus, şimal yarımfəzası isə ölülərin məskəni idi. Artıq daş dövrünün məzarlarında cənuba istiqamətlənmənin əlamətləri görünür. Dəfn zamanı bədənin belə vəziyyəti yəqin ki, öldükdən sonra ruhların, gecədən sonra Günəşin doğması kimi, yenidən dirilməsinə inamla bağlı olmuşdur. Şimal, soyuqluq, gecə təbii olaraq ölülər aləminə aid edilirdi. Hesab olunurdu ki, orada ilahiləşmiş əcdadlarımız yaşayırlar, ölənlərin ruhları ora gedir.

Şimal küləyinin yunan allahı Borey əvvəlcə axirət dünyasının Allahı olmuşdu. Həm Sibirdə, həm də Mesopotamiyada Qütb ulduzunu eyni dərəcə də ölülər aləmilə əlaqələndirirdilər, Qədim Misirdə isə e.ə. III minillikdə Böyük Ayı bürcünün yeddi ulduzunu yeraltı aləmin hökmdarı hesab edirdilər. Mərkəzi Amerikada yaşayan mayya xalqı həm şimalı, həm də Kiçik Ayı bürcünü "Şam-aan" – "arxada itən" adlandırırdı. Əcdadların ruhlarının dolaşdığı oblastı bu qorxunc, sirli ərazi ilə əlaqələndirirdilər, ölənlərin ruhları orada yox olur və dirilmək üçün oradan çıxır. Maraqlıdır ki, mayya xalqı cənubu "ma-xo" adlandırırdılar ki, bunun da mənası "böyük giriş", "ruhların qayıtdığı məskən" deməkdir. Qütb ulduzu və "yeraltı aləmin sahibi" nanaylarda eyni bir sözlə adlandırılır. Bir sıra xalqların dilində "şimal" sözü ümumiyyətlə qadağan olunmuş sayılırdı. Hətta xeyli sonralar – orta əsrlər Qərbi Avropada kilsələrdə şimal tərəfdən xüsusi qapı qoyulurdu ki, oradan, hesab olunduğu kimi, şeytan çıxıb gedir.

Yerin o biri yarısının əhalisi də dünyanın bu cür, ancaq "güzgü əksi" mənzərəsini yaratmışdılar. Cənub yarımkürəsində Günəş göyün şimal hissəsindən keçir və qədim insan təbii olaraq fərz edirdi ki, axirət dünyası cənubda yerləşir. Məsələn, Pasxi adasından olan bir qocanın sözlərinə görə "bütün moai rano-Raraku (heykəllər) müqəddəsdir və onların üzləri dünyanın o hissəsinə – üzərində hökmran və cavabdeh olduqları hissəsinə tərəf yönəlmişdir (əsasən cənuba).



Tarentli Arxit yazmışdı: "Kainatın mahiyyətinə aid olan müəyyən bir ədəd mövcuddur". Axı dünyada hər şey dəyişkəndir, ədədi qanunauyğunluqlar isə, həqiqi biliyin layiq olduğu kimi, mütləq və əbədidir.

Bu ideya, fiziki aləmin quruluşunun izahında və təsvirində riyaziyyatın fundamental rolunu aydınlaşdırmış təbiət haqqındakı müasir elmdə öz təsdiqini tapır. Alman riyaziyyatçısı German Veyl qeyd etmişdir: "Dünya xaos deyil, o, riyaziyyatın sarsılmaz qanunlarının vasitəsilə harmonik nizamlanmış kosmosdur".

Dünyanın pifaqorizm mənzərəsində cisimlərin bütün hərəkətləri tərpənməz, bircins, dəyişməz və sonsuz fəzada baş verir. Məsələn, Tarentli Arxit boş fəzanı yer (məskən) anlayışı ilə əlaqələndirərək, onun obyektiv reallığını sübut edirdi. O yazmışdı: "Məskən varlıqlardan birincisi olub, maddi cisimlərdən fərqli olan və onlardan asılı olmayan bir şeydir. Onun xüsusiyyəti ondadır ki, bütün şeylər onda yerləşir, ancaq onun özü heç nədə yerləşmir. O, cisimlərdən asılı deyil, ancaq cisimlər ondan asılıdır". Deməli, fəza mütləq olan məskəndir, xalis ölçüdür.

Daha sonra Tarentli Arxit fikri eksperimentin köməyi ilə fəzanın sonsuzluğunu məntiqi olaraq sübut etdi. O, dünyanın fərz olunan kənarından əsa tutan əlini qabağa uzatmış, addım-addım həmin istiqamətdə, dünyanın kənarından o tərəfə irəliləyən və əsa ilə birlikdə əlini bu cür qabağa uzatma əməliyyatını sonsuz sayda təkrar edən bir adamı xəyalına gətirmişdi.

Pifaqorçular fərz edirdilər ki, dünya fəzası sıx, şəffaf və soyuq efirlə doludur. Dünya efiri ideyası Yeni dövrdə xeyli inkişaf etdirildi. Qaliley və onun tələbələri boşluğun mümkün olduğunu kəşf edəndən sonra efir bir müddət "işsiz qaldı". Sonra onu Dekart mexaniki təsiri ötürən bir mühit kimi fizikaya qaytardı. Nyuton mütləq fəza-zaman konsepsiyasını yaratmaqla bu cür "mexaniki" efiri lazımsız etdi. Nyutondan sonra efir elektromaqnit dalğalarının yayılması üçün zəruri olan şəffaf, duyulmayan bütöv bir mühit kimi yenidən fizikaya qaytarıldı. Nəhayət, xüsusi nisbilik nəzəriyyəsini yaratmaqla, Eynşteyn fəza-zaman haqqındakı təsəvvürləri dəyişdirdi ki, bundan sonra efir yenidən "işsiz qaldı".

HƏRƏKƏT YOXDUR

Fəza və zaman haqqındakı nəzəriyyənin inkişafında və hərəkət problemlərinin öyrənilməsində növbəti addımı Eley (Eley – Cənubi İtaliyada bir şəhər) fəlsəfə məktəbi atmışdır.

Eleatların fəlsəfəsi, Parmenidin (e.ə. təxminən 540-480) irəli sürdüyü yoxluğun mümkünsüzlüyü ideyasına söykənirdi. Ola bilsin ki, yoxluq yoxdur. Buradan nəticə kimi alınır ki, hərəkət mümkün deyil: yeni heç nə yaranmır (yaranması üçün heç nə yoxdur) və köhnə heç nə yox olmur (hara yox olsun). Şeylərin çoxluğu və müxtəlifliyi də istisna edilir. Axı varlıqda

Parmenid.
Qədim qravüra.



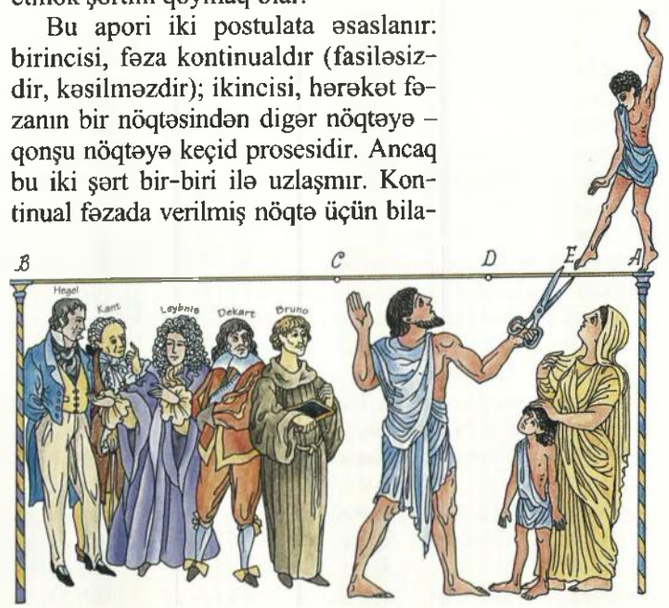
kəsilmələr ola bilməz (çünki yoxluq mövcud deyildir). Şeylərin istənilən hərəkəti və müxtəlifliyi – yalnız hissi aldanmadır, həqiqət deyil, fikirdir. Dünyanın əsasında sfera kimi, vahid-kəsilməz, bircins, dəyişməz reallıq durur. Bu vahid olan şey dünya fəzasını doldurur və gerçəkliyin hər bir kiçicik elementində eyni dərəcədə iştirak edir.

Eleatlar fəzanı vahidliyin məskəni, sığınacağı kimi bircins, fasiləsiz, hərəkətsiz hesab edirdilər. Zaman da fasiləsiz və bircins idi. Eleatlar boş fəzanın mövcudluğu imkanını inkar edirdilər, çünki, onların fikrincə, boşluq yoxluqdur, yoxluq isə yoxdur və hətta onu düşünmək belə olmaz.

Parmenidin yaşca özündən kiçik müasiri və tələbəsi Eleyli Zenon (e.ə. təxminən 490-430) hərəkətin mümkünsüzlüyünün məntiqi sübutunu vermiş və onu özünün məşhur məntiqi paradokslarında – aporilərində (hərfi mənası "çıxılmaz vəziyyət" deməkdir) ifadə etmişdir. Qədim yunan tarixçisi Plutarxa (təxminən 45 – təxminən 127) görə Zenon "elenktik bacarığını, yəni ziddiyyətlər vasitəsilə rəqibini çıxılmaz vəziyyətə salmaq bacarığını tətbiq edirdi" (*yun.* "elenxos" – "ifşa olunan ziddiyyət"). Zenon 40-dan çox apori fikirləşmiş, onlardan yalnız bir neçəsi, o cümlədən "Dixotomiya", "Uçan nizə haqqında", "Axilles və tısbağa" aporiləri bizə gəlib çatmışdır.

Məsələn, "Dixotomiya" aporisində hərəkətin mümkünsüzlüyü isbat edilirdi. Müəyyən AB məsafəsini qət etmək üçün, adam əvvəlcə bu məsafənin yarısı olan AC məsafəsini qət etməlidir. AC məsafəsinin də yarısını adamın qət etməsi üçün, adam yarının yarısı olan AD məsafəsini qət etməlidir və s. Bu qayda sonsuzluğa qədər davam edir. Yekunda biz belə bir nəticəyə gəlirik ki, adam, ümumiyyətlə, yerindən tərpənməyə qadir deyildir, çünki həmişə onun qarşısında istənilən qədər kiçik yolun yarısını qət etmək şərtini qoymaq olar.

Bu apori iki postulata əsaslanır: birincisi, fəza kontinualdır (fasiləsizdir, kəsilməzdir); ikincisi, hərəkət fəzanın bir nöqtəsindən digər nöqtəyə – qonşu nöqtəyə keçid prosesidir. Ancaq bu iki şərt bir-biri ilə uzlaşmır. Kontinual fəzada verilmiş nöqtə üçün bilavasitə sonrakı nöqtə yoxdur, çünki birbirinə istənilən qədər yaxın ixtiyari iki nöqtə arasında həmişə sonsuz sayda nöqtə yerləşir. Ona görə də, fəzanın bir nöqtəsindən sonrakı (növbəti) nöqtəsinə keçid kimi başa düşülən hərəkət prinsipcə mümkün deyildir.



Eleyli Zenonun aporilərində əsas ideya ondan ibarətdir ki, diskretlilik, çoxluq və hərəkət dünyanın yalnız hissi mənzərəsini xarakterizə edir, o isə açıq-açığına etibarlı deyildir. Dünyanın həqiqi mənzərəsi ancaq təfəkkürlə və nəzəri tədqiqatla əldə edilir.

Zenonun aporiləri fəza-zaman və hərəkət haqqındakı elmin inkişafında çox böyük rol oynamışdır. Bu aporilər hərəkət haqqında qədim yunan elminin böhranına səbəb oldu. Antik dövrün, Orta əsrlərin və Yeni dövrün bir çox görkəmli filosof və alimləri: Demokrit, Aristotel, Epikur, Bruno,

Kontinuum (*lat.* continuum – "kəsilməz") – kəsilməz külliyyat.

Diskretlik (*lat.* discretus – "bölünmüş", "fasiləli", "kəsilən") – kəsilənlik, fasilələlik.

FƏZA, ZAMAN VƏ APORİLƏR

Hələ Zenonun vaxtında belə fikirlər mövcud idi ki, fəza və zaman sonsuz bölünən deyil, bütövlüyünü saxlayan bölünməz hissələrdən – fəza atomlarından və zaman atomlarından (XX əsrdə belə deyərdilər: fəza və zamanın kvantlarından) ibarətdir. Bu halda heç bir sonsuz miqdarlar yaranmadığından, aporilərin həlli mümkün görünə bilərdi. Əslində hər şey daha mürəkkəbdir.

"Kvantlanma" baxımından uçan oxun iti ucu fəzanın bir bölünməz özəyindən (bir neçə zaman kvantı müddətində sükunətdə olduğu özəkdən) ardıcıl olaraq digərinə keçir. Belə keçid üçün tam bir zaman kvantı tələb olunur, çünki iti uc möcüzə göstərib bir yerdən başqa yerə ani olaraq yerini dəyişə bilməz. Özü də bu halda əgər uc fəzanın bir özəyindən çıxıbsa, lakin qonşu özəyə hələ gəlib çıxmayıbsa, onda onun harada olduğunu soruşmaq mənasızdır: zamanın və fəzanın kvantları bölünməzdir və onların arasında heç bir aralıq zaman anı, həmçinin aralıq yer mövcud deyildir.

Belə çıxır ki, ox hərəkət etmir: fəzanın hər bir konkret özəyində o sükunətdədir. O ki qaldı insanın öz hissləri vasitəsilə onun hərəkəti kimi qavradığı şeyə, bu, məhz hisslərin varlığıdır, illüziyasıdır. Ağıl üçün hərəkət sükunətə gətirilir.

Belə görünə bilər ki, "Ox" aporisi həll olunmuşdur. Vəziyyət hər hansı filmin nəzərdən keçirilməsinə bənzəyir: əslində tərpənməz kadrlar bir-birini əvəz edir, tamaşaçıda isə hərəkət edən mənzərə təsəvvürü yaradır.

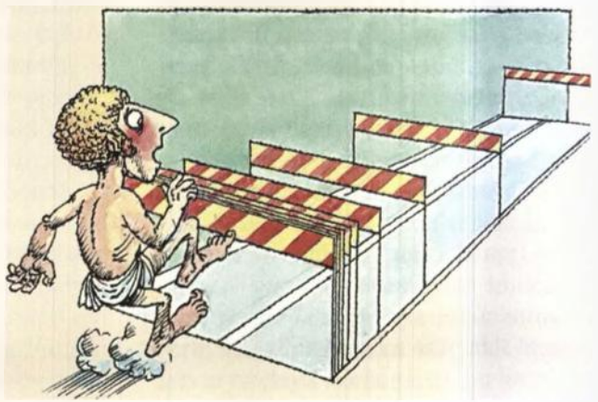
Lakin burada bizi yeni çətinlik gözləyir – "Stadi" (və ya "Stadion") aporisi pusqudadır: əgər fəza və zaman atomlardan ibarətdirsə, onda hissə tama bərabərdir. Bu belə sübut olunur. Tutaq ki, iki atletlər cərgəsi eyni sürətlə, hərəkətsiz olan üçüncü cərgənin yanından keçərək, bir-birinə tərəf qaçır. Fərz edək ki, hər cərgədəki atletlər fəzanın qonşu kvantlarındadırlar və bu kvantlarda bir zaman kvantı qədər müddətdə olurlar. Onda hərəkət edən hər bir cərgə tərpənməz cərgənin, məsələn, iki kvantın yanından iki zaman kvantında keçir. Lakin bu halda o, digər hərəkətdə olan cərgənin dörd kvantının yanından keçəcək. Neçə zaman vahidi lazım olacaqdır? Əgər yenə də iki zaman kvantı lazımdırsa, onda belə çıxır ki, fəzanın dörd kvantı iki zaman kvantında keçilib. Bu, mümkün deyil, çünki bir özəkdən qonşu özəyə keçid bir zaman kvantı ərzində həyata keçirilir. Əgər hesab etsək ki, dörd zaman kvantı tələb olunur, onda 2 = 4 alınır, axı eyni qədər vaxt keçmişdir! Gördüyümüz kimi, fəza-zamanın kvantlandığı halda, bu apori həllolunmazdır.

İndi fərz edək ki, yalnız zaman kvantlanıb, fəza isə sonsuz bölünəndir. Onda hərəkət edən nöqtənin trayektoriyasını, hər biri ayrı-ayrı zaman kvantlarına uyğun gələn parçalara bölmək lazımdır. Hər bir zaman kvantında nöqtə müəyyən parçada yerləşir və bu parçanın uzunluğunun zaman vahidinə nisbətinə bərabər olan sürətlə hərəkət edir. Belə yanaşmada "Stadinın" arqumentləri öz məqsədinə çatmır. Çünki fəza hissələrə öz-özlüyündə yox, məsələnin şərtinə – cisimlərin sürətinə uyğun olaraq bölünmüşdür.

Lakin Zenon burada da yeni "sürpriz" – "Dixotomiya" ("Yarıya kəsmə") aporisini hazırlamışdır. Hərəkət edən cismin, bütün yolu qət etməsi üçün əvvəlcə o, yolun yarısını, bir az əvvəl isə yarısının yarısını, yəni yolun dörddəbirini, bundan da qabaq dörddəbirin yarısını və ya tamın səkkizdəbirini getməlidir və bu cür sonsuzluğa qədər davam edir, çünki fəza kəsilməzdir. Əgər hər bir hissənin keçilməsinə heç olmazsa bir zaman kvantı tələb olunarsa, onda istənilən uzunluqlu parçanın qət edilməsinə sərf olunan ümumi zaman sonsuzluğa bərabər olar, çünki zaman kvantı kiçik olsa da, sonsuz kiçik deyil və yenə də çıxılmaz vəziyyət yaranır. Bir sözlə, aporidir!

"Axilles və tısbağa" aporisi başqa aporilərdə rast gələn çətinlikləri özündə cəmləşdirir. Cəld gedən Axilles yavaş gedən tısbağaya necə çata bilər, axı o, əvvəlcə tısbağanın tərk etdiyi yerə çatmalıdır, ancaq o, bunu edənə qədər tısbağa bir az da qabağa gedir. Bütün mümkün yanaşmaları sınaqdan keçirək:

1. Tutaq ki, fəza və zaman atomlardan (kvantlardan) ibarətdir. Onda həm Axilles, həm də tısbağa nöqtələrlə yox, hər halda parçalarla təmsil olunmalıdır. Sürətli parça yavaş parçanı ötərkən, "Stadi" aporisinə oxşar vəziyyət yaranır. Yalnız baxılan düz xətt boyunca yerləşmiş tərpənməz parçanı təsəvvür etmək lazımdır ki, hissənin tama bərabər olduğunu göstərək.



2. Tutaq ki, fəza kəsilməzdir, zaman isə kvantlanıb. Onda Axillesin tısbağaya çatması üçün qət edəcəyi yolu sonsuz sayda hissələrə bölmək olar və əgər bir hissədən qonşu hissəyə keçid üçün heç olmasa bir zaman kvantı tələb olunarsa, onda ümumi zaman, "Dixotomiya" aporisindəki kimi, sonsuzluğa bərabər olar.

3. Tutaq ki, fəza kvantlanıb, zaman isə kəsilməzdir. Əfsus, bu halda da bizi uğursuzluq gözləyir. Hər bir zaman anında Axilles (həm də tısbağa) fəzanın müəyyən kvantında olacaqdır. Qonşu özəyə keçməsi üçün ona müəyyən vaxt lazımdır, ani keçid qeyri-mümkündür. Belə bir sual yaranır: artıq özəyin birindən çıxan, amma qonşu özəyə hələ gəlib çatmayan Axilles haradadır? Bu suala cavab vermək mümkün deyil, zaman axı kəsilməyib! Belə alınır ki, Axilles nəinki tısbağaya çata bilməz, o, ümumiyyətlə, həmin tısbağanın özü də, istənilən başqa cisim də yerindən tərpənə bilməz.

4. Tutaq ki, fəza və zaman sonsuz bölünəndir.

Üzərində A (Axilles) və T (tısbağa) nöqtələri hərəkət edən düz xətt təsəvvür edək. Başlanğıc anda onları ayıran məsafə l olsun. Axillesin v_A sürəti tısbağanın v_T sürətindən böyük olduğundan, Axilles $t_0 = l/(v_A - v_T)$ zaman ərzində tısbağaya çatmalıdır. Praktikada elə bu cür də alınır, nəzəriyyədə isə sürət anlayışı ilə bağlı olan çox mühüm çətinlik yaranır. Sürət nədir? Yunanlar hesab edirdilər ki, sürət yolun bu yolu qət etmək üçün sərf olunan zamana nisbətidir. Yol həmişə bir-birindən aralı olan iki nöqtəni əlaqələndirir. Buradan çıxır ki, sürət – fəzanın iki nöqtəsinə aid olan bir anlayışdır. Onda bəs konkret bir nöqtədəki sürətdən necə danışmaq olar? Hətta əgər getdikcə kiçilən zaman intervalları götürsək və onlara yolun getdikcə kiçilən hissələri uyğun gəlsə də, yenə iki müxtəlif nöqtə həmişə müxtəlif nöqtələr olaraq qalacaqdır.

Deməli, bir nöqtədə həm sürətdən, həm də hərəkətdən danışmaq olmaz. Əvvəlki kimi, başa düşmək mümkün deyildir ki, nöqtə yerləşdiyi yerdə necə hərəkət etməyə qadirdir? Yenə "Ox" aporisində qeyd olunan çətinlik yaranır.



Bundan başqa, fəza və zamanı sonsuz bölmək mümkün olduğundan, məntiqi olaraq daim eyni bir məsələni həll etmək lazım gəlir (tısbağa azca irəlidədir, Axilles isə ona çatmağa cəhd edir) və biz tamamilə yerimizdən tərpənmirik. Bir növ məntiqi "tilsim" – "tilsimli dairə" alınır.

Doğrudan da, təsəvvür edək ki, hər dəfə tısbağanın elə indicə olduğu T_1 və T_2 nöqtələrindən keçərək, qaçan Axilles ürəyində sayır: birinci, ikinci və s. Sonlu t_0 zaman müddətində sayma prosesi başa çatsa idi, biz Axillesdən soruşa bilərdik ki, onun sonuncu dediyi ədəd hansı ədəd idi. Burada da biz paradoksla üzləşərik: bu ədədlər arasında sonuncu ədəd yoxdur (natural ədədlər ardıcıllığı sonsuz böyükdür), eyni zamanda sonuncu ədəd səslənməli idi, çünki sayma prosesi hər halda başa çatmışdır!

Görkəmli riyaziyyatçılar D.Hilbert və P.Bernays Zenonun paradoksu haqqında belə qeyd etmişlər: "Adətən mühakimə vasitəsilə bu paradoksun üstündən sükutla keçməyə çalışırlar ki, bu sonsuz sayda zaman intervallarının cəmi hər halda yığılır və beləliklə, sonlu zaman intervalı alınır. Lakin bu mühakimə çox mühüm bir paradoksal anı qəti nəzərə almır. Bu da ondan ibarətdir ki, birbirinin ardınca gələn hadisələrin hansı isə sonsuz ardıcıllığı, elə bir ardıcıllığı ki, onun başa çatacağını biz hətta təsəvvür edə bilməsək də, əslində hər halda başa çatmalıdır".

***

Çox vaxt aporiləri, Aristotelin adlandırdığı kimi, "çevik sofizmlər", məntiqi tryuklar adlandırırlar. Yəqin ki, başqa bir şey doğrudur. Aporilər əbədi problemlər sırasına aiddir, onların həlli idrakı irəlilətsə də, labüd olaraq yeni, daha dərin sual və paradokslara aparıb çıxarır. Məsələn, aporilər üzərində aparılan mühakimələr riyazi analizin yaranmasına kömək etmişdir, ancaq onun (analizin) funksiyalar və çoxluqlar nəzəriyyəsi şəklində əsaslandırılması dərhal külli miqdarda yeni paradokslar ortaya çıxardı. XX əsrdə fizika elmində baş vermiş inqilabda aporilər müəyyən rol oynamışdır. Ola bilsin ki, XXI yüzilliyin fizikasında onların əhəmiyyəti daha çox olacaqdır.

Dekart, Leybnis, Yum, Kant, Hegel və b. öz əsərlərini Eleyli Zenonun məntiqi paradokslarının həll edilməsinə həsr etmişlər. Zenonun aporilərinə dair düşüncələr nəinki riyazi analizin yaranmasına kömək etdi, həm də fəza və zamanın quruluşunu və xassələrini, habelə materiya hərəkətinin qanunauyğunluqlarını daha dərindən öyrənməyin zəruri olduğunu göstərdi.

ATOMLAR VƏ BOŞLUQ

Levkippin (e.ə. təxminən 500-440) və Demokritin (e.ə. təxminən 470 və ya 460-371) atomistikası eleatların paradoksal fəlsəfəsinin cavabı oldu. Eleatların əksinə olaraq, onlar belə söyləməyi mümkün hesab edirdilər ki, yoxluq mövcuddur. Bu – mütləq (tam) boş və sonsuz fəzadır. Bu fəzada, qabda olduğu kimi, varlığın laxtalarının – atomların hərəkəti baş verir. Kainatda atomların sonsuz çoxluğundan başqa heç nə yoxdur. Bu atomlar hüdudsuz boş fəzada əbədi hərəkət edir. Bir-birilə toqquşaraq, bir-birinə ilişərək onlar bütün şeyləri və saysız-hesabsız dünyaları əmələ gətirir. Demokritin nəzəriyyəsindəki boş, hərəkətsiz, bircins fəza Parmenid fəlsəfəsindəki yoxluğa analojidir, lakin bundan fərqli olaraq hesab olunur ki, o mövcuddur. Məhz, bu məntiqi uyğunsuzluq Aristotelin, sonralar isə digər filosof və fiziklərin də tənqid obyektinə çevrildi.

Aristotelə görə hərəkətin növləri.



BOŞLUĞUN MÜMKÜNSÜZLÜYÜ

E.ə. IV əsrin sonuna yaxın 300 ildən çox bir dövr ərzində Qədim Yunanıstan elmi çox böyük həcmdə həm elmi biliklər, həm də ziddiyyətli fikirlər toplamışdı. Onların sintezinə, dünyanın mənzərəsinin qurulmasına tələbat yaranmışdı. Antik dünyanın ən böyük alimi Aristotel (e.ə. 384-322) bu işi yerinə yetirməyə çalışdı.

Aristotel geosentrik dünyagörüşünə əsaslanaraq, hərəkət haqqında təxminən 2 min il ərzində fizikada hökmran olmuş bir təlim yaratdı. Hərəkət dedikdə, Aristotel istənilən kəmiyyət və ya keyfiyyət dəyişmələrini başa düşürdü, elə dəyişmələr ki, onların sayəsində hadisələr reallaşır. O, hərəkəti dörd müxtəlif növə ayırmışdı: 1) keyfiyyət hərəkəti və ya keyfiyyət dəyişməsi; 2) kəmiyyət hərəkəti – azalma və ya artma; 3) yerdəyişmə – fəza hərəkəti; 4) yaranma və ya məhvolma.

Aristotelə görə, yerdəyişmə fəzada baş verir, lakin onun xassələri maddi cisimlərlə təyin olunur.

Materiya kimi, Aristotelin fəzası da qeyri-bircinsdir: bu fəzada şeylərin yarandığı və dağıldığı "göy altı aləm" və əbədi dəyişməz və sarsılmaz ulduz sferaları aləmi olan "göy aləmi" bir-birindən ayrılmışdı. Aristotel bütün mexaniki hərəkətləri təbii və məcburi hərəkətlərə bölürdü. Göy cisimlərinin təbii hərəkəti Yerin ətrafında dairəvi hərəkətlərdir, çünki mükəmməl varlıq olan Allah tərəfindən yaradılmış planetlər özlərinin mükəmməl trayektoriyaları üzrə, yəni çevrələr üzrə hərəkət etməyə borcludur. Yer cisimlərinin təbii hərəkəti mütləq yüngül və mütləq ağır cisimlər üçün, uyğun olaraq yuxarıya və ya aşağıya düzxətli hərəkətdir. Bütün qalan hərəkətlər məcburi hərəkətlərdir, onlar ancaq başqa cisimlərin – hərəkətverici qüvvələrin təsiri altında baş verir. O cümlədən, Aristotel hesab edirdi ki, maddi cismin bərabərsürətli düzxətli hərəkət etməsi üçün ona sabit qüvvə təsir etməlidir.

Aristotelə görə, aləm həm də anizotropdur (*yun.* "anizos" – "qeyri-bərabər" və "tropos" – "istiqamət"). "Göy altı aləmdə" şaquli istiqamət şaqul üzrə baş verən (yuxarı və ya aşağı) təbii hərəkətin istiqaməti kimi seçilir, "göy üstü aləmdə" isə çevrə üzrə hərəkət seçilir.

Atomistlərin təliminə zidd olaraq, Aristotel boş fəzanın mövcud olmadığını sübut edir. Aristotel deyir ki, əgər boşluğun mövcudluğunu qəbul etsək, onda hərəkətdə olan cisim nə üçün orada yox, məhz burada dayanmalıdır, nə üçün başqa istiqamətdə yox, məhz bu istiqamətdə hərəkət etməlidir, axı boşluq özlüyündə heç bir fərqin daşıyıcısı deyil. Boşluq passivdir və sakitdir, prinsipial olaraq müşahidə olunmazdır. Boşluqda bizim gördüyümüz təbii hərəkətlərin heç biri, məsələn, daşın düşməsi, başlaya bilməz. Deməli, o, sadəcə mövcud deyil. Bundan başqa, Aristotelə görə boşluqda hərəkət sonsuz böyük sürətə gətirib çıxarar ki, bu da mümkün deyil. Beləliklə, boşluq mənası olmayan məntiqi ziddiyyətdir və ya abstraksiyadır. Burada, ümumilikdə Aristotel haqlıdır. Müasir fizikanın mərkəzi anlayışı vakuumdur, ancaq vakuum boşluq deyil, olduqca mürəkkəb və bir çox cəhətdən müəmmalı bir fiziki obyektdir.

Aristotel fəza anlayışının özünü yer (*yun.* "topos") anlayışı ilə əlaqələndirir, yer anlayışını isə o, verilmiş cismi həcmləndirən, cismin ilk tərpənməz sərhədi kimi təyin edir: "Bayırında onu həcmləndirən hər hansı bir cisim olan cisim [müəyyən] yerdə yerləşir. Hansı cisimdə bu yoxdur, o cisim yerləşmir..."

Həcmləndirici cismin ilk tərpənməz sərhədi məhz yerdir. Başqa sözlə,

BOŞLUQ MÖVCUDDURMU? (Aristotel Demokritə qarşı)

Demokrit. Boşluq da atomlar kimi realdır. Əgər boşluq olmasaydı, atomlar və deməli, onlardan ibarət olan cisimlər hərəkət edə bilməzdi.

Aristotel. Boşluq mövcud deyildir. Əgər boşluq olsaydı, onda boşluqda yerləşdirilən cisim hara hərəkət edərdi? Əlbəttə, heç də hər tərəfə yox... Boşluqda bura çox, bura az hərəkət etməyə əsas yoxdur: çünki bu boşluqdur, orada... fərq yoxdur. Sonra, heç kim deyə bilməz ki, hərəkətə gətirilmiş cisim nə üçün harada isə dayanar, axı nə üçün orada yox, daha doğrusu, burada dayanar? Deməli, cisim ya sükunətdə olmalı, ya da sonsuzluğa qədər hərəkət etməlidir. Sonuncu halda bütün cisimlər bərabər sürətlərə malik olardılar (çünki hansı səbəbə görə boşluqda bəzi cisimlər digərlərindən daha cəld hərəkət etməlidir? Dolmuş mühitdə bu zərurətdən doğur, çünki daha ağır cisim bu mühiti öz qüvvəsi ilə bölməlidir).

Deyilənlərdən aydındır ki, əgər boşluq mövcud olsaydı, onda həm ağır və həm də yüngül cisimlər orada eyni sürətlə hərəkət edərdi. Lakin bu mümkün deyil. Deməli, boşluq yoxdur...

Eyni bir cismin sürəti müxtəlif mühitlərdə müxtəlifdir və mühitin qatılıq və ya sıxlıq dərəcəsi ilə mütənasibdir; beləliklə, əgər fərz etsək ki, suyun sıxlıq dərəcəsi havanın sıxlıq dərəcəsinin on mislinə bərabərdir, onda havada hərəkət sudakına nisbətən on dəfə sürətli olmalıdır... Boşluğun seyrəkliyi hətta ən zərif maddə ilə dolmuş fəzanın sıxlığından sonsuz fərqləndiyinə görə hərəkət edən cisimlər boşluqda yerini ani dəyişərdi; lakin ani hərəkət mümkün deyil; ona görə də boşluğun əmələ gəlməsi də mümkün deyil.

(Aristotelin "Fizika" kitabı üzrə.)

İskəndəriyyə (Misir) – Ptolemeylərin ellinist dövlətinin paytaxtı.



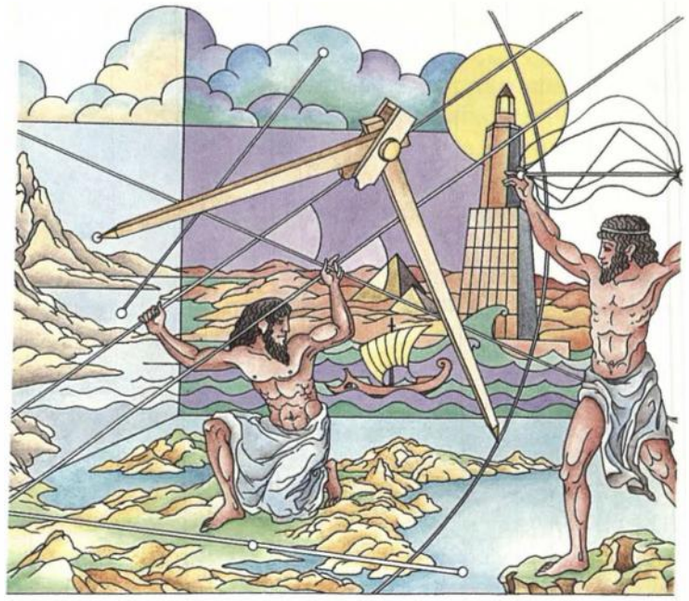
Evklid müqəddəs surətində. Florensiya. Andrea di Bonatonun divar naxışı.

Aristotelə görə, fəza maddi cisimlərsiz mövcud deyil və o, iki maddi obyektin münasibətinin müəyyən nəticəsi kimi çıxış edir.

Dünya fəzasının bu cür başa düşülməsi Aristoteli onun sonlu olması nəticəsinə gətirdi. Bir cismin başqa cisim tərəfindən məhdudiyyətinin qurtardığı yerdə artıq fəza anlayışı tətbiq oluna bilməz. Deməli, dünya fəzasının sərhədi, göy qübbəsinin cisimləri əhatə edən son sərhədidir. Aristotelin Kainat modelində "Yer suda yerləşir, su – havada, hava – efirdə, efir – Göydə yerləşir, Göy isə başqa heç nədə yerləşmir".

Aristotelə görə, zaman da müstəqil mahiyyətlərə aid deyil və yalnız hərəkətin xüsusiyyət təşkil edən ölçüsüdür, "hərəkətin ədədidir". Zaman fiziki hadisələrin münasibətlər sistemi kimi (əvvəl, sonra, indi) özünü göstərir. Aristotelin zamanı sayılan ədəddir, ruhlardan başqa isə heç nə saya bilməz, ona görə də Aristotel nəticə çıxarır ki, ruhsuz zaman da yoxdur.

Evklidin sayəsində həndəsə ilk dəfə sistemə çevrildi.



DÜNYANIN HƏNDƏSƏSİ

E.ə. IV əsrin sonundan başlayaraq, bütün antik aləmdə İskəndəriyyə elmi məktəbi dominant oldu. Bu məktəbdə atomistlərin mütləq boş fəza konsepsiyası inkişaf etdirilirdi. Böyük riyaziyyatçı Evklidin (e.ə. III əsr) işləri çox mühüm əhəmiyyət kəsb edirdi. Evklid sonsuz boş fəzanın riyazi təsvirini verdi və onun həndəsəsini qurdu. O, öz nəticələrini məşhur "Başlanğıclar" kitabında (15 kitabdır) şərh etmişdir. Bu, antik dövrün yeganə monoqrafiyasıdır ki, XX əsrə qədər heç bir dəyişiklik olmadan həndəsədən əsas dərs vəsaiti kimi istifadə olunmuşdur.

Evklidə görə, fəza (sonralar o, belə də adlandırıldı: "Evklid fəzası") hüdudsuz, bircins, izotrop olub (*yun.* "izos" – "bərabər", "eyni" və "tropos" – "istiqamət") üç ölçüyə malikdir. Belə fəzanın sonsuzluğu üç postulatla xarakterizə olunur: 1) "istənilən nöqtədən istənilən nöqtəyə qədər düz xətt çəkmək olar"; 2) "məhdud düz xətti arasıkəsilmədən düz xətt üzrə davam etdirmək olar"; 3) "istənilən mərkəzdən və istənilən pərgərlə dairə çəkmək olar". Paralel düz xətlər haqqında təlim və Evklidin məşhur beşinci postulatı (hazırda onu belə ifadə edirlər: düz xətt üzərində olmayan istənilən nöqtədən, bu düz xəttə paralel olan yalnız və yalnız bir düz xətt keçirmək olar) Evklid fəzasının həndəsəsini təyin edir. Bir az sonra Arximed Evklid fəzasının daha bir xarakteristikasını verdi: "Eyni uclara malik olan xətlərdən ən qısası düz xətt parçası olacaqdır".

Beləliklə, Evklid həndəsəsində düz xətt geodezik xətdir, yəni ən kiçik uzunluqlu xətdir. Bu xassəyə malik fəza, müasir terminologiyaya görə, müstəvi fəzadır, yəni əyriliyi sıfıra

bərabər olan fəzadır. Dekart koordinat sistemində onun metrikası (iki yaxın nöqtə arasındakı məsafənin kvadratı) aşağıdakı şəklə malikdir: $dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$, burada dx, dy, dz-lər x, y, z koordinatlarının sonsuz kiçik artımlarıdır.

Fəzanın Evklid tərəfindən qurulan həndəsi nəzəriyyəsi nəinki təkcə riyaziyyatın və fizikanın, həm də bütövlükdə mədəniyyətin inkişafı üçün çox böyük əhəmiyyət kəsb etmişdir. Evklid həndəsəsinin əsaslarına yiyələnmək bütün dünyada müasir ümumi təhsilin zəruri elementinə çevrilmişdir. Evklid fəzasının nəzəriyyəsinin yaradılmasından təqribən 2 min il sonra Evklid fəzasının nəzəriyyəsini Nyuton, heç bir dəyişiklik etmədən dünyanın mexaniki mənzərəsində mütləq fəzanın riyazi modeli kimi götürmüşdür. Evklid fəzası klassik fizikada bütün fiziki hadisələrin arenasıdır.

FƏZA VƏ ZAMANIN KƏŞFİ

Boşluq (boş fəza) problemi fizikanın bir elm kimi yaradılmasında həlledici problem olmuşdur. Aristotel təkzibolunmaz məntiqlə sübut etdi ki, boşluq mövcud ola bilməz. Digər tərəfdən, aydın deyil ki, boşluq, yəni heç nə vasitəsilə hər hansı qarşılıqlı təsir necə ötürülə bilər. Ancaq elmi həqiqət Qalileyin tərəfində idi. Heliosentrizmin qələbəsi naminə o fərz etdi ki, boşluq mövcuddur və sonralar bu təcrübi isbat olundu.

Dekart efir burulğanları ilə dolmuş fəza ideyasını təklif edərək, bu iki yanaşma arasında kompromis (razılıq) tapmağa çalışdı. Bu burulğanlar Günəş sistemi cisimlərini hərəkət etdirir və digər qarşılıqlı təsirləri ötürür. Lakin, bu nəzəriyyədə problem var idi: burulğanlar səpildikcə (dağıldıqca) istənilən hərəkət kəsilməli idi.

Fəza və zaman problemi ilk dəfə dahi ingilis alimi İsaak Nyutonun (1643-1727) işlərində qənaətbəxş həll olundu. O, dünyanın ilk elmi (mexaniki) mənzərəsinin yaradıcısı oldu. Bu mənzərədə məhz fəza və zaman konsepsiyası mühüm rol oynayır. Nyutonun işləyib hazırladığı mexaniki hərəkətin nəzəriyyəsi fizika tarixində ilk ümumiləşdirilmiş fiziki nəzəriyyə idi; burada "yerdəki" və "göydəki" hərəkətlər maddi cisimlərin ümumi mexaniki hərəkətində birləşdirildi. Nyutondan sonra da birləşdirmə, sintez fizikanın hərəkətverici qüvvəsinə çevrilir, həm də çox vaxt məhz fəza və zaman haqqındakı təsəvvürlərin genişləndirilməsi birləşdirmənin əsasını təşkil edir. Məsələn, Ceyms Klark Maksvellin elektromaqnetizm nəzəriyyəsində elektrik və maqnit qarşılıqlı təsirləri birləşdirildi. Maksvellin qazandığı nailiyyət, fəza və zamanı birləşdirən Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsinin yaradılmasından sonra aydın oldu.



Evklidin "Başlanğıclar"ı. XVI-XIX əsrlərin nəşri.



İ.Nyuton.

Nyuton mütləq və nisbi fəzanı və zamanı, mütləq və nisbi hərəkətləri fərqləndirdi. Mütləq fəza və zaman müşahidələrdən və maddi obyektlərin hərəkətindən asılı olmayan obyektiv real mahiyyətlərdir. Nisbi fəza və zaman empirik kateqoriyalardır; onlar hislərimizlə dərk edilir və gündəlik həyatda və müşahidələr zamanı istifadə olunur. Nyutona görə, natural fəlsəfənin (fizikanın) məsələsi həqiqi, mütləq hərəkətləri müəyyən etmək və onların qanunlarını öyrənməkdir.

Bir tərəfdən, fəza və zaman mexaniki proseslərin baş verdiyi məskənlərdir (sığınacaqlardır), bütün hadisələrin arenasıdır – bu, mütləq fəza və zamandır. Digər tərəfdən, fəza və zamanın özləri mexaniki proseslər sayəsində konkret yerlər və zamanlar kimi müxtəlifləşir – bu nisbi fəza və zamandır.

Mütləq fəzanın mövcudluğunu, həmçinin mütləq və nisbi hərəkət arasındakı fərqi Nyuton fırlanan vedrə ilə aparılmış təcrübənin köməyi ilə sübut etdi. Kəskin burulmuş ipdən asılmış vedrəyə su töküb buraxırlar. Əvvəlcə vedrə tez-tez fırlanır, ancaq suyun səthi müstəvi olaraq qalır, yəni su mütləq fəzaya nisbətən tərpənməzdir. Sonra su bütünlüklə vedrənin divarları tərəfindən sövq olunduqda, suyun nisbi hərəkəti kəsilir, lakin suyun səthinin əyilməsi onu göstərir ki, mütləq hərəkət ən böyük olur. Bununla da, mütləq fəza öz mövcudluğunu büruzə verir.

Burada qeyd etmək lazımdır ki, əgər mütləq fəza həmişə bircins və izotropdursa, onda sistem fırlanarkən nisbi fəza, artıq bircinslik və izotropluq xassələrinə malik olmur. Belə sistemin fırlanma mərkəzindən uzaqda yerləşən nöqtələri, fırlanma mərkəzinə yaxın yerləşmiş nöqtələrinə nisbətən daha böyük mərkəzəqaçma təcilinə məruz qalacaqdır. Beləliklə, Nyuton mexanikasında təcil mütləq xarakterə malikdir.

NYUTONUN VEDRƏ İLƏ APARDIĞI TƏCRÜBƏ

Əgər uzun kəndirdən qab asıb, onu fırlatmaqla kəndiri tam sərt olana qədər bursaq, sonra qabı su ilə doldursaq və... qabı kəndirin burulmasının açıldığı istiqamətdə fırlatsaq, onda... qabın fırlanması kəndirin burulmasının açılması hesabına uzun müddət davam edəcəkdir. Əvvəlcə suyun səthi qabın fırlanmasına qədər olduğu kimi, müstəvi olaraq qalacaqdır. Sonra qab, suya təsir edən qüvvənin vasitəsilə suyu da öz fırlanmasında iştirak etməyə məcbur edəcəkdir. Fırlanma artdıqca su tədricən qabın ortasından kənarlarına çəkiləcək və kənarlarından yuxarı qalxacaq və suyun səthi batıq (çökük) forma alacaqdır... hərəkət gücləndikcə, qabla eyni zamanda fırlanana qədər və qaba nəzərən nisbi sükunətə gələnə qədər su getdikcə kənarlara doğru daha çox qalxacaqdır.

Suyun bu qalxması ilə... suyun həqiqi və mütləq fırlanma hərəkəti aşkar olunur və ölçülür, bu hərəkət, göründüyü kimi, nisbi hərəkətə tamamilə əksdir. Əvvəlcə, qabda suyun nisbi hərəkəti ən böyük olanda bu hərəkət oxdan uzaqlaşma yaratmırdı – su... qabın divarları yanında yuxarı qalxmırdı, suyun səthi isə müstəvi olaraq qalırdı, onun həqiqi fırlanma hərəkəti hələ başlamamışdı. Sonra, nisbi hərəkət azalanda, qabın kənarları yaxınlığında suyun qalxması onun oxdan uzaqlaşma meylini aşkar etdi, bu meyil isə suyun tədricən artan həqiqi fırlanma hərəkəti etdiyini göstərirdi və bu hərəkət ən böyük olanda, su qaba nəzərən nisbi sükunətə gəldi. Beləliklə, bu meyil suyun ətrafdakı cisimlərə nəzərən hərəkətindən asılı deyil və deməli, bu cür hərəkətlərə görə cismin həqiqi fırlanma hərəkətini təyin etmək olmaz. Hər hansı cismin həqiqi dairəvi hərəkəti, yalnız bircə onu oxdan meyil etdirən qüvvə ilə tam uyğunluqda ola bilər, nisbi hərəkətlərə isə cisim, bu hərəkətlərin nəyə aid olmasından asılı olaraq, sonsuz sayda malik ola bilər; əgər cisim nisbi hərəkətlərdən başqa, yeganə olan həqiqi hərəkətə malik deyilsə, onda... bu hərəkətlər həqiqi təzahürlərlə müşayiət olunmur.

Ona görə də, bizim göy qübbələrimizin tərpənməz ulduzların qübbələri daxilində fırlandığı fərz olunan dünya sistemlərində məlum olur ki, bu qübbələrin ayrı-ayrı hissələri və öz qübbələrinə nəzərən sükunətdə olan planetlər əslində hərəkət edir, çünki onların nisbi vəziyyəti dəyişir (mütləq sükunətdə olan cisim haqqında bunu demək olmaz); bununla yanaşı onlar, onları daşıyan qübbələrin ümumi hərəkətində iştirak edir və deməli, fırlanan tamın hissəsi kimi oxdan uşaqlaşmağa meyil edir.

(İ.Nyutonun "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" kitabı üzrə.)

Real proseslərdən asılı olmayan mütləq fəza-zaman konsepsiyası metafizikidir. Təsadüfi deyil ki, Nyuton mütləq fəzanı Allahla əlaqələndirir. Nyutona görə, Allah həm cisimlərdən azad olan fəzada və həm də cisimlər olan yerdə vardır.

Nyuton fəzası – cisimlərin yerləşdiyi boş hüdudsuz məskən, sığınacaqdır, fiziki proseslərin baş verdiyi meydandır – antik dövrün atomçu alimlərinin fəzasına oxşardır. Lakin bir prinsipial fərq var. Bir halda ki, Nyuton fəzası boşluq deyil, mövcuddur və özünü büruzə verir (qeyri-inersial hesablama sistemlərində), onda onun vasitəsilə fiziki təsirlər ötürülə bilər.

Cisimlərin bütün hərəkətinə, Nyutona görə, mütləq hesablama sistemi kimi ortaya çıxan, tərpənməz və dəyişməz olan mütləq fəzaya nəzərən baxılır. Mütləq fəzanın həndəsi xassələri bütünlüklə Evklid fəzasının xassələri ilə üst-üstə düşür; o bircins və izotropdur, üçölçülü və qeyri-məhduddur, əyriliyi sıfıra bərabərdir və metrikdir (fəzanın iki nöqtəsi arasında məsafə təyin olunub). Evklid-Nyuton fəzasının metrikası (onun iki yaxın nöqtəsi arasındakı məsafənin kvadratı) aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2,$$

burada x, y, z – fəza nöqtələrinin Dekart koordinatlarıdır. Bu metrika paralel köçürmə (translyasiya) və dönmə də daxil olmaqla, fəzanın yol verilən çevirmələrinə (hərəkətlərinə) nəzərən invariantdır və onun həndəsi xassələrini tam təyin edir.

Nyuton zamanın mahiyyətini də eyni qayda ilə şərh edir. Mütləq zaman cisimlərin hərəkətindən asılı olmayan sırf sürəkliklər selidir. Bu sel qeyri-məhduddur, bircins, kəsilməz və birölçülüdür, həmişə bir istiqamətə – gələcəyə doğru yönəlmişdir. Ona görə də zaman bir t parametri ilə ($-\infty < t < \infty$) təyin olunur. Zamanın bircinsliyi o deməkdir ki, zaman keçdikcə bütün hərəkət qanunları dəyişmir.

Mütləq fəzanın bütün nöqtələrində və bütün istifadə olunan hesablama sistemlərində zaman eyni cür axır, ona görə də, istənilən iki yaxın hadisə arasındakı dt zaman fasiləsi hesablama sisteminin çevrilmələrinə nəzərən invariantdır (dt = const). Buradan çıxır ki, Nyuton mexanikasında eynizamanlılıq mütləqdir: əgər iki hadisə bir hesablama sistemində eyni zamanda baş verirsə ($dt = 0$), onda istənilən başqa hesablama sistemində də onlar eyni zamanda baş verəcəkdir. Beləliklə, Nyutonun fəza-zaman konsepsiyasında iki əsas invariant kəmiyyət vardır:

1) mütləq fəzanın metrikası dl^2 = const;



Fəzanın bircinsliyi – onun xassələrinin bütün nöqtələrdə eyniliyi, izotropluğu isə bütün istiqamətlərdə eyniliyidir.

2) zaman intervalı dt = const.

Bu iki invariantın mövcudluğu fəza və zamanın mütləqliliyinin riyazi ifadəsidir.

Nyutonun mütləq fəza-zaman konsepsiyası – bütün mövcudiyyət üçün məskən, sığınacaq rolunu oynayan müstəqil fiziki kateqoriya kimi, fəza-zamana substansional yanaşmanın parlaq nümunəsidir.

Buna əks olan relyasion yanaşmanı Nyutonun məşhur müasiri Qotfrid Vilhelm Leybnis, sonralar isə Ernst Max müdafiə etmişlər. Leybnis fəzanı maddi obyektlər arasındakı münasibətlərin bir növü hesab edirdi. Öz məktublarında o yazmışdı: "Mən deyirəm ki, materiyasız fəza da yoxdur və fəza öz-özlüyündə mütləq reallıq kəsb etmir". "Fəza... elə qaydadır (nizamlılıqdır) ki, cisimlərin birgə mövcudiyyəti zamanı, onların düzülüşünü mümkün edir".

Müasir fizikada fəza-zamanın substansional konsepsiyası üstünlük təşkil edir. Bu yanaşmanın zirvəsi Albert Eynşteynin ümumi nisbilik nəzəriyyəsidir ki, burada maddi proseslər fəza-zamanın səthində yalnız zəif ləpələrdir. Vahid qarşılıqlı təsirlərin yeni nəzəriyyələri materiyaya deyil, məhz fəza-zamana başlıca dünya substansiyası kimi baxır. Ancaq fəza-zamanın relyasion konsepsiyası da mövcud olmaqda davam edir. XX əsrdə onun tərəfdarları sovet nəzəriyyəçi fiziki Yakov İliç Frenkel və Amerika fiziki Riçard Fillips Feynman olmuşlar.

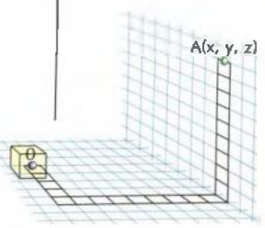
MEXANİKİ HƏRƏKƏT VƏ ONU TƏSVİRETMƏ VASİTƏLƏRİ

Hər bir insan hərəkət haqqında müəyyən anlayışa, çox vaxt da intuitiv və tam aydın olmayan anlayışa malikdir. Fizikada hərəkət çox mühüm rol oynayır və fiziki dünyanın mənzərəsini qurmaq üçün edilən istənilən cəhd hərəkət nədir sualına gətirib çıxarır. Rene Dekart deyirdi: "Mənə materiya və hərəkət verin, mən də Kainatı qurum".

Bəs hərəkət nədir? Çox vaxt onu cismin zaman keçdikcə fəzada vəziyyətinin dəyişməsi kimi təyin edirlər. Bu tərif tam aydın görünür, lakin o nə qədər doğrudur? Hələ Eynşteyn qeyd etmişdi ki, hərəkətin bu cür başa düşülməsilə fikirləşmədən razılaşmaqla biz "öz vicdanımızı bir neçə ağır günaha batırırıq", çünki aydın deyildir ki, burada "yer" və "fəza" sözləri dedikdə nəyi başa düşmək lazımdır. "Burada" və "indi" nə deməkdir? Sual ilk baxışda göründüyündən dərindir.

Misal üçün, həyətdə bitən ağacı götürək. Gəlin bunu müəyyən etməyə çalışaq ki, ağac harada yerləşir və o, hərəkət edirmi. Bir tərəfdən, o, evlərə nəzərən öz vəziyyətini dəyişmir, ancaq digər tərəfdən, Yer axı Günəşin ətrafında fırlanır! Bu isə o deməkdir ki, ağac Yer kürəsilə birlikdə hər saniyədə fəzada 30 km yol gedir. İndi necə oldu: ağac sükunətdədir, yoxsa çox böyük sürətlə hərəkət edir? Lakin hətta əgər Yerin fırlanmasını və onun Günəş ətrafındakı hərəkətini nəzərə alsaq belə, fərqi yoxdur, bu kifayət etməyəcəkdir: Günəşin özü bizim qalaktikanın – Süd Yolunun mərkəzi ətrafında, Süd Yolu isə digər qalaktikalara nəzərən və s. hərəkət edir.

Hesablama cismi və miqyas çubuqları.





Hərəkəti cismin fəzada bir nöqtədən başqa nöqtəyə yerdəyişməsi kimi təyin edərkən, qeyri-aşkar olaraq nəzərdə tutulur ki, bu nöqtələr müxtəlifdir. Həndəsədə müxtəlif nöqtələr öz koordinatları ilə fərqlənir. Bəs onda koordinatlar nədir? Bu, müəyyən qaydalara uyğun olaraq, nöqtələrə aid edilən ədədlər toplusudur. Həm də bu qaydalar eyni koordinatları müxtəlif nöqtələrə və müxtəlif koordinatları eyni bir nöqtəyə aid etməməlidir. Qapalı məntiqi dairə alınır: nöqtələrə müxtəlif koordinatlara aid etməzdən əvvəl həmin nöqtələrin müxtəlif olduğunu bilmək lazımdır; eyni zamanda mütləq eyni olan nöqtələri biz yalnız koordinatlar verməklə fərqləndirə bilərik. (Başqa üsul yoxdur, çünki nöqtələr, həndəsənin ən kiçik elementi kimi, fərdilikdən tam məhrumdur.)

Həndəsə çərçivəsində, onun (birbirindən fərqlənməyən) eyni olan nöqtələrilə birlikdə qalmaqla, bu qapalı dairədən çıxmaq qeyri-mümkündür. Çünki nöqtəni nə cürsə nişanlamaq üçün onun üzərində müəyyən bir əməliyyat aparmaq lazımdır, həndəsə isə "hadisə" kimi anlayışı tanımır. Məhz ona görə də onun çərçivəsində hərəkəti təsvir etmək mümkün deyildir. İrlandiya fiziki Con Layton Sinqin həndəsə haqqında dediyi kimi, hər hansı bir anda "təbiətin harayı eşidilir və bu mücərrəd aləmə fizika girir". Fizikada nöqtələrin rolunu, ölçülərini nəzərdən atmaq və sıfır hesab etmək mümkün olan cisimlər yerinə yetirir. Nöqtələrin rolunu yerinə yetirən real obyektlər fərqləndirilə biləndir ki, bu da problemi aradan qaldırır. İndi ayrı-ayrı nöqtələrdən fəzanın qlobal təsvirinə necə keçək? Müasir fizikada koordinat sistemi haqqında danışmaq hüququna malik olmaq üçün, həmin koordinatların daxil edilməsi üsulunu vermək lazımdır. Burada mühüm məqam: bu üsul fiziki olaraq yerinə yetirilən olmalıdır. Əgər bu tələbi nəzərə almasaq, onda tamamilə mənasız nəticələrə gəlib çıxmaq olar. Klassik fizikada ən sadə yolla getmək olar: hər hansı bir bərk cisim hesablama cismi, bu cismin hər hansı çox kiçik bir hissəsi – 0 (sıfır) hesablama başlanğıcı elan edilir. Başqa bir bərk cismin – miqyas xətkeşinin (sadəcə desək, xətkeşin) köməyilə koordinat başlanğıcından üç qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətdə müxtəlif məsafələri ölçürük və sonra çubuğun bu və ya digər bölgüsünün durduğu hər bir yerə qarşı müəyyən üç ədədi – x, y, z koordinatlarını qoyuruq.

Təsəvvür edək ki, miqyas çubuğunun müxtəlif vəziyyətləri hesablama cismi ilə sərt bağlı olan üçölçülü bərk tor əmələ gətirir. Bu tora *koordinat sistemi* deyilir. Əgər çubuğun vəziyyətləri kifayət qədər yaxındırsa, onda limitdə tor müəyyən mühit olur. Bu torun düyünlərini mühitin nöqtələri hesab etmək olar. Fəzanın bu və ya digər nöqtələri haqqında danışanda məhz həmin xəyali mühitin belə nöqtələri nəzərdə tutulur.

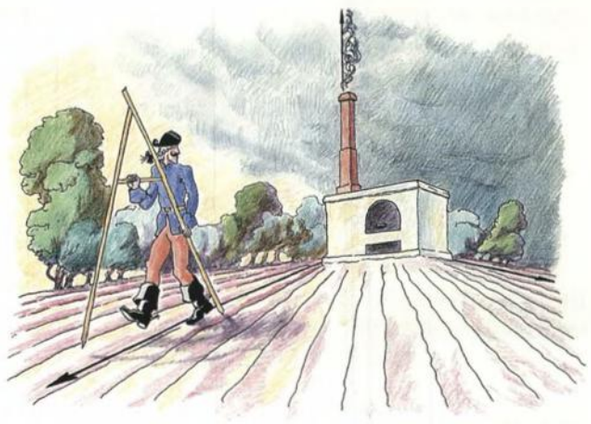
"Fəza nöqtəsi nədir? Hamı elə fikirləşir ki, bunu bilir, ancaq bu yalnız illüziyadır".

Jül Anri Puankare.

İstənilən cismin fəzada vəziyyətinin təyini bərk mühitin bu cismin olduğu nöqtələrinin göstərilməsinə gətirilir. Koordinat sisteminin qurulmasının bu cür üsulunun şərti olduğunu qeyd edək: aydındır ki, hər hansı bir cismin bərk mühitin içindən keçən hərəkətindən danışmaq olmaz.

Bütün uzunluqlar (məsafələr) hesablama cismindən başlayaraq ölçülür və ona görə də eyni bir zərrəciyin müxtəlif hesablama cisimlərinə nəzərən koordinatları müxtəlif olacaqdır. Belə halda zərrəciyin vəziyyəti bir-birindən fərqlənən x, y, z ədədlər toplusu ilə xarakterizə olunur. Hər biri ilə koordinat sistemi bağlamaq mümkün olan hesablama cisimlərinin sayı sonsuz böyük ola bilər. Deməli, zərrəciyin vəziyyətini təsvir etmək üsullarının sayı da sonsuz böyükdür.

Ona görə də "verilmiş cisim harada yerləşir?" – sualının sonsuz sayda müxtəlif cavabı var. Bu cavablardan hər biri doğrudur və onlardan hər biri hər hansı hesablama cisminə aiddir. Bu sualı verməyin o zaman mənası olur ki, koordinat sistemi əvvəlcədən təsvir edilsin. Cismin "əslində" olduğu "həqiqi yeri" bilməyə cəhd etmək mənasızdır. Onu eksperimental təyin etmək mümkün deyil. Biz ancaq real cisimləri müşahidə edə bilərik və fəzada istənilən vəziyyət ancaq onlara nəzərən verilir. Hesablama cismini göstərmədən cismin harada olduğu haqqındakı sualın istənilən cavabı mənasız olacaq. Ağacla bağlı yuxarıda verilmiş misal bunu təsdiq edir.



HƏRƏKƏT

Fikrən bu və ya digər hesablama cismilə koordinat sistemini (və ya xəyali bərk mühit) bağlasaq, onda biz real aləmdə baş verən prosesləri müşahidə etmək, öyrənmək və təsvir etmək üçün bir növ arena (meydan) yaratmış oluruq.

Cismin vəziyyətini yalnız başqa cismə nəzərən təyin etməyin mənası var. Buna oxşar olaraq, vəziyyətin dəyişməsini və ya hərəkətini də yalnız digər cisimlərə nəzərən təyin edə bilərik. Hələ Dekart yazmışdı ki, hərəkət "materiyanın bir hissəsinin və ya bir cismin ona bilavasitə toxunan və bizim sükunətdə hesab etdiyimiz cisimlərin qonşuluğundan başqa cisimlərin qonşuluğuna yerdəyişməsidir". Nyutonun mütləq fəzasını hər hansı müşahidə olunmaz, lüzumsuz mahiyyət kimi rədd edən Eynşteyn təklif etdi: Anlaşılmayan "fəza" sözünü bir kənara qoyaq və etiraf edək ki, bu söz altında biz heç bir müəyyən şeyi nəzərdə tutmuruq; onun əvəzində biz "praktiki bərk hesablama cisminə nəzərən hərəkətə baxaq".

Beləliklə, müasir anlamaya görə cismin *mexaniki hərəkəti* – bu cismin vəziyyətinin, hesablama cismi kimi seçilmiş bərk cismə nəzərən dəyişmə prosesidir.

Fizikada hərəkət belə təyin olunur. Geniş mənada bu söz təbiətdəki

və cəmiyyətdəki istənilən dəyişmələri bildirir. Aristotel hərəkət dedikdə təbiətdəki dəyişmələri nəzərdə tuturdu: "Hər cür əşya müəyyən növ hərəkət qabiliyyətinə uyğun hərəkət etməlidir; məsələn, keyfiyyət dəyişməsinə qadir olan keyfiyyətcə dəyişməlidir, yerini dəyişməyə qadir olan yerdəyişmə etməlidir...". Yerini dəyişmə sonralar yerli, daha sonra isə mexaniki hərəkət adlandırıldı.

Qalan hərəkət formalarını – bioloji (canlı orqanizmlərin təkamülü), sosial (cəmiyyətin inkişafı) və s. hərəkət formalarını – fizika yox, başqa elmlər öyrənir. Bu fəsildə biz yalnız mexaniki hərəkətə baxacağıq.

Artıq aydınlaşdırdığımız kimi, mexaniki hərəkət nisbidir və deməli, eyni bir obyektin müxtəlif cisimlərə nəzərən hərəkəti müxtəlif cür görünəcəkdir. Məsələn, maşın piyadaya nəzərən yeyin, onu ötən digər maşının sürücüsünə nəzərən isə yavaş hərəkət edir. Hesablama cismini dəyişdikdə, əgər biz hərəkətini öyrəndiyimiz cismi hesablama cismi olaraq götürsək, onda hərəkət sükunətlə əvəz oluna bilər. Məsələn, qatarda oturan adam platformaya nəzərən hərəkət edir, lakin özünə və həmçinin qatarın vaqonuna nəzərən hərəkət etmir, sükunətdə qalır. Maraqlıdır ki, hesablama cismini dəyişəndə hərəkət zamanı cismin keçdiyi xətt (*trayektoriya*) da dəyişir: platformaya nəzərən hərəkət edən qatarda cisim platformadan şaquli aşağı düşən əşya kimi görünəcəkdir.

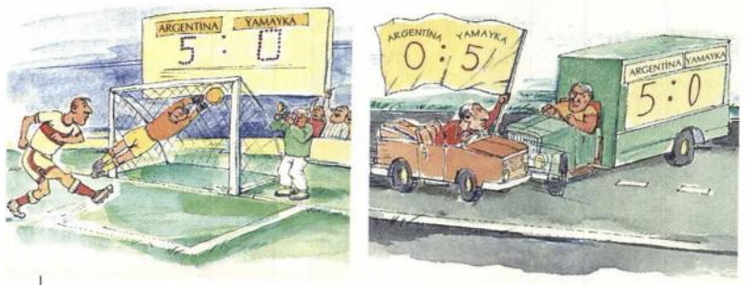
İNVARİANTLAR

Mexaniki hərəkətin nisbi olmasına baxmayaraq, ona mütləq xarakteristikalar da xasdır: iki cismin nisbi hərəkəti faktı və onun xarakteri hesablama cisminin seçilməsindən asılı deyil. Əgər 1 və 2 cisimləri arasındakı məsafə Qalaktikanın mərkəzinə nəzərən artırsa (yəni cisimlər bir-birindən uzaqlaşırsa), onda onlar Günəşə, Yerə, Yer səthində gedən avtomobilə nəzərən də bir-birindən uzaqlaşacaqdır. Başqa sözlə, elə hesablama sistemi tapmaq olmaz ki, ona nəzərən 1 və 2 cisimləri arasındakı məsafə azalmış olsun. Yaxınlaşma üçün, yəni zaman keçdikcə məsafənin azalması üçün də bu doğrudur.



Bu, təəccüblü də deyil. Əgər mexaniki hərəkət yalnız nisbi xassələrə malik olsaydı, onda çətin ki, onu real hərəkət adlandırmaq olardı: belə hərəkət mütləq nəticələrə, yəni müşahidəçinin nöqteyi-nəzərindən asılı olmayan nəticələrə gətirib çıxarmağa qadir deyil. Biz hərəkətin buna bənzər mütləq nəticələrini *hadisələr* adlandırırıq; hadisələrin mövcud olması bizim dünyanın mühüm xassəsidir. Məsələn, top qapıdan keçirsə, onda qolun olması faktı müşahidəçidən asılı deyil. Əks halda, sadəcə, başqa hesablama sistemini seçməklə oyunun nəticələrini dəyişmək olardı. Hər hansı başqa planetdən müşahidə edərkən Yerin tarixçəsi də tamam başqa olardı: həmin planetə nəzərən dinozavrların tələfatına səbəb olan meteorit Yerə düşməyib.

Beləliklə, hadisələr koordinat sisteminin seçilməsindən asılı deyil (bu seçimə nəzərən invariantdır). Bu cür



sırf keyfiyyət invariantlarından başqa miqdari invariantlar da vardır. Məsələn, cismin yükü və kütləsi koordinat sisteminin seçilməsindən asılı deyil. Klassik fizikada zaman intervalı və parçanın uzunluğu invariantdır; nisbilik nəzəriyyəsində zamanın və məsafənin kombinasiyası olan daha ümumi kəmiyyət (o, *interval* adlanır) invariantdır.

SAATLARIN SİNXRONLAŞDIRILMASI

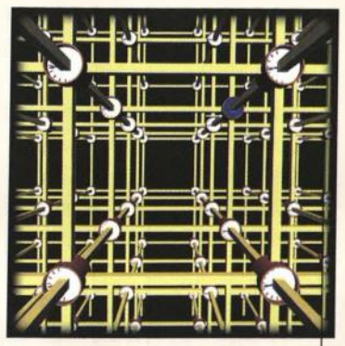
Hesablama sisteminin müxtəlif yerlərində olan saatlar müxtəlif vaxtları göstərə bilər. Bütün sistem üçün vaxtın eyni olmasından ötrü saatları balanslaşdırmaq və sinxronlaşdırmaq lazımdır. Xüsusi nisbilik nəzəriyyəsini yaratmaqla, bu proseslərin nə qədər fundamental rol oynadıqlarını Eynşteyn göstərdi.

Saatları balanslaşdırmaq (yəni onların gedişlərini və ya rəqslərin periodunu eyniləşdirmək, onların eyni cür işləməsini təmin etmək) üçün onları bir yerə toplamaq və gedişlərini elə tənzimləmək lazımdır ki, onlar eyni cür işləsin. Sonra saatlar söndürülür və onlar üçün nəzərdə tutulan yerlərə aparılır.

Sonra sinxronlaşdırmanı həyata keçirmək lazımdır, yəni onları elə işə salmaq lazımdır ki, zamanın hesablama başlanğıcı onların hamısında eyni olsun. Bunu balanslaşdırmadan dərhal sonra, bütün saatlar bir yerdə olanda etmək daha sadə olardı. Lakin əgər saatların gedişi onların hərəkətindən asılıdırsa (bu cür vəziyyət nisbilik nəzəriyyəsində mövcuddur), onda hər saatı öz yerinə aparan zaman sinxronlaşdırma pozulacaqdır. Necə etməli?

Sinxronlaşdırmanı aparmağın iki üsulu var. Ümumiyyətlə desək, onlar müxtəlif nəticələr verə bilər, lakin klassik mexanikada və xüsusi nisbilik nəzəriyyəsində onlar ekvivalentdir. Birinci variant, saatları bütün nöqtələrə sonsuz yavaş aparmaqdan ibarətdir.

İkinci üsulda sinxronlaşdırma üçün hər hansı bir siqnal lazım olacaqdır. Qeyd edək ki, belə siqnalın sürəti bütün istiqamətlərdə eyni olmalıdır. Başqa sözlə, əgər məsafələr $|OA| = |OB|$ isə, onda siqnalın koordinat başlanğıcından A və B nöqtələrinə qədər və geriyə yayılma vaxtı eyni olmalıdır. Deməli, sinxronlaşdırma üçün səs siqnalı yaramır, çünki onun sürəti küləyin istiqamətindən asılıdır. Bu məqsəd üçün ən yararlısı elektromaqnit şüalanmasıdır (məsələn, radiodalğalar və ya görünən işıq).



Tutaq ki, saatlar artıq balanslaşdırılmış və öz yerlərinə aparılmışdır. Siqnal koordinat başlanğıcından yayılır. Siqnalın saata çatıb, geriyə qayıtması üçün sərf olunan τ vaxtını ölçək (qeyd edək ki, siqnal saatdan dərhal, heç bir ləngimə olmadan qayıtmalıdır). Əlbəttə ki, saatların olduğu hər bir nöqtə üçün τ-nun öz qiyməti var. Bu vaxtı ölçmək üçün koordinat başlanğıcında yerləşən bir saat lazımdır. Həmin saatda t_0 vaxtını qoyuruq və eyni zamanda qalan saatlara siqnallar göndəririk. Siqnalın gəldiyi anda hər bir saatda $t = t_0 + \tau/2$ vaxtını qoyuruq, burada τ məhz verilmiş nöqtə üçün ölçülmüş qiymətə malikdir. Sinxronlaşdırma başa çatdı.

Eyni bir hesablama sistemində yerləşən saatların sinxronlaşdırılması belə aparılır. Bəs bir-birinə nəzərən hərəkət edən hesablama sistemlərində olan saatlarla necə edək? Klassik mexanikada bu cür saatları sinxronlaşdırmaq olar, relyativistik mexanikada isə daha yox. Lakin hadisələri müxtəlif hesablama sistemlərində öyrənməyin mənası olduğundan, istənilən halda bir-birinə nəzərən hərəkət edən saatların göstərişlərini uzlaşdırmağı bacarmaq lazımdır. Saatları əvvəlcə sistemlərdən birində sinxronlaşdırıb, sonra o biri sistemə aparmaq olarmı? Yox, çünki saatları onların sükunətdə olduqları hesablama sistemindən digərinə, onların sükunətdə olacaqları hesablama sisteminə ötürəndə, saatlar labüd olaraq təcilə məruz qalacaq ki, bu da onların göstərişlərini dəyişə və sinxronlaşmanı poza bilər. Lakin sinxronlaşmanı başqa cür aparmaq olar.

Tutaq ki, iki müxtəlif S və S' hesablama sistemləri bir-birinə nəzərən hərəkət edir. S sisteminin hər hansı bir saatı S' sisteminin saatı ilə bərabərləşən (onun yanından keçən) anda onlarda eyni vaxtı qoyaq. Bundan sonra hər bir sistemdə həmin saatla qalan saatları sinxronlaşdırırıq. Bunu yuxarıda göstərilən üsulla etmək olar.

HESABLAMA SİSTEMİ: ZAMANI NƏZƏRƏ ALIRIQ

Dünyanın mənzərəsini zaman anlayışı ilə tamamlamasaq, hərəkəti təsvir etmək qeyri-mümkündür. Zamansız dünyanın mənzərəsi donmuş kimi olacaqdır. Zamanı ölçmək üçün uyğun cihaz – saat olmalıdır. İstənilən cisimlər sistemi *saat* ola bilər, bu şərtlə ki, təkrarlanan proses icra edilsin və həmin bu proses dəfələrlə təkrarlanmalı olsun. Ən qədim "saat" – fırlanan Yerdir. Mexaniki saatların konstruksiyasında (quruluşunda) rəqqasın və yaya bağlanmış yükün rəqslərindən istifadə olunur. Ən dəqiq saatlar kristal qəfəsin atom və ya molekullarının rəqslərinə əsaslanmış saatlardır. 1967-ci ildə onların köməyilə saniyənin standartı müəyyən edilmişdir.

Saatların gedişi mütləq müntəzəm olmalıdır, ona görə də yalnız periodik prosesdən, yəni bərabər zaman fasilələrindən bir dəqiq təkrarlanan prosesdən istifadə etmək olar. Lakin saatların periodikliyini yalnız müntəzəm işləyən saatların köməyilə təyin etmək (təkrarlanmalar arasındakı zaman fasilələrini öz aralarında müqayisə etmək) olar. Beləliklə, biz çıxılmaz vəziyyətə düşmüş oluruq. Bu vəziyyətdən çıxmaq üçün biz hansı isə saatı müntəzəm işləyən saat olaraq qəbul etməli və qalan saatları onunla tutuşdurmalıyıq.

Etalon saatlar, birincisi, çox dəqiq olmalıdır; ikincisi, yüksək dərəcədə təkrarlana bilən olmalıdır. Bu o deməkdir ki, əgər biz çoxlu sayda bu cür saatlar düzəltsək, onda onlar maksimal dəqiqliklə eyni cür işləməlidir. Ən yüksək dəqiqlik atom saatlarındadır. Hazırda onları etalon kimi götürürlər. Onlardan sonra kvars saatları (bu saatlardan məişətdə geniş istifadə olunur), rəqqaslı saatlar və nəhayət, qum saatları gəlir.

Saatları daxil etməklə biz, fiziki aləmdə gedən prosesləri təsvir etmək üçün alətin qurulmasını tam başa çatdırmış oluruq. Əvvəllər koordinat sistemi daxil edilmişdi. Onun hər bir nöqtəsində saatları yerləşdirməklə, biz prosesləri müşahidə etmək üçün tam hazır olan "arena", "meydan" – hesablama sistemi almış oluruq.

Hesablama sistemi – bu, hesablama cismindən, onunla bağlı koordinat sistemindən və tərpənməz saatlardan ibarət külliyyatdır.

Əlbəttə, bütün fəzada sonsuz sayda saatları yerləşdirmək mümkün deyil (bu, həm də koordinat sistemini quranda, miqyas xətkeşinin sonsuz sayda vəziyyəti almağa da aiddir). Lakin bu heç lazım da deyil: saatlar yalnız bizi maraqlandıran hadisələrin baş verdiyi yerlərdə lazımdır.

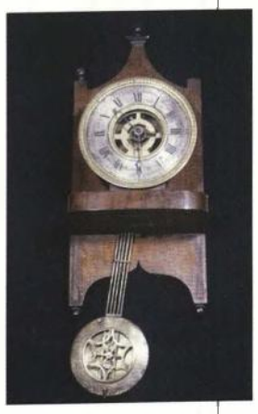


Qum saatı.

MATERİYA

Beləliklə, biz bütün hərəkətlərin və hadisələrin baş verəcəyi arenanı (hesablama sistemini) qurduq. İndi aktyorlara – maddi aləmin obyektlərinə diqqətlə baxmağın vaxtı çatmışdır. Mənzərə çox qarışıq və mürəkkəbdir.

Cisimlər mürəkkəb atomar və molekulyar quruluşa malikdir; onların mexaniki, istilik, elektrik, optik və s. kimi çoxlu sayda xassələri var. Bütün bu xarakteristikaları dəqiq nəzərə almaq prinsipial olaraq mümkün deyil və deməli, heç bir prosesi hesablamaq mümkün deyil. Bundan başqa bugünkü gündə materiyanın heç də bütün xassələri və heç də bütün fizika qanunları aşkar olunmayıb, həm də alimlər bu müxtəlifliyin nə vaxtsa sona qədər tədqiq olunacağına şübhə edirlər. Əgər ətraf aləm bu qədər mürəkkəb quruluşa malikdirsə, bəs onu necə öyrənək?



Rəqqaslı saat.

Riçard Fillips Feynman (1918-1988) – Amerika nəzəriyyəçi fiziki, kvant elektrodinamikasının banilərindən biridir.

Amerika fiziki Riçard Feynman demişdir: "Siz təbiətdə heç bir sadə şey tapmazsınız, təbiətdə hər şey dolaşıq və bitişikdir. Lakin bizim hər şeyi bilmək marağımız bunların içində sadəliyi tapmağı tələb edir". Ətraf aləmi öyrənmək mümkün olsun deyə, bütün cürbəcür xassələrilə birlikdə real obyektlərə yox, onların sadələşdirilmiş modellərinə baxmaq lazımdır. Fizikada *modellər* elə ideallaşdırılmış obyektlərə deyirlər ki, onlarda verilmiş məsələ üçün real cisimlərin mühüm olmayan detallarını və xassələrini nəzərdən atıb, yalnız əsas, müəyyənedici xassələrini saxlayırlar. Tərifdən görünür ki, eyni bir cisim, məsələdən asılı olaraq, müxtəlif modellərlə təsvir oluna bilər.

Mexanikada ən sadə və əsas modellər maddi nöqtə və mütləq bərk cisimdir.

Maddi nöqtə sıfır ölçülü, lakin kütləyə malik olan mücərrəd cismə deyilir. Cismin ölçüləri verilmiş məsələ üçün xarakterik olan məsafələrdən çox kiçik olduqda bu cür modeldən istifadə etmək olar. Nöqtənin fırlanmasından danışmağın mənası olmadığına görə, cisim fırlanmamalıdır, ya da verilmiş məsələ üçün onun fırlanması əhəmiyyət kəsb etməməlidir. Məsələn, planetin Günəş ətrafında hərəkətini təsvir edərkən onu maddi nöqtə hesab etmək olar: istənilən planetin radiusu Günəşə qədər olan məsafədən çox kiçikdir, öz oxu ətrafında fırlanması isə orbit üzrə hərəkətində özünü göstərmir. Aydındır ki, planetin öz oxu ətrafında gündəlik fırlanmasına baxdıqda, onu maddi nöqtə hesab etmək olmaz. Gülləni maddi nöqtə hesab etmək olmaz, çünki fırlanma hərəkəti onun hava mühitində uçuşuna əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. (Paradoksal da olsa, gülləyə nəzərən çox iri olan top mərmisini böyük əsasla maddi nöqtə hesab etmək olar.)

Fizikada "maddi nöqtə" termini ilə yanaşı, "hissəcik" termini də istifadə olunur. Klassik fizikada bunlar sinonimlər olsa da, mikroaləm fizikasında ancaq zərrəcikdən danışılır; həm də təsvir olunan xarakteristikaların həcminə görə bu anlayış mexanikadakından xeyli zəngindir.

Bəzi məsələlərdə, hətta əgər fırlanma olmadıqda belə, cismin ölçülərini nəzərdən atmaq olmaz. Belə vəziyyət çox vaxt cisimlərin tarazlığını öyrənərkən yaranır. Bu halda cismi maddi nöqtələr çoxluğu kimi təsəvvür edirlər. Əgər məsələnin şərti deformasiyaları nəzərdən atmağa imkan verirsə, onda cismi, aralarındakı məsafələr dəyişməyən maddi nöqtələr sistemi hesab edirlər. Belə model *mütləq bərk cisim* adlanır.

Əgər deformasiyaları nəzərdən atmaq olmazsa, lakin onları elastiki (yəni xarici təsirlər kəsildikdən sonra yox olan) hesab etmək mümkün olarsa, onda belə model *ideal elastik cisim* adlanır. Belə modeldə plastiki deformasiyaları, yəni xarici qüvvələrin təsiri kəsildikdən sonra da qalan deformasiyaları nəzərə almırlar.

HƏRƏKƏT QANUNU

Alman şairi İohann Volfqanq Getenin yazdığı kimi, təbiət "gözəl mənzərə yaradır, özü onu görürmü, biz bilmirik, ancaq təbiət onu bizim üçün yaradır, biz, nəzərə çarpmayanlar, küncdənbucaqdan baxırıq..." Lakin "nəzərə çarpmamaq", dəqiq desək, heç də həmişə müyəssər olmur. Hərəkəti öyrənmək üçün məsafələri və zaman intervallarını ölçən aparatlar lazımdır, bu aparatlar isə öyrənilən əşyaya təsir göstərə bilər. Lakin bu təsir mexanikada, məsələn, elementar zərrəciklər fizikasındakı kimi elə də böyük deyil. Makroaləmi öyrənən klassik fizikada hesab olunur ki, bu təsiri istənilən qədər kiçik etmək olar. Deməli, tədqiqatlar zamanı onu nəzərdən atmağa bizim tam əsasımız var.

Bu halda eksperimental olaraq cismin (maddi nöqtənin) müxtəlif koordinatlarının $x(t)$, $y(t)$ və $z(t)$ zamandan asılılıqlarını müəyyən edə bilərik:

bunun üçün koordinatları müxtəlif zaman anlarında ölçmək lazımdır. Əgər bu asılılıqlar məlumdursa, onda hesab olunur ki, *cismin hərəkət qanunu* verilmişdir. Hərəkət qanunu hissəciyin koordinatları vasitəsilə yazılan zaman belə yazı üsulu *koordinat üsulu* adlanır.

Hərəkət qanununu qısa da yazmaq olar. Bunun üçün başlanğıcı, koordinat başlanğıcı, sonu isə cismin olduğu nöqtə olan $\vec{r}$ vektorunu çəkmək lazımdır. Bu vektor hər bir zaman anında cismin vəziyyətini xarakterizə edir və *radius-vektor* adlanır. Radius-vektorun istiqaməti hərəkət edən cismə tərəf istiqamətlə üst-üstə düşür, onun uzunluğu isə cismə qədər olan məsafəyə bərabərdir. Radiolokasiyada obyektlərin vəziyyətini oxşar qayda ilə xarakterizə edirlər.

Radius-vektorun proyeksiyaları cismin koordinatları ilə üst-üstə düşür. Bunun sayəsində hərəkət qanununu üç yox, bir funksiya şəklində yazmaq olar:

$$\vec{r} = \vec{r}(t).$$

Hərəkət qanununun bu şəkildə yazılışına *vektorial* formada yazılış deyilir.

Praktikada hər iki yazılış qaydasından istifadə olunur. Məsələn, hərəkətin ümumi qanunauyğunluqlarını isbat etmək üçün çox vaxt vektorial formada, ayrıca cismin hərəkətini hesablamaq üçün isə koordinat formada yazılışdan istifadə edirlər.

TRAYEKTORİYA, YOL, YERDƏYİŞMƏ

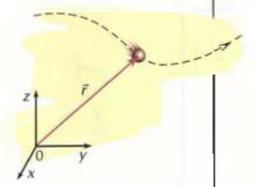
Maddi nöqtənin öz hərəkəti zamanı cızdığı xəttə *trayektoriya* deyilir. *Yol* trayektoriyanın uzunluğudur.

Trayektoriya istənilən formaya malik ola bilər. O, ikiölçülü (müstəvi), məsələn, çevrə, parabola – və ya üçölçülü ola bilər. Onun haqqında bəzən hərəkət edən cismin (məsələn, kağız üzərində iz buraxan karandaşın ucunun və ya torpaq yolda gedən avtomobilin) öz arxasında buraxdığı izə görə fikir yürüdürlər.

Trayektoriyanı riyazi də təsvir etmək olar. Məsələn, əgər trayektoriya müstəvi trayektoriyadırsa, onda onun tənliyini $y = f(x)$ şəklində yazmaq olar, burada x və y – verilmiş hesablama sistemində cismin koordinatlarıdır.

Yadımıza salaq ki, maddi nöqtənin hərəkəti müxtəlif hesablama sistemlərində müxtəlif cür baş verir. Deməli, trayektoriya da hesablama sistemindən asılıdır.

Trayektoriya hərəkətin istiqaməti haqqında heç nə demir: eyni bir xətt üzrə müxtəlif üsullarla hərəkət etmək olar. Yol skalyar kəmiyyətdir və hərəkətin istiqamətini heç cür əks etdirmir. Hərəkətin istiqaməti haqqında informasiya verən daha bir vektorial kəmiyyət daxil edilir. Cismin *yerdəyişməsi* – bu, hissəciyin başlanğıc vəziyyətindən

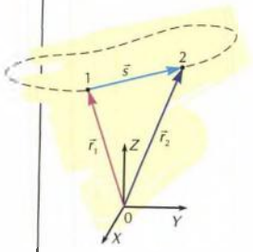


Hissəciyin vəziyyətini radius-vektorun köməyilə təyin etmək olar.



Radiolokasiya.





Yerdəyişmə trayektoriyanın başlanğıc və son nöqtələrini birləşdirir.

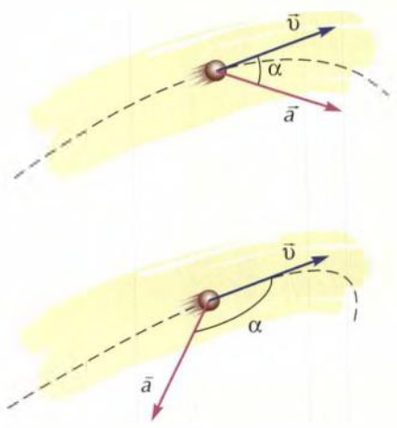
onun son vəziyyətinə doğru çəkilmiş $\vec{s}$ vektorudur. Vektorların toplanması qaydasına uyğun olaraq görmək olar ki, yerdəyişmə həmin nöqtələrin radius-vektorları fərqinə bərabərdir:

$$\vec{s} = \Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$

SÜRƏT VƏ TƏCİL

Məlumdur ki, sürət hərəkətin nə qədər tez baş verdiyini göstərir və metr bölünsün saniyələrlə, kilometr bölünsün saatlarla və s. ifadə olunur. Bu, "kilometr bölünsün saatlar" nə deməkdir? Məsələn, düşən daş yerə yaxınlaşdıqca daha tez-tez düşürsə, yəni daşın sürəti dəyişirsə, "düşən daşın sürəti 20 km/saat-a bərabərdir" ifadəsi nə deməkdir? Ümumiyyətlə, ixtiyari hərəkətin, məcburi deyil ki, bərabərsürətli və düzxətli olsun, sürət necə verilir?

Feynmanın mühazirələrində sürətin nə olduğunu izah etməyin bəzən necə çətin olduğu haqqında hadisəyə rast gəlmək olar. Polis maşını saxlayaraq, qaydanı pozan qadına izah edir ki, siz 90 km/saat sürətlə hərəkət etmisiniz, bu isə sürətin həddini aşmadır. Cavabında o bunu eşidir: "Bağışlayın, bu, mümkün deyil. Mən necə saatda doxsan kilometr qət edə bilərəm, axı mən cəmisi yeddi dəqiqədir ki, yol gedirəm!"



Təcil sürətə nəzərən müxtəlif bucaqlar altında yönələ bilər.

Əlbəttə, bunların hamısı çox məzəli səslənir, lakin bu, 90 km və bir saat nə deməkdir? XIV əsrdə yaşamış ingilis alimi Riçard Heytsberi bu suala ilk cavab verə bilənlərdən biri olmuşdur: "Dəyişən sürətli hərəkətdə istənilən verilmiş zaman anındakı sürət, nöqtənin qət etdiyi yolun qiyməti ilə təyin olunur, bu şərtlə ki, həmin andan başlayaraq, nöqtə müəyyən zaman müddəti ərzində verilmiş anda malik olduğu sürətlə bərabərsürətli hərəkət etmiş olsun". Əgər avtomobil hər hansı zaman anında 90 km/saat sürətilə hərəkət etmişdirsə, bu o deməkdir ki, əgər bu andan o, bərabərsürətli hərəkət etmiş olsaydı, onda bir saat ərzində 90 km qət etmiş olardı.

90 km/saat-ın nə olduğunu bu cür izah edən polis çətin vəziyyətə düşür: hələ baş verməyən bir şeyə görə cərimələmək mümkün deyil. Qaydanı pozan qadın belə cavab vermişdi: "Bəli, axı mən maşını tormozlayıb saxladım və mən heç cür bir saat ərzində 90 km yol gedə bilməzdim".

Cismin müəyyən zaman anındakı sürəti nədir axı? Ani sürəti necə təyin etmək olar, əgər bu anın özü sonsuz qısadırsa? Müasir fizikada sürət anlayışı aşağıdakı kimi təyin olunur.

Bizə lazım olan zaman anını özündə saxlayan Δt zaman intervalında cismin hərəkətinə baxaq. Bu müddət ərzində cismin yerdəyişməsi $\Delta\vec{r}$-ə bərabərdir. Δt-ni kiçiltməyə başlayaq. Onda $\Delta\vec{r}$-də kiçiləcək və $\Delta\vec{r}/\Delta t$ ifadəsinin qiyməti də dəyişəcəkdir (tərifə görə, bu nisbət trayektoriyanın öyrənilən hissəsindəki orta sürətdir). Əgər hissəciyin hərəkəti kəsilməzdirsə (adətən belə də olur), onda $\Delta\vec{r}/\Delta t$ nisbətinin limiti var və $\Delta t \to 0$ şərtində bu nisbət həmin limitə yaxınlaşır. Məhz bu

limitin qiyməti t zaman anındakı *ani sürət* adlanır.

Riyaziyyatda nisbətin bu cür limiti törəmə adlanır. Deməli, ani sürətin təyinini aşağıdakı düstur şəklində yazmaq olar:

$$\vec{v} = \vec{r}',$$

burada $\vec{r}'$ – hissəciyin radius-vektorunun t zamana görə törəməsidir.

Bu ifadəni başqa cür də yazmaq olar: riyaziyyatda zamana görə törəmə yalnız ştrixin köməyilə deyil, həm də bilavasitə daha ümumi olan d/dt (belə oxunur: "de de te") simvolunun köməyilə də işarə olunur.

Onda

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Sürətin koordinat oxları üzrə proyeksiyaları koordinatların zamana görə törəmələri ilə təyin olunur:

$$v_x = \frac{dx}{dt},\ v_y = \frac{dy}{dt},\ v_z = \frac{dz}{dt}.$$

Sürət – vektorial kəmiyyətdir. Bu o deməkdir ki, sürət yalnız ədədi qiymətə yox, həm də istiqamətə malikdir. Ani sürət trayektoriyaya toxunan üzrə yönəlmişdir.

BS-də sürətin vahidi – metr bölünsün saniyədir (m/san). 1 m/san – bu, elə bərabərsürətli hərəkətin sürətidir ki, bu zaman cisim 1 san ərzində 1 m yol gedir. Maraqlıdır ki, bu vahid üçün xüsusi ad, "mesan" adı təklif olunmuşdu, lakin onu qəbul etmədilər.

$1\ \text{m} = 10^{-3}\text{km}$, $1\ \text{san} \approx 2{,}8 \cdot 10^{-4}$ saat olduğu üçün yaza bilərik:

$$1\frac{\text{m}}{\text{san}} = \frac{10^{-3}\text{km}}{2{,}8 \cdot 10^{-4}\ \text{saat}} = 3{,}6\frac{\text{km}}{\text{saat}}$$

və

$$1\frac{\text{km}}{\text{saat}} = \frac{10}{36}\frac{\text{m}}{\text{san}} = \frac{5}{18}\frac{\text{m}}{\text{san}}$$

Feynmanın hekayəsinə qayıdaq. Axırıncı ifadədən aydın olur ki, 90 km/saat sürətilə 25 m/san sürəti eynidir. Ona görə də, yol hərəkəti qaydalarını pozmaq üçün Feynmanın hekayəsinin qəhrəmanına 1 saat ərzində 90 km yol qət etmək lazım deyildi, 1 san ərzində 25 m getmək kifayət idi.

Sürətin qiyməti və istiqaməti zaman keçdikcə dəyişə bilər. Sürətin necə dəyişdiyini göstərən xarakteristika *təcil* adlanır. Bu kəmiyyət də vektorial kəmiyyətdir və sürətin zamana görə törəməsilə təyin olunur ($\Delta\vec{v}$ sürət dəyişməsinin, bu dəyişmənin baş verdiyi Δt zaman intervalına nisbətinin $\Delta t \to 0$ şərtindəki limiti):

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

və ya (koordinat oxları üzrə proyeksiyalarla)

$$a_x = \frac{dv_x}{dt},\ a_y = \frac{dv_y}{dt},\ a_z = \frac{dv_z}{dt}.$$

Əgər trayektoriya ikiölçülü müstəvi əyridirsə, onda təcil vektoru trayektoriya müstəvisində yerləşir. Trayektoriya düzxətli olduqda, təcil bu düz xətt boyunca yönəlir (məsələn, cisim yavaşıyan zaman təcil arxaya yönəlir). Əgər trayektoriya düz xətt deyilsə, onda təcil hər bir nöqtədə trayektoriyanın çökük olduğu tərəfə yönəlir (cismin, tutaq ki, soldan sağa və ya əksinə hərəkət etməsindən asılı olmayaraq). Cisim yavaşıyan zaman təcil həmişə sürət vektoru ilə korbucaq, yeyinləşən zaman isə itibucaq əmələ gətirir. Aralıq hal çox vacibdir: təcil sürətlə düzbucaq əmələ gətirir; cisim əyri üzrə bərabərsürətli hərəkət etdikdə bu hal baş verir. Belə görünə bilər ki, sürətin qiyməti dəyişmir, onda bəs təcil nə üçün sıfıra bərabər deyil? Lakin yadımıza salaq ki, sürət bir vektor kimi təkcə mütləq qiymətə yox,

istiqamətə də malikdir və sürətin istiqamətini dəyişmək sürətin özünü dəyişmək deməkdir. Baxılan halda təcil sürətin istiqamətinin dəyişməsini göstərir (və çevrənin mərkəzinə doğru yönəlir).

BS-də təcil vahidi metr bölünsün saniyə kvadratıdır (m/san^2). 1 m/san^2 – bu, elə təcildir ki, bu zaman düzxətli bərabərtəcilli hərəkət edən cismin sürəti hər saniyədə 1 m/san qədər dəyişir.

Bərabərtəcilli hərəkətin düsturlarını ilk dəfə Qalileo Qaliley çıxarmışdır, ona görə də SQS sistemində təcil vahidi – qal (Qal) onun şərəfinə adlanır, 1 Qal = 1 sm/san^2. Ancaq bu ad çox nadir işlənir.

Təcildən sonra, onun dəyişmə yeyinliyini xarakterizə edən və $d\bar{a}/dt$ törəməsinə bərabər olan $\bar{w}$ kəmiyyətini, daha sonra $d\bar{w}/dt$ törəməsinə bərabər olan növbəti kəmiyyəti daxil etmək olardı və s. Bunu sonsuzluğa qədər davam etdirmək mümkündür. Lakin dünya elə qurulmuşdur ki, bizə təcilin törəməsi, təcilin törəməsinin törəməsi və s. lazım deyil. Tənliklərə koordinatlar, sürətlər və təcillər daxil olur, daha yüksək tərtibli törəmələr isə lazım olmur. Yeganə məlum istisna –



elektrodinamikada radiasion sürtünmə adlanan kəmiyyətdir. Əgər yüklü zərrəcik yalnız sürətini yox, həm də təcilini dəyişərək hərəkət edirsə, onda o, öz məxsusi elektrik sahəsinə "sürtünür" və bunun nəticəsində elektromaqnit dalğaları şüalandırır. Belə şüalanmanın intensivliyi təcilin $\bar{w}$ dəyişmə yeyinliyi ilə təyin olunur.

HESABLAMA SİSTEMİNİN SEÇİLMƏSİ

Bildiyimiz kimi, hərəkət nisbidir. Bu o deməkdir ki, yuxarıda təsvir olunan xarakteristikalar – radius-vektor (koordinatlar), sürət və təcil – hesablama sistemindən asılıdır. Müxtəlif hesablama sistemlərindən müşahidə edərkən hərəkət müxtəlif cür görünür. Məsələn, əgər hesablama başlanğıcı kimi Günəşin mərkəzini seçsək, onda planetlərin hərəkəti nisbi sadə elliptik orbitlər üzrə baş verəcəkdir. Yerdən müşahidə edərkən, planetlər mürəkkəb, ilgəyəbənzər trayektoriyalar üzrə hərəkət edər. Başqa misal: Yer səthində duran əşya bu səthə nəzərən tərpənməz qalır. Lakin fırlanan karuseldə oturub müşahidə aparsaq, həmin əşyanın trayektoriyası mürəkkəb olacaqdır. Həm də birinci hesablama sistemində (yəni Yerə nəzərən) əşyanın hərəkətinin xarakteri, onun konkret harada yerləşməsindən asılı olmayacaqdır. İkinci hesablama sistemində (karusel) trayektoriyanın forması, sürət və təcil əşyanın fırlanma oxuna nəzərən necə yerləşməsindən asılı olacaqdır.

Beləliklə, eyni bir cismin hərəkəti müxtəlif hesablama sistemlərində müxtəlif cür görünəcəkdir. Harada isə o, son dərəcə sadə, harada isə təsvir etmək üçün çox əlverişsiz ola bilər. Elə hesablama sistemləri mövcuddur ki, qapalı cisimlər toplusunda gedən istənilən proses həmin sistemlərdə bu

Qapalı sistem – $r \to \infty$ şərtində baxılan cisimlər toplusudur, burada r – sistemi əhatə edən Kainat cisimlərinə qədər olan məsafədir.



◄ Fuko rəqqası. İsaak kilsəsi. Sankt-Peterburq. 1970-ci illər.

cisimlərin olduğu yerdən, onların fəzadakı yönəlmə istiqamətindən və prosesin başlandığı zaman anından asılı deyil. Belə demək qəbul edilmişdir ki, bu cür sistemlərdə fəza və zaman müəyyən simmetriyalara malikdir, daha konkret: fəza izotropdur (dönmə zamanı öz xarakteristikalarını dəyişmir), fəza və zaman bircinsdir (Δr və ya Δt qədər sürüşmə zamanı öz xarakteristikalarını dəyişmir). Nöter teoreminə uyğun olaraq, həmin sistemlərdə impulsun, impuls momentinin və enerjinin saxlanması qanunları ödənir. Ətalət qanunu da ödənir: cismə başqa cisimlər təsir etmirsə, o öz sürətini dəyişməz saxlayır (həm mütləq qiymətcə, həm də istiqamətcə). Ona görə də belə sistemlərə inersial hesablama sistemləri deyirlər.

Qeyd etmək vacibdir ki, ətalət hesablama sistemlərində təcrübələr müxtəlif zaman anlarında, fəzanın müxtəlif yerlərində və eksperimental qurğunun müxtəlif oriyentasiyası (istiqamətlənməsi) zamanı eyni nəticələr verir. Qeyri-inersial hesablama sistemlərində təcrübələrin nəticələri bir-birindən çox kəskin fərqlənə bilər.

Birinci misalda (planetlərin hərəkəti haqqındakı misalda) Günəşin mərkəzi ilə bağlı olan sistem, ikinci misalda (karusel) Yer səthi ilə bağlı olan sistem inersialdır. Lakin ciddi düşünən oxucuda belə bir sual yarana bilər: əgər iki hesablama sistemindən biri (Yer) digərinə nəzərən fırlanma hərəkəti edirsə (bundan başqa, öz oxu ətrafında fırlanırsa), onda onların hər ikisi necə inersial hesablama sistemi ola bilər?

İş ondadır ki, mütləq inersial sistem mövcud deyil. Bizdə olan sistemləri yalnız təxminən inersial hesab etmək olar. Yerlə bağlı hesablama sistemi geniş sinif məsələləri üçün (o cümlədən, gündəlik müşahidələrimiz üçün) tərifə yaxşı uyğun gəlir.

Lakin bu həmişə doğru deyil: Yer fırlanır. Hamıya məlumdur ki, Şimal yarımkürəsində çayların sağ (Cənub yarımkürəsində sol) sahilləri yuyulmuşdur. Bu onu göstərir ki, Yer səthilə bağlı olan hesablama sistemində müxtəlif istiqamətlər bərabərhüquqlu deyildir. Yerin fırlanması atmosferdə nəhəng burulğanlar – tsiklonlar yaradır. Şimal yarımkürəsində onlar saat əqrəbinin əksinə (yuxarıdan baxanda), Cənub yarımkürəsində isə saat əqrəbi istiqamətində burulur. Simmetriyanın pozulmasını Yerin fırlanması doğurur. Okean axınlarını izah edərkən də Yerin fırlanmasını nəzərə almaq lazım gəlir.

Yerlə bağlı sistemin inersiallıqdan meylini Fuko rəqqası adlanan rəqqasın köməyilə də aşkar etmək olar. Bu, çox uzun asqısı və ağır yükü olan rəqqasdır.

Fuko rəqqasının rəqslərinin müstəvisi yavaş-yavaş dönür, həm də dönmə sürəti en dairəsindən asılıdır. Dönmə sürəti ekvatorda sıfıra bərabərdir, qütblərdə isə maksimaldır. Tutaq ki, Yerin öz oxu ətrafında fırlanma periodu T-yə, coğrafi en dairəsi isə φ-yə bərabər-

dir. Onda rəqqasın rəqs müstəvisinin fırlanma periodu τ aşağıdakı ifadəyə bərabər olacaqdır:

$$\tau = \frac{T}{\sin\varphi}.$$

Bu effekt kiçik rəqqasların hərəkətində də özünü göstərir, ancaq həmin effekt o qədər zəifdir ki, onu praktiki olaraq aşkar etmək mümkün deyildir. Rəqqasın asqısı uzun olduqca, o, bir o qədər çox özünü büruzə verir. İlk Fuko rəqqasının uzunluğu 67 m olmuşdur. Sankt-Peterburqdakı İsaak kilsəsində asqısının uzunluğu 98 m olan rəqqas nümayiş etdirilmişdir.



Əgər Yer fırlanmasaydı, belə effekt də olmazdı. Fuko rəqqasından Yerin gündəlik fırlanmasını və onunla bağlı olan hesablama sisteminin qeyri-inersiallığını təcrübi olaraq nümayiş etdirmək üçün istifadə olunur.

Hesablama başlanğıcı Günəşin mərkəzində yerləşən, koordinat xətləri uzaqda olan tək ulduzlara tərəf yönəldilmiş sistem daha inersialdır. Göy mexanikası məsələlərini həll edərkən bu sistemdən istifadə edirlər, lakin onun da öz nöqsanları vardır. Hazırda dayaq (istinad) "ulduzlar" rolunu uzaqlaşmış qalaktikaların mərkəzləri oynayan sistem etalon sayılır. Əlbəttə o, mütləq inersial deyil, lakin onun inersiallıqdan fərqlənməsini müasir cihazların köməyilə aşkara çıxarmaq mümkün olmur.

NİSBİLİK PRİNSİPİ

Fəza köçürülməsinə, dönməyə və zamanın sürüşməsinə nəzərən, simmetriya ilə yanaşı təbiətin qanunları daha bir simmetriyaya malikdir. Doğrudan da, aşağıdakı vəziyyəti təsəvvür edək: müşahidəçi Yerə nəzərən sükunətdə olan birinci qatardadır. O, pəncərədən yalnız onunla üzbəüz duran ikinci qatarı görür, lakin ağacları, platformanı və s. isə görmür. Əgər birinci qatar çox kiçik, müşahidəçi üçün gözə çarpmayan, hiss olunmayan bir təcillə hərəkətə başlayarsa, onda müşahidəçi Yerə nəzərən tərpənməz olan yerdəki oriyentirləri görməsə, öz qatarının, yoxsa digər, pəncərədən görünən qatarın hərəkət etdiyini müəyyən edə bilməz.

QALİLEYƏ GÖRƏ NİSBİLİK

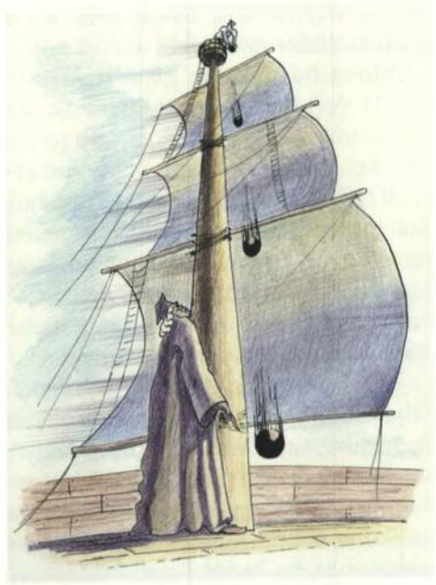
Qalileo Qaliley hərəkətin nisbiliyinə dair yeni ideyanı belə əsaslandırmışdı: "Dostlarınızdan biri ilə hər hansı gəminin göyərtəsi altında geniş bir otağa çəkilin və özünüzlə milçəklər, kəpənəklər və başqa uçağan kiçik həşəratlar götürün. Qoy orada həmçinin içində su olan böyük qabınız və suda üzən kiçik balıqlarınız olsun. Yuxarıdan vedrəcik asın, onun altında aşağıda darboğazlı qab yerləşdirin. Vedrədən su damcı-damcı qaba tökülsün. Nə qədər ki, gəmi sükunətdədir, uçağan heyvanların otağın bütün tərəflərinə eyni bir sürətlə hərəkət etdiklərini səylə müşahidə edin; balıqlar, görəcəksiniz, bütün istiqamətlərdə fərqinə varmadan üzəcəkdir; bütün damcılar altda qoyulmuş qaba düşəcək və siz hər hansı əşyanı atarkən, əgər məsafələr eyni olarsa, onda sizə onu bir tərəfə, başqa tərəfə nisbətən böyük qüvvə ilə atmaq lazım gəlməyəcək... Gəmi nə qədər ki tərpənməz dayanıb, hər şeyin məhz bu cür baş verəcəyinə bizdə heç bir şübhə yaranmadığına baxmayaraq, bütün bunları izləyin. İndi gəmini istənilən sürətlə hərəkət etdirin, onda (əgər hərəkət bərabərsürətli olacaqsa və bu və ya digər tərəfə yırğalanma olmayacaqsa) bütün adları çəkilən hadisələrdə zərrə qədər dəyişiklik müşahidə etməyəcəksiniz və bu hadisələrdən heç birinə görə gəminin hərəkət etdiyini və ya tərpənməz olduğunu müəyyən edə bilməzsiniz".

Nisbilik prinsipini ilk kəşf etmiş Qalileo Qaliley fəza və hərəkətə dair o dövrdə hakim olan Aristotel baxışlarına qarşı mübarizə aparmalı olmuşdu. Xüsusən hamı əmin idi ki, dor ağacından şaquli aşağı atılmış daş, gəminin sürəti böyük olduqca, dor ağacının dibindən daha uzağa düşəcəkdir. Qaliley isə o zamanlar üçün paradoksal olan fikir söyləmişdi: "Gəmi tərpənməzdirmi, ixtiyari sürətlə hərəkət edirmi, bundan asılı olmadan, daş həmişə gəminin eyni bir yerinə düşəcəkdir".

Doqquz ildən sonra həlledici eksperiment aparıldı. 1641-ci ildə fransız fiziki Pyer Qassendi qalerada (çoxavarlı gəmidə) olarkən, gəminin müxtəlif sürətlərində daşı dor ağacından bir neçə dəfə aşağı atdı. Gəminin istənilən sürətində, hətta bu gəmi üçün maksimal olan sürətdə, "daş bütün hallarda yenə də dor ağacı boyunca onun dibinə və həm də eyni tərəfinə düşürdü". Bunun çoxlu şahidləri var idi. Qalileyin baxışlarının doğruluğuna dair şübhələr dağıldı.

Beləliklə, eyni cür qoyulmuş təcrübələr Yerlə bağlı hesablama sistemində və ona nəzərən bərabərsürətli və düzxətli hərəkət edən hesablama sistemlərində tamamilə eyni nəticələr





verirdi. Bir-birinə nəzərən bərabərsürətli düzxətli hərəkət edən bütün sistemlər fiziki baxımdan eynihüquqludur. Başqa sözlə, əgər inersial hesablama sistemi mövcuddursa, onda buna nəzərən bərabərsürətli və düzxətli hərəkət edən istənilən başqa hesablama sistemi də inersial olacaqdır.

Sonralar bu qanunauyğunluğu *Qalileyin nisbilik prinsipi* adlandırdılar. Bu, mexanikanın əsas prinsiplərindən biridir.

1687-ci ildə İsaak Nyuton nisbilik prinsipinin ilk tərifləndən birini vermişdir: "Hər hansı bir fəzada yerləşdirilmiş cisimlərin bir-birinə nəzərən nisbi hərəkətləri, bu fəza sükunətdədirmi, yoxsa fırlanmasız olaraq bərabərsürətli düzxətli hərəkətmi edir, bundan asılı olmadan eynidir". Özünün "Natural fəlsəfənin başlanğıcları" kitabında Nyuton nisbilik prinsipini nəzəri əsaslandırmışdır.

Hazırda Qalileyin nisbilik prinsipi aşağıdakı kimi ifadə olunur: mexanikanın qanunları bütün inersial hesablama sistemləri üçün eynidir. Həmçinin



Ceyms Klark Maksvell.

belə də deyə bilərik: bu qanunları ifadə edən tənliklər eyni şəklə malikdir.

Məhz bu prinsipə görədir ki, vaqonda yerləşərək, müxtəlif mexaniki eksperimentlər aparmaqla, vaqonun hərəkət edib-etmədiyini müəyyən etmək mümkün deyil. Əlbəttə ki, vaqonun bərabərsürətli və düzxətli hərəkəti nəzərdə tutulur. Lakin əgər vaqon kəskin tormozlanarsa (yəni hesablama sistemi inersiallığını itirərsə), onda hərəkət dərhal gözə çarpır.

XVII əsrdə, Qalileyin və Nyutonun dövründə, bütün fizika praktik olaraq mexanikaya gətirilirdi. Lakin XIX əsrdə Maksvell elektromaqnit hadisələrini təsvir edən tənlikləri müəyyən etdikdən sonra, alimlər belə qənaətə gəldilər ki, bu hadisələr nisbilik prinsipinə tabe olmur. İş ondadır ki, Maksvell tənliklərinə ölçüsü sürət ölçüsü olan bir sabit (işıq sürəti c) daxildir. Maksvell tənlikləri, xüsusi halda, elektromaqnit dalğalarının yayılmasını təsvir edir. Bu tənliklərin doğru olduğu yeganə hesablama sistemində elektromaqnit dalğaları bütün istiqamətlərdə eyni bir c sürətilə yayılmalıdır. Deməli, birinciyə nəzərən v sürətilə hərəkət edən müəyyən bir başqa inersial hesablama sistemində işıq müxtəlif istiqamətlərdə $(c - v)$-dən $(c + v)$-yə qədər müxtəlif sürətlərlə yayılacaqdır. Yeni hesablama sistemində elektromaqnit hadisələrini təsvir etmək üçün Maksvell tənlikləri artıq yaramır. Belə çıxır ki, qapalı otaqda yerləşməklə, bizim hesablama sistemimizin, Maksvell tənliklərinin doğru olduğu yeganə seçilmiş hesablama sisteminə nəzərən, hərəkət edib-etmədiyini müəyyən etmək olar. Bu isə o deməkdir ki, elektromaqnit hadisələri nisbilik prinsipinin təsir sferasından kənarda qalır.

Qəribə vəziyyət alınırdı: nisbilik prinsipi elektromaqnit hadisələrində ödənilmir, ancaq mexaniki hadisələrdə ödənilir (baxmayaraq ki, mexaniki qarşılıqlı təsirlər elektromaqnit qarşılıqlı təsirlərin xüsusi şəklidir).

XX əsrin əvvəllərində Albert Eynşteyn nisbilik prinsipinin elektromaqnit hadisələrinə də aid olduğunu göstərməklə, bütün uyğunsuzluqları aradan qaldırdı. Doğrudur, Maksvell tənliklərinin bütün inersial hesablama sistemlərində doğru olması üçün sürətlərin toplanması qanununu dəyişdirmək lazım gəldi və deməli, fəza və zamana dair əbədi (əsrlər boyu davam etmiş) təsəvvürlərə yenidən baxmaq lazım oldu. Eynşteynin işlərilə yeni universal nisbilik prinsipi ortaya çıxdı: inersial hesablama sistemlərində bütün fizika qanunları (təkcə mexanika qanunları yox) eyni şəklə malikdir.

Müasir fizikada nisbilik prinsipi riyazi ifadələr çoxluğundan doğru qanunu seçmək üçün istifadə edilir. İş ondadır ki, onu simmetriya prinsipi kimi formulə etmək olar: fizika qanunlarını ifadə edən tənliklər bir inersial hesablama sistemindən digərinə keçəndə dəyişməməlidir. Nəzəriyyə qurmağa çalışan zaman alınan istənilən tənlik bu prinsipə uyğun olmalıdır. Bu, yeni elmi nəzəriyyə yaradılarkən doğru variantı seçmək üçün əsas meyarlardan biridir.

Sadə misala baxaq. Fərz edək ki, iki A və B zərrəcikləri var və A zərrəciyi B zərrəciyinə $\vec{F}$ qüvvəsi ilə təsir edir. Tutaq ki, bu qüvvə üçün biz Nyutona görə və Aristotelə görə iki variantdan ifadə seçmək istəyirik.

Nyutonun ikinci qanununa görə, qüvvə B zərrəciyinin təcili ilə aşağıdakı kimi əlaqədardır:

$$\vec{F} = m\vec{a}\,.$$

Aristotelin baxışlarına uyğun olaraq isə qüvvə təcili yox, zərrəciyin sürətini təyin edir:

$$\vec{F} = k\vec{v},$$

burada k – verilmiş zərrəcik üçün xarakterik olan mütənasiblik əmsalıdır.

Bu tənliklərdən hansını seçək? Lazımi tənlik nisbilik prinsipinə uyğun olmalıdır, yəni digər hesablama sisteminə keçəndə dəyişməməlidir. Bu baxımdan birinci ifadəyə baxaq.

Kütlə, təcil və qüvvə digər inersial hesablama sisteminə keçəndə dəyişmir. Deməli, qüvvənin bu ifadəsi öz şəklini saxlayacaqdır. Deməli, o, fundamental fiziki prinsip roluna iddia edə bilər.

Aydındır ki, başqa hesablama sisteminə keçəndə sürət dəyişir. Qüvvə isə, bu anlayışın mənasına görə dəyişməməlidir. Deməli, Aristotelə görə, qüvvənin ifadəsi öz şəklini saxlamır (sağ tərəf dəyişir, sol tərəf isə yox). Deməli, bu ifadəyə təbiətin qanunu kimi baxmaq olmaz, çünki o, nisbilik prinsipini ödəmir.

* * *

Dekart deyirdi ki, Kainatı qurmaq üçün materiya və hərəkət lazımdır. Həm bu, həm də o biri bizdə var. Biz hərəkəti koordinatların, sürətlərin və təcillərin köməyilə təsvir etməyi bacarırıq, materiyanın bir neçə modelini bilirik. Lakin dünyanın mənzərəsini qurmaq üçün bunlar çox azdır. Müşahidələr üçün yaxşı "arenanın", hərəkəti təsvir etmək üçün alətin və ən sadə kərpiciklərin olması kifayət deyildir. Bizim dünyanı quran qanunları bilmək üçün fizikanın başqa bölmələrini öyrənmək lazımdır.

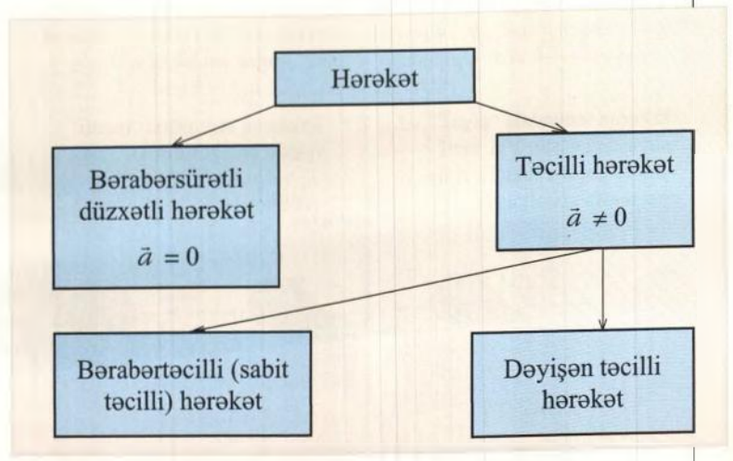
A.M.Amper.

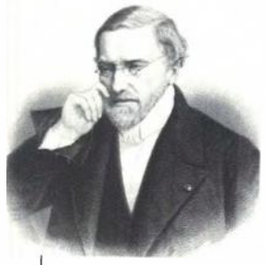


MADDİ NÖQTƏNİN KİNEMATİKASI

Fizika inkişaf etdikcə XVIII əsrin sonu – XIX əsrin əvvəllərində mexanikanın, hərəkətin səbəblərini aydınlaşdırmadan yalnız onun təsvirilə məşğul olan bir bölməsi formalaşmağa başladı. Bu bölmə cismin bir yerdən başqa yerə hərəkətini hansı üsullarla və riyazi vasitələrlə təsvir etmək mümkün olduğunu izah edir. 1818-ci ildə polyak riyaziyyatçısı Yuzef Vronski (1776–1853) bu bölməni foronomiya adlandırdı. Lakin 1834-cü ildə fransız alimi Andre Mari Amperin (1775–1836) daxil etdiyi başqa bir ad – *kinematika* (*yun.* "kinema" – "hərəkət") adı yaşadı.

Kinematikada cismin nə üçün başqa cür yox, bu cür hərəkət etməsi səbəblərinə baxılmır. Lakin kinematika tədqiqatçının ixtiyarına bu hərəkəti təsvir etmək üçün güclü "alət" verir. Ona həndəsənin və *xronometriyanın* (zamanın xassələri haqqında elm; *yun.* "xronos" – "zaman" və "metreo" – "ölçürəm") sintezi kimi baxmaq olar: cisimlərin hərəkətinə təsir edən çoxlu faktorlardan kinema-



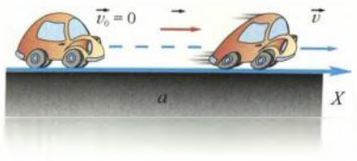
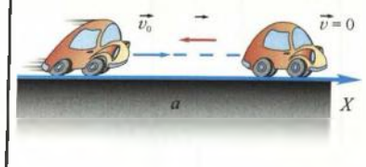


J.V.Ponsele.

tika yalnız onu nəzərə alır ki, hərəkət fəzada və zamanda baş verir. Cisimlərin qarşılıqlı təsirinə və ətalətliyinə baxılmadığından, bu bölmədə qüvvə və kütlə anlayışlarından istifadə olunmur.

Əsas xarakteristikalar yerdəyişmə, sürət və təcildir. Yadımızda olduğu kimi, təcilin törəməsi, təcilin törəməsinin törəməsi və s. bizə tam aydın olmayan səbəblərə görə mexaniki hərəkəti təsvir etmək üçün lazım deyildir. Təcil, kinematikanın qalan əsas anlayışlarından gec daxil edilmişdir. 1841-ci ildə fransız alimi Jan Viktor Ponsele (1788–1867) onu xüsusi fiziki bir kəmiyyət kimi ayırdı. Ona görə də 1841-ci ili kinematikanın müstəqil bir elm kimi yaranması ili hesab edirlər.

Hərəkətlərin təcilin və sürətin xüsusiyyətləri ilə fərqlənən bir neçə növünü ayırırlar.

Bərabərtəcilli düzxətli hərəkətdə təcil hansı tərəfə yönəlmişdir?	
Cismin sürəti 0-dan υ-yə qədər artır	Cismin sürəti υ_0-dan 0-a qədər azalır
$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t} = +\frac{\vec{\upsilon}}{t}$	$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t} = -\frac{\vec{\upsilon}_0}{t}$
Düsturun sonundakı "plyus" işarəsi onu göstərir ki, təcil vektoru $\vec{a}$ sürət vektoru $\vec{\upsilon}$ ilə eyni tərəfə yönəlmişdir.	Düsturun sonundakı "mənfi" işarəsi onu göstərir ki, $\vec{a}$ və $\vec{\upsilon}_0$ vektorları əks tərəflərə yönəlmişlər.
	

BƏRABƏRSÜRƏTLİ DÜZXƏTLİ HƏRƏKƏT

Mövcud hərəkətlərdən ən sadəsi *bərabərsürətli düzxətli hərəkətdir*; bu hərəkətdə təcil sıfıra bərabərdir, sürət isə özünün həm mütləq qiymətini, həm də istiqamətini saxlayır.

Məlumdur ki, eksperimentdə ideal nöqtələr, düz xətlər, çevrələr və s. aşkar etmək olmaz. Həmçinin elə bir hərəkət də yoxdur ki, onun sürəti dəqiq saxlansın. Lakin əgər sürət kifayət qədər böyük zaman intervalında nəzərəçarpacaq dərəcədə dəyişməyə macal tapmırsa, onda bərabərsürətli hərəkət yaxınlaşmasından istifadə etmək olar.

Bərabərsürətli düzxətli hərəkətdə cismin getdiyi yolun düsturu son dərəcə sadədir:

$$s = \upsilon t \qquad (1)$$

burada s – yol, υ – sürət, t – hərəkət müddətidir.

Baxmayaraq ki, bu düstur məktəbdə öyrəndiyimiz bütün fizika düsturlarından, yəqin ki, ən birincisidir, onun əhəmiyyətini lazımi qədər qiymətləndirməmək olmaz. İstənilən daha mürəkkəb hərəkətin qanunauyğunluqlarını təsvir edərkən, bu düstursuz keçinmək mümkün deyil. Onun köməyilə həmçinin uzaq qalaktikalardan işığın bizə gəlib çatma müddətini hesablamaq, nəqliyyatın hərəkət cədvəlini tərtib etmək olar.

Elementar və bununla bərabər, mühüm bir misala baxaq. Məlumdur ki, Günəşdən bizim planetə qədər məsafə təqribən $1{,}5 \cdot 10^8$ km təşkil edir. Günəş işığının Günəşdən Yerə qədər olan yolu keçməsi üçün tələb olunan t zamanını tapaq. Lakin $t = s/\upsilon$, sürət isə $\upsilon = 3 \cdot 10^5$ km/san olduğundan alırıq:

$$t = \frac{1{,}5 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^5}\ \text{san} = 500\ \text{san} \approx 8\ \text{dəq}.$$

Deməli, Günəşə baxarkən, biz onun indiki anda necə olduğunu deyil, 8 dəq əvvəl necə olduğunu görürük.

Uzaq ulduzlar və qalaktikalar üçün bu vaxt ölçüsüz dərəcədə böyükdür.

BƏRABƏRTƏCİLLİ HƏRƏKƏT

Sabit təcilli hərəkətə *bərabərtəcilli hərəkət* deyilir. Belə hərəkətə sadə misal Qalileyin ətraflı öyrənmiş olduğu cisimlərin Yer səthi yaxınlığında sərbəst düşməsidir (havanın müqavimətini

HƏRƏKƏT QANUNU TEYLOR SIRASI KİMİ

İstənilən funksiyanı 1712-ci ildə ingilis riyaziyyatçısı Bruk Teylorun kəşf etdiyi sonsuz sıraya ayırmaq olar. Radius-vektorun zamandan asılılığı istisna deyildir:

$$\vec{r}(t) = \frac{t^0}{0!}\vec{r}(0) + \frac{t^1}{1!}\vec{r}'(0) + \frac{t^2}{2!}\vec{r}''(0) + \frac{t^3}{3!}\vec{r}'''(0) + \ldots,$$

burada ştrix törəməni, nida işarəsi isə – faktorialı bildirir ($n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \ldots \cdot n$; $0! = 1$).

Məlumdur ki, təcil üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

$$\vec{a} = \vec{\upsilon}' = \vec{r}''.$$



B.Teylor.

Bərabərtəcilli hərəkətdə cismin təcili sabitdir: $\vec{a}$ = const. Ona görə də yuxarıda verilmiş sırada daha yüksək tərtibli bütün törəmələr sıfıra bərabərdir. Teylor sırasından yalnız ilk üç həddi qalır:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{\upsilon}_0 t + \vec{a}\frac{t^2}{2},$$

burada, $\vec{r}_0 = \vec{r}(0)$ və $\vec{\upsilon}_0 = \vec{\upsilon}(0)$ – zərrəciyin başlanğıc zaman anında, yəni $t = 0$ olanda uyğun olaraq radius-vektoru və sürətidir.

Əgər $\vec{r}_0$-ı sol tərəfə keçirsək, biz yerdəyişmə üçün əsas tekstdə çıxardığımız düsturla dəqiq üst-üstə düşən ifadə alarıq.

YERDƏYİŞMƏ SÜRƏT QRAFİKİ ALTINDAKI SAHƏ KİMİ

Bərabərtəcilli hərəkətdə yerdəyişmənin tapılması məsələsini ilk dəfə XVII əsrdə Qalileo Qaliley həll etmişdir. Onun o vaxt tətbiq etdiyi qrafiki metod bizim dövrdə də öz əhəmiyyətini itirməmişdir.

Zərrəcik x oxu boyunca bərabərtəcilli düzxətli hərəkət edərkən, onun sürəti (bu ox üzrə proyeksiyalarla) zamana görə aşağıdakı qanunla dəyişir:

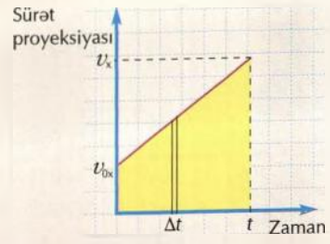
$$\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t.$$

Bu, xətti funksiyadır. Deməli, onun qrafiki düz xətt olacaqdır. Sübut edək ki, bu qrafik altında qalan fiqurun sahəsi yerdəyişmənin baxılan ox üzrə s_x proyeksiyasına bərabərdir.

Qrafik altındakı bütün sahəni, Δt oturacaqları sonsuz kiçik olan dar düzbucaqlıların sahələri cəmi kimi göstərə bilərik. Lakin düzbucaqlılardan hər birinin sahəsi ədədi qiymətcə zərrəciyin Δt zamanı ərzində icra etdiyi kiçik yerdəyişməyə bərabərdir (çünki sahə tərəflərin hasilinə bərabərdir, bu tərəflər isə sürət və zamandır, həm də zaman o qədər kiçikdir ki, baxılan hissədə hərəkəti bərabərsürətli hesab etmək olar). Bütün düzbucaqlıların sahələri cəmi nəinki fiqurun ümumi sahəsini, həm də cismin t zamanı ərzindəki s_x yerdəyişməsini verəcəkdir.

Beləliklə, bərabərtəcilli düzxətli hərəkətdə s_x dəyişməsini təyin etmək üçün $\upsilon_x(t)$ asılılığın qrafiki altındakı fiqurun sahəsini tapmaq kifayətdir. Bu fiqur trapesiya olduğundan, onun sahəsi oturacaqların cəminin yarısı ilə hündürlüyü hasilinə bərabərdir:

$$s_x = \frac{\upsilon_{0x} + \upsilon_x}{2} t.$$



FİZİKADA VEKTORLARIN MEYDANA ÇIXMASI

Kəmiyyətlərin skalyarlara və vektorlara bölünməsi ideyası XIX əsrdə meydana çıxmışdır. İrlandiya mexaniki və riyaziyyatçısı Uilyam Rouan Hamilton (1805-1865) xüsusi kəmiyyətlər – kvaternionlar daxil etmişdir. Bunların tərkibinə skalyarlar və vektorlar da daxil idi. Bu yeniliyin faydasını ilk qiymətləndirənlərdən biri ingilis fiziki Ceyms Klerk Maksvell olmuşdur.

Elektromaqnit sahəsinin nəzəriyyəsi üzərində işləyərkən Maksvell fəzada müəyyən istiqamətlə xarakterizə olunan kəmiyyətləri tətbiq edirdi. Onları adi ədədlər kimi toplamaq, vurmaq və bölmək olmurdu. Onlar üzərindəki əməllər xüsusi qaydalara riayət etməyi tələb edirdi və bu qaydalar Hamilton tərəfindən işlənib hazırlanmışdı. Maksvell kvaternionları tərkib hissələrinə bölmək və onun komponentlərindən ayrı-ayrılıqda istifadə etmək qərarına gəldi. O əmin oldu ki, vektor hesabı öz nəzəriyyəsini izah etmək üçün son dərəcə münasibdir. Maksvellin sözlərinə görə, "vektor ideyasının dəyəri misilsizdir".

1873-cü ildə Maksvellin "Elektrik və maqnetizmə dair traktat" əsəri çapdan çıxdı. Vektorlara həsr olunmuş hissəni müasir adam asanlıqla başa düşə bilər: o vaxtdan terminologiya az dəyişmişdir.

Bu əsərdən bir parça verək: "...Hamilton metodunun ən mühüm xüsusiyyətlərindən biri kəmiyyətlərin skalyarlara və vektorlara bölünməsidir".

Skalyar kəmiyyət təkcə bir ədədi qiymətinin verilməsilə tam təyin oluna bilər. Onun ədədi qiyməti koordinat oxları üçün bizim seçdiyimiz istiqamətlərdən heç cür asılı deyil.

Vektor və ya istiqamətlənmiş kəmiyyət öz təyini üçün üç ədədi kəmiyyət tələb edir, onları koordinat oxlarının istiqamətlərilə bağlı ədədlər kimi başa düşmək daha sadədir.

Skalyar kəmiyyətlərə istiqamət anlayışı aid deyil. Həndəsi fiqurların həcmi, maddi cismin kütləsi və enerjisi, mayenin hər hansı nöqtəsində hidrostatik təzyiq, fəzanın hər hansı nöqtəsində potensial – bütün bunlar skalyar kəmiyyətlərə misallardır.

Vektor kəmiyyətin uzunluğu və istiqaməti var, belə ki, onun istiqamətinin əksinə dəyişməsi onun işarəsini də əksinə dəyişir. Maddi nöqtənin başlanğıc vəziyyətindən son vəziyyətinə çəkilmiş düz xətt kimi təsvir olunan yerdəyişməni tipik vektorial kəmiyyət qəbul edə bilərik, buradan da əslində "vektor" adı yaranmışdır (*lat.* vector – "daşıyan", "köçürən").

Maksvellin kitabı sayəsində vektor hesabı bir çox alimlərə məlum oldu. Amerika fiziki Cozaya Uillard Gibbs (1839-1903) və ingilis alimi Oliver Haevisayd (1850-1925) riyaziyyatın bu yeni sahəsini öz işlərində inkişaf etdirdilər. Bu sahə fizika elmi üçün olduqca faydalı olmuşdur.

Vektor cəbrinin əsas müddəalarını sadalayaq:

1. İstənilən $\vec{a}$ vektoru üç ədədlə (koordinat oxları üzrə a_x, a_y və a_z proyeksiyaları ilə) verilir. Cismin koordinatları hesablama sistemindən asılı olduğu kimi, bu ədədlər də koordinat sistemindən asılıdır.

2. Əgər iki vektor eyni uzunluğa (modula) malikdirsə, paraleldirsə və eyni bir istiqamətə yönəlibsə, onda onlar bərabər vektorlar hesab olunur.

3. İki vektorun $\vec{a}+\vec{b}$ cəmi üçbucaq qaydası ilə və ya paraleloqram qaydası ilə tapıla bilər.

4. $\vec{a}$ vektorunu k ədədinə vuranda vektor alınır, onun uzunluğu $\vec{a}$-nın uzunluğundan $|k|$ dəfə böyükdür və $k > 0$ olanda $\vec{a}$ tərəfə, $k < 0$ olanda isə əks tərəfə yönəlir.

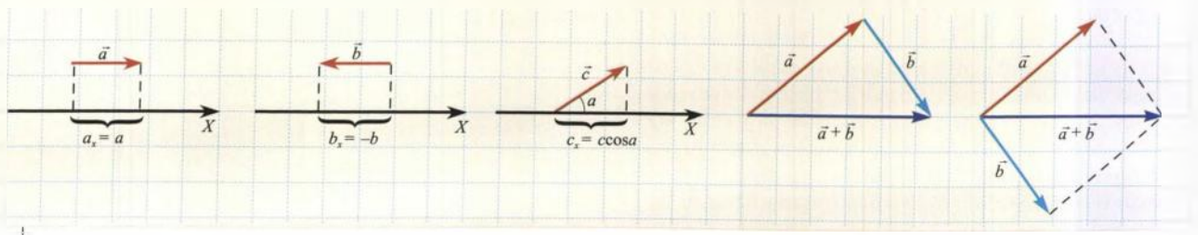
5. İki vektorun skalyar hasili $\vec{a}\cdot\vec{b}$ (başqa işarəsi: $(\vec{a}, \vec{b})$) birinci vektorun modulunun ikinci vektorun moduluna və onlar arasındakı bucağın kosinusu hasilinə bərabər olan ədədə deyilir:

$$\vec{a}\cdot\vec{b} = ab\cos\alpha.$$

6. İki vektorun vektorial hasili $\vec{a}\times\vec{b}$ hər iki vektora perpendikulyar olan, sağ burğunun dəstəyini $\vec{a}$-dan $\vec{b}$-yə ən qısa yolla (kiçik bucaq) döndərən zaman burğunun irəliləmə hərəkəti istiqamətində yönələn və modulu $ab\sin\alpha$-ya bərabər olan vektora deyilir. Vektor hasilini kvadrat mötərizələrlə də işarə edirlər: $[\vec{a}, \vec{b}]$.

Vektoru üzərində ox olan dəyişən kəmiyyət şəklində işarə edirlər. Çap tekstlərində əqrəbin əvəzində bəzən dəyişənin qara şriftlərlə yazılışından istifadə olunur.

Müasir fizikada istifadə olunan ənənəvi işarələmələr dərhal qəbul olunmamışdır. Gibbsin təklif etdiyi simvolika (məsələn, vektorların skalyar və vektorial hasillərini işarə etmək üçün nöqtə və çəp xaç) riyaziyyatçılar tərəfindən kəskin tənqidə məruz qalmışdır. Bunun əvəzində hazırda unudulmuş *S.ab*, *υ.ab*, *aΛb* və s. işarələrdən istifadə etmək təklif edilirdi. Ancaq tarix başqa cür mühakimə etdi və hansısa səbəblərə görə fiziklərin bəyəndikləri simvolika kök atıb möhkəmləndi.



nəzərə almadan). Belə hərəkət zamanı sürət (ümumi halda) modulca və istiqamətcə dəyişir.

Bərabərtəcilli hərəkəti təsvir etmək üçün hər şeydən əlverişlisi vektorlarla işləməkdir, çünki onlar özlərində sürətin və təcilin istiqamətləri haqqında məlumat daşıyır. Məsələn, sürətin və təcilin təkcə mütləq qiymətlərini yox, həm də onların qarşılıqlı yönəlmələrini də bilmək vacibdir, çünki bu, yerdəyişmədə özünü göstərir.

Təcil sürətin hər saniyədə necə dəyişdiyini göstərir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}, \qquad (2)$$

burada $\vec{v}_0$ – cismin başlanğıc sürəti, $\vec{v}$ – həmin cismin t zamanı keçəndən sonrakı sürətidir.

Deməli, bərabərtəcilli hərəkətdə sürət zamana görə xətti dəyişir:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t. \qquad (3)$$

Təcili və başlanğıc sürəti bilərək, bu düsturun köməyilə istənilən zaman anında cismin sürətini hesablamaq olar.

Lakin yalnız sürətləri bilmək kifayət deyildir: mexanikanın əsas məsələsi istənilən zaman anında cismin olduğu yeri təyin etməkdən ibarətdir. Bunun üçün yerdəyişmənin ifadəsini tapmaq lazımdır. Orta sürəti hərəkət müddətinə vurmaqla yerdəyişməni tapırıq:

$$\vec{s} = \vec{v}_{or} \cdot t$$

Sürət xətti dəyişir, deməli,

$$\vec{v}_{or} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2}.$$

Ona görə də

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} t.$$

(3) ifadəsini burada yerinə yazaq, cavabı tapaq:

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \vec{a}\frac{t^2}{2}. \qquad (4)$$

Burada $\vec{a} = 0$ yerinə yazsaq, (1) bərabərliyini, yəni bərabərsürətli düzxətli hərəkətdə yerdəyişməni alarıq.



OXLU VƏ OXSUZ

Bərabərtəcilli hərəkətdə sürətin, təcilin və yerdəyişmənin ifadələri qısaldılmış, vektorial şəkildə yazılmışdır. Lakin eksperimentin nəticələri həmişə ədədlər şəklində ifadə olunur və bütün hesablamalar da ədədlərlə aparılır. Necə olsun?

Vektorial yazılışdan koordinat yazılışına keçmək lazımdır. Bu halda vektorların əvəzində onların koordinat oxları üzrə proyeksiyalarından istifadə edirlər. Ümumi halda hərəkət üçölçülüdür və vektorların sıfırdan fərqli üç proyeksiyası var. Deməli, hər bir vektorial tənlik əvəzinə biz koordinat formasında yazılmış üç tənlik alarıq.

Əgər hərəkət müstəvi, ikiölçülü hərəkətdirsə, onda tənliklər də cəmi iki dənə olacaqdır. Əgər hərəkət düz xətt üzrə baş verirsə, onda yeganə bir tənlik lazım olacaqdır, yalnız bu şərtlə ki, koordinat oxu trayektoriyaya paralel yönəlmiş olsun. Düzxətli hərəkət zamanı (3) və (4) tənlikləri aşağıdakı şəklə malik olacaqdır:

$$\begin{aligned} v_x &= v_{ox} + a_x t, \\ s_x &= v_{ox} t + a_x \frac{t^2}{2}. \end{aligned} \qquad (5)$$

Bu cür tənliklərlə necə işləmək və ədədləri onlarda necə yerinə yazmaq lazım olduğunu misal üzərində nümayiş etdirək. Tutaq ki, başlanğıc sürəti $v_0 = 30$ m/san olan avtomobil



U.R.Hamilton.

İXTİYARİ HƏRƏKƏTDƏ TƏCİL

Tutaq ki, zərrəcik ixtiyari trayektoriya üzrə hərəkət edir və verilmiş zaman anında o, M nöqtəsindədir. Əyri üzərində bu nöqtədən bir tərəfdə A nöqtəsini, digər tərəfdə isə B nöqtəsini seçək. Stereometriyanın aksiomlarından birində deyilir ki, istənilən üç nöqtədən yeganə bir müstəvi keçirmək olar.

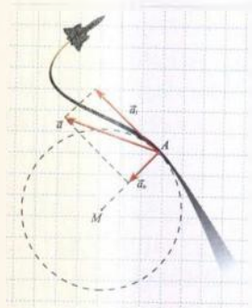
A və B nöqtələrini M-ə yaxınlaşdıranda onlardan keçən müstəvinin oriyentasiyası dəyişəcək və müəyyən bir limitə yaxınlaşacaqdır. Nöqtələrin sonsuz yaxınlaşması limitində alınan müstəviyə M nöqtəsində əyriyə toxunan müstəvi deyilir. Təcil vektoru bu müstəvidə yerləşir.

Bundan sonra təcili əlverişli toplananlarına ayırmaq üçün iki ox çəkək: birini M nöqtəsində əyriyə toxunan üzrə, digərini isə bu toxunana perpendikulyar çəkək. Məhz bunlar təbii oxlar olacaqdır. Təcil vektorunu onlar üzrə ayıraq:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n.$$

Burada $\vec{a}_\tau$ – tangensial və ya toxunan təcil, $\vec{a}_n$ – normal təcildir.

Tangensial təcil sürətin mütləq qiymətinin dəyişmə yeyinliyini xarakterizə edir və sürətlə eyni bir düz xətt üzərində yerləşir (xatırlayaq ki, sürət trayektoriyaya toxunan istiqamətində yönəlib). Əgər bu iki vektor eyni tərəfə yönəlibsə, onda sürət artır, yox əgər əks tərəflərə yönəlibsə, onda sürət azalır.



Normal təcil sürətin istiqamətinin dəyişmə yeyinliyini xarakterizə edir və həmişə trayektoriyanın əyrilik mərkəzinə doğru yönəlir. Onun modulu ani sürətin kvadratının verilmiş nöqtədə trayektoriyanın əyrilik radiusuna olan nisbətinə bərabərdir:

$$a_n = v^2/R.$$

$a = 5$ m/san^2 təcili ilə tormozlanır. $t = 4$ san-dən sonra avtomobilin sürəti və yerdəyişməsi nəyə bərabər olacaqdır?

Xatırlayaq ki, koordinat oxu ilə eyni istiqamətli olan vektorlar müsbət proyeksiyalara, əksinə yönələn vektorlar isə mənfi proyeksiyalara malikdir. (5) tənliyinə daxil olan bütün proyeksiyaları vektorların mütləq qiymətlərilə ifadə edək (axı məsələnin şərtində məhz onlar göstərilmişdir):

$$s_x = s, \quad v_{0x} = v_0, \quad v_x = v, \quad a_x = -a.$$

Verilmiş qiymətlərin yerinə yazılması, tənliklərin koordinat yazılışından skalyar yazılışına keçməyə imkan verir:

$$v = v_0 - at \quad \text{və} \quad s = v_0 t - a\frac{t^2}{2}.$$

Skalyar tənliklərlə işləməyi isə biz artıq bacarırıq, indi hesablamanı aparmaq olar:

$$v = (30 - 5\cdot 4)\ \text{m/s} = 10\ \text{m/s},$$

$$s = \left(30\cdot 4 - 5\cdot\frac{4^2}{2}\right)\text{m} = 80\text{m}.$$

Ədədi qiymətlərin birbaşa vektorial tənliklərdə yerinə yazılması yayılmış səhvdir. Təbii ki, belə üsul səhv nəticələrə gətirib çıxarır, çünki bu zaman vektorların qarşılıqlı istiqamətləri nəzərə alınmır. Beləliklə, ədədi verilənləri olan konkret məsələləri həll etmək üçün əvvəlcə tənliklərin koordinat yazılışına, sonra isə skalyar yazılışına keçmək və yalnız bundan sonra ədədləri yerinə yazmaq lazımdır.

ÇEVRƏ ÜZRƏ BƏRABƏRSÜRƏTLİ HƏRƏKƏT

Bizim planet öz oxu ətrafında 24 saat ərzində tam dönür. Ekvatorda olan cisim sutka ərzində ekvatorun $l = 2\pi R$ uzunluğuna bərabər yol gedir. Bu period Yer çevrəsinin uzunluğunun cismin hərəkət sürətinə olan nisbətinə bərabərdir:

$$T = \frac{2\pi R}{v}.$$

Buradakı v sürəti xətti sürət adlanır. O, cismin vahid zamanda getdiyi yolu göstərir. Yerin radiusunu (6400 km) bilərək, hesablamaq çətin deyildir ki, ekvatorda olan istənilən cisim Yerin mərkəzi ətrafında səsdəniti xətti sürətlə – təxminən 440 m/san sürətlə fırlanır!

Xətti sürəti ω – bucaq sürətilə qarışdırmaq olmaz; bucaq sürəti cismin radius-vektorunun vahid zamanda keçdiyi bucağa bərabərdir.

Bucaq sürəti belə təyin olunur: $\omega = \alpha/t$. Bir dövr ərzində radius-vektor $\alpha = 2\pi$ radian bucaq qədər döndüyündən və hərəkət müddəti $t = T$ olduğundan, bucaq sürəti aşağıdakı şəklə malik olur:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{R}.$$

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət halında (tangensial təcilin sıfıra bərabər olduğu zaman) normal təcilə mərkəzəqaçma təcili deyilir.

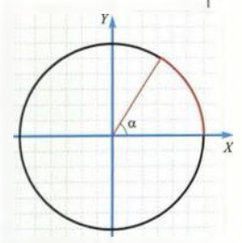
Təcilin mütləq qiymətinin tapılması məsələsi bir qədər mürəkkəbdir. Çevrə üzrə bərabərsürətli fırlanma zamanı təcilin ifadəsinin keyfiyyətcə çıxarılışını verək.

Aydınlaşdırdığımız kimi, verilmiş halda təcil zamana görə sürətin istiqamətinin dəyişməsini göstərir. Həm də hərəkətin sürəti böyük olduqca, sürətin istiqaməti bir o qədər tez dəyişməyə başlayır və deməli, təcil də bir o qədər böyük olur. Əgər çevrənin radiusunu artırsaq, onda çevrə getdikcə düz xəttə, hərəkət isə bərabərsürətli düzxətli hərəkətə daha çox bənzəməyə başlayacaqdır, lakin bu halda $a = 0$. Bundan başqa, sürətin verilmiş qiymətində radius böyük olduqca, sürətin istiqaməti də zaman keçdikcə bir o qədər az dəyişəcəkdir.

Yuxarıda verilmiş mülahizələrə əsasən fərz etmək olar ki, təcil sürətlə düz, trayektoriyanın radiusu ilə tərs mütənasibdir, yəni v/R-ə bərabərdir. Lakin onun ölçüsü 1/san-yə bərabərdir, halbuki təcil m/san^2 ilə ölçülür. Düzgün ölçünü almaq üçün sürəti onun kvadratı ilə əvəz edək:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Ciddi yanaşsaq, bu düsturun sağ tərəfinə adsız mütənasiblik əmsalı əlavə etmək lazım idi. Daha dəqiq hesab-



Radian – çevrədən, bu çevrənin radiusunun uzunluğuna bərabər qövs "kəsən" mərkəzi bucaqdır. Radian təqribən 57°17′45″-yə bərabərdir. "Fizika" cildində hər yerdə, xüsusi qeyd olmadıqda, bucağın radian ölçüsündən istifadə olunur.

MƏRKƏZƏQAÇMA TƏCİLİ

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət zamanı zərrəciyin radius-vektoru aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j},$$

burada $\vec{i}$ və $\vec{j}$ – koordinat oxlarının istiqamətini təyin edən vahid vektorlardır. Onların sayı cəmi ikidir, çünki çevrə üzrə hərəkət müstəvi hərəkətdir.

Cismin koordinatlarını radiusla və bucaq sürətilə ifadə edək:

$$x = r\cos\alpha = r\cos\omega t. \quad (1)$$

$$y = r\sin\alpha = r\sin\omega t. \quad (2)$$

Təcili belə şəkildə yazaq:

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}. \quad (3)$$

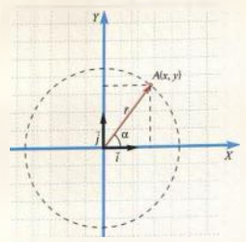
(1) və (2) münasibətlərini iki dəfə diferensiallayaraq, təcilin a_x və a_y proyeksiyalarını tapırıq. Birinci diferensiallama sürəti, ikinci diferensiallama isə təcili verir:

$$a_x = -r\omega^2\cos\omega t = -\omega^2 x,$$

$$a_y = -r\omega^2\sin\omega t = -\omega^2 y.$$

Bu ifadələri (3) düsturunda yerinə yazaraq alırıq:

$$\vec{a} = -\omega^2\vec{r}.$$



Təcil və radius – vektor əks işarələrə malikdir. Bu o deməkdir ki, təcil radius boyunca mərkəzə yönəlmişdir. Buradan da "mərkəzəqaçma" termini yaranmışdır.



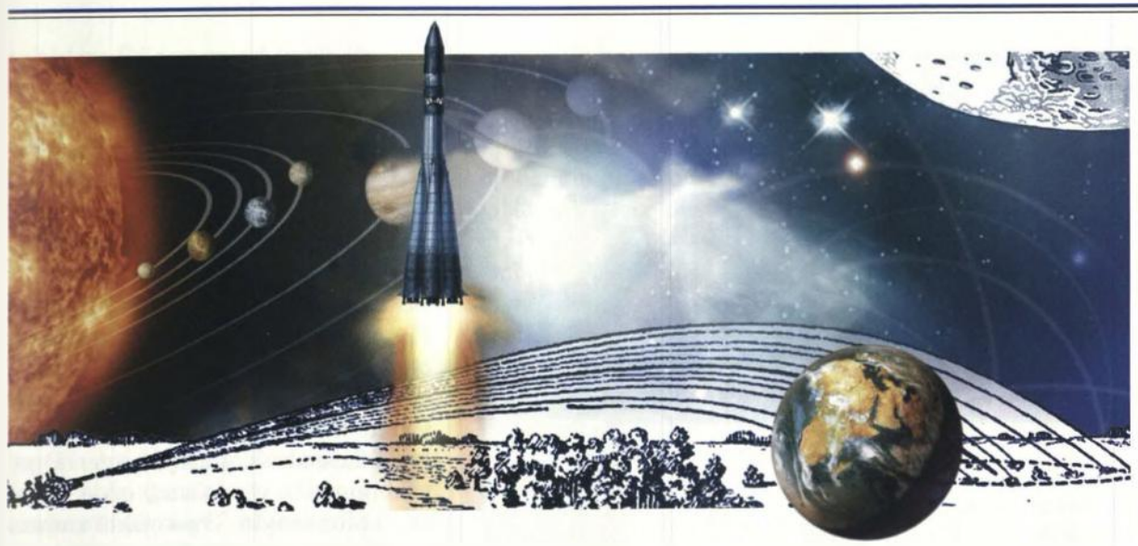
lama göstərir ki, bu əmsal 1-ə bərabərdir.

Beləliklə, çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət zamanı təcil ani sürətə perpendikulyar yönəlir və sürətin istiqamətinin dəyişmə yeyinliyini xarakterizə edir.

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət zamanı sürətin modulu sabit qalır (bunu hərəkətin adından da görmək olar), sürətin istiqaməti isə arasıkəsilmədən dəyişir. Təcil sıfırdan fərqlidir, lakin o, vahid zamanda sürətin modulunun dəyişməsini yox, onun istiqamətinin dəyişməsini xarakterizə edir. Təcil sürətə perpendikulyar yönəlib: əks halda, əgər təcilin sürət istiqamətindəki proyeksiyası sıfır olmasa idi, onda sürət mütləq qiymətcə də dəyişərdi, bu isə baş vermir.

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə təcilin sürətə perpendikulyar yönəlməsi faktı Nyutona iki, sanki, çox fərqli hadisənin – almanın yerə düşməsi və Ayın Yer ətrafında hərəkətinin oxşar təbiətini anlamağa kömək etmişdir.

Bu hadisələrin hər ikisi öz mövcudluğuna görə Yerin qravitasiya cazibə qüvvəsinə borcludur, ancaq bir halda qüvvə sürət istiqamətində, digər halda isə sürətə perpendikulyardır (Nyutonun ikinci qanununa görə, qüvvə təcillə eyni istiqamətlidir: qüvvə və təcil vektorları müsbət əmsalla – kütlə vasitəsilə bağlıdır). Cazibə qanununun kəşfinə doğru ilk addımlar belə atılmışdır.



MADDİ NÖQTƏNİN DİNAMİKASI

NYUTONAQƏDƏRKİ DİNAMİKA

Çox elmlərin adları öz başlanğıclarını qədim yunan alimlərinin əsərlərindən götürür. Mexanikanın cisimlərin hərəkətinə qüvvələrin təsirini öyrənən bölməsi – dinamika – öz adına görə Aristotelə borcludur. Məhz Aristotel ilk dəfə fizikaya aid öz məşhur mühazirələrində yeni anlayış, "dinamis" – "qüvvə" anlayışını daxil etmişdir.

ARİSTOTELƏ GÖRƏ HƏRƏKƏT

Adam topu atdı – top uçdu. Avarla sahildən itələndi və qayıq üzməyə başladı. Öz-özünə top və qayıq hərəkət edə bilməzdi. Deməli, bu hərəkətlər məcburi hərəkətlərdir. Aristotel belə hesab edirdi. Əksinə, göy cisimlərinin dairəvi hərəkətləri, ağır cisimlərin (torpağın, suyun) aşağı və yüngül cisimlərin (od, hava) yuxarı hərəkəti öz-özünə, kənar cisimlərin müdaxiləsi olmadan baş verir. Aristotel bu cür hərəkətləri təbii hərəkətlər,





Polkovnik Kraus fon Sillerqut səsləndi:
– Benzin qurtaranda, avtomobil dayanmağa məcbur oldu. Bunu dünən mən özüm gördüm. Cənablar, bundan sonra hələ bir ətalət haqqında boşboğazlıq da edirlər!.. Gülməli deyilmi?

(Y.Qaşekin "İgid əsgər Şveykin sərgüzəştləri" kitabından.)

ARİSTOTEL GÖY CİSİMLƏRİNİN HƏRƏKƏTİ HAQQINDA

Kainat mükəmməldir – allahların mükəmməl olmayan dünya yaratması qəribə olardı. Deməli, o, mükəmməl formaya malik olmalıdır, yəni yumru olmalıdır, sfera formasına malik olmalıdır, çünki "dairə nəsə bitmiş, bütöv bir şeydir ki, bunu heç bir düz xətt haqqında demək olmaz". Cisimlərin təbii hərəkəti ya dünyanın mərkəzi ətrafında çevrə üzrə, ya da radiuslar üzrə baş verə bilər, həm də dairə üzrə hərəkət əsas, bazis olmalıdır, çünki "təbiətinə görə" bitmiş bitməmişə nisbətən ilkindir".

Əgər Kainat sonsuz olsaydı, onda Kainatda "nə mərkəz, nə kənar, nə yuxarı, nə də aşağı olmazdı, orada cisimlərin, yerdəyişmənin [yönələ biləcəyi] heç bir [müəyyən] yeri olmazdı. Əgər mərkəz yoxdursa, onda hərəkət də ola bilməzdi". Lakin hərəkət var və biz onları müşahidə edirik. Deməli, "Kainatın vücudu sonsuz deyildir". Hər bir sfera kimi, Kainatın da mərkəzi – qalan bütün nöqtələrdən əlahiddə vəziyyəti ilə fərqlənən yeganə nöqtəsi var. Dünya sferasının mərkəzində bəs nə yerləşir? Biz görürük ki, bütün ağır cisimlər aşağı, Yerə düşməyə çalışır. Deməli, bu məhz onların "təbii hərəkətidir". Lakin təbii hərəkət sferanın radiusu üzrə onun mərkəzinə doğru yönəlməlidir. Deməli, məhz Yer dünyanın mərkəzində yerləşir.

Əgər başqa cür olsaydı, onda Yerin özü də bütövlükdə, daşa bənzər olaraq, Kainatın mərkəzinə düşərdi: "Yəqin, çox səhlənkar fikrinlə fərqlənməlisən ki, bunun necə mümkün olduğuna heyrətlənməyəsən, bu necə mümkündür ki, Yerin kiçik bir hissəsi, əgər onu qaldırıb buraxsalar, hərəkət edir və heç vaxt yerində qalmır (özü də o, böyük olduqca daha yeyin hərəkət edir), bütövlükdə Yer əgər onu qaldırıb buraxsaydılar, hərəkət etməzdi. Bununla belə, bu elə belə də var: bu qədər nəhəng ağırlıq sükunətdə olur!" Madam ki, Yer heç hara düşmür, deməli, o artıq mərkəzdədir!

"təbiəti üzrə baş verən" hərəkətlər adlandırırdı.

Məcburi hərəkətlərin səbəbi – kənar cisimlər tərəfindən təsir edən qüvvədir. Qüvvə yoxdursa, hərəkət də yoxdur. Bu, Aristotel dinamikasının əsas qanunudur: "Bütün hərəkətedənlər mütləq nə iləsə hərəkətə gətirilir". Bu qanun o dövrün gündəlik praktikasına uyğun idi. Arabanın hərəkət etməsi üçün at lazımdır. Əgər at sabit qüvvə ilə dartarsa, araba da sabit sürətlə hərəkət edəcəkdir. At dartmanı dayandırsa, araba dayanar. Əgər yük iki dəfə ağır olarsa, onda iki at tələb olunacaqdır. Əgər yüklü arabanı iki dəfə yeyin aparmaq lazımdırsa, onda qüvvəni (atların sayını) da iki dəfə artırmaq lazım gələcəkdir. Müasir dildə desək, cismə verə bildiyimiz sürət məcburedici qüvvə ilə düz və cismin kütləsi ilə tərs mütənasibdir. Dəqiq, aydın və inandırıcıdır.

OX NƏ ÜÇÜN UÇUR?

Birbaşa təsirlə bağlı vəziyyətlərdə hər şey sadə və aydın idi: at dartır – araba gedir, dartmır – getmir. Lakin atletin əl ilə atdığı disk və ya adamın yayla atdığı ox nə üçün uçur? Axı adam onlara artıq heç cür təsir etmir, onlar isə hələ uzun müddət uçur. Aristotel bu çətinliyi görürdü. O, çox fəndgir bir izahat fikirləşmişdi: yayın gərilmiş ipini əlimizdən buraxarkən, bu ipin itələdiyi hava uçan oxu itələyir. Uçuş vaxtı ox havanı daha uzağa "itələyib" özünə yol açır, hava oxun arxasında qüvvə ilə sıxlaşır və onu qabağa itələyir. Zaman keçdikcə bu daha az inandırıcı səslənirdi. Simplisi (VI əsr) qeyd edirdi: "Əgər biz deyiriksə ki, mərmini atan adam havaya sabit hərəkət verir, onda biz havaya müraciət etmədən niyə deyə bilmərik ki, bu hərəkət mərmiyə verilib?" Ağır daş diski irəli

və həm də yuxarı itələyən havanı təsəvvür etmək daha da çətin idi... Atılmış cisimlərin hərəkəti Aristotel fizikası üçün prinsipial çətinliyə çevrildi. Onun gözəl izahlarında nə isə bir uyğunsuzluq var idi.

Yunan filosofu və ilahiyyatçısı İoann Filopon 517-ci ildə böhranı dərinləşdirdi: "Əgər hərəkətin səbəbi cismin əks tərəfinə havanın göstərdiyi təzyiqdirsə, onda arxa ucu itilənmiş ox itilənməmiş oxa nisbətən daha yavaş hərəkət etməli idi. Əslində isə, bunun əksi baş verir. Nə üçün? Həm də nə üçün daşı lələyə nisbətən daha uzağa atmaq olur?" Mühakiməni davam etdirən Filopon soruşur: "Əgər gərilmiş yayın ipi və ox və ya əl və daş bilavasitə bir-birinə toxunursa, mərminin arxasında hansı hava hərəkətə gətirilir? Əgər hava yan tərəfdən hərəkətə gətirilsə, onda atılmış cismin yolunda olmayan havanın bu cismə nə dəxli var ki? Bu və buna oxşar mülahizələrdən görünür ki, qüvvənin hərəkətə gətirdiyi əşyaların belə üsulla hərəkət etməsi mümkün deyildir. Daha doğrusu, atan atılan əşyaya nə isə qeyri-cismani kinetik güc verir, onun itələdiyi hava isə bu hərəkətə heç nə əlavə etmir və ya çox az şey [əlavə edir]".



Bu "qeyri-cismani kinetik güc" sonralar "impetus" (*lat.* "irəliyə can atma", "təzyiq", "hücum") adını aldı. İmpetus müasir fizika üçün fundamental olan impuls və kinetik enerji anlayışlarını qabaqlamışdır. Fransız alimi, Paris universitetinin rektoru Jan Buridan (təxminən 1300 – təxminən 1358) "Aristotelin səkkiz "Fizika" kitabına suallar" adlı əsərində Filoponun dəlillərinə yenilərini əlavə etmişdir. Məsələn, fırfıranın və ya bülöv daşının fırlanmasını havanın təzyiqi ilə necə izah edək, – axı onlar "yerlərindən getmədən" fırlanır və havaya bu zaman heç nə olmur. Buridan yazır: "Ona görə demək lazımdır ki, hərəkətverici hərəkət edən cismi hərəkətə gətirərək, ona müəyyən təkan (impetus) və ya hərəkət edən cismə məxsus olan və hərəkətverici hərəkət edən cismi hansı istiqamətdə hərəkət etdirmişdirsə, həmin istiqamətdə təsir edən hərəkətverici qüvvə tətbiq edir". Hava hərəkətə yardım etmir, əksinə, öz müqaviməti ilə ona mane olur və onu yavaşıdır, o vaxta qədər ki, "daşın ağırlığı üstün gələrək, daşı öz təbii yerinə istiqamətləndirir". Buridan cəsarətlə elan etmişdi: "Mənə elə gəlir ki, Aristotel bu məsələni düz həll etməmişdir".

NƏ ÜÇÜN DAŞ LƏLƏKDƏN UZAĞA UÇUR?

Əgər kimsə soruşsa ki, nə üçün mən daşı lələkdən uzağa atıram və nə üçün mənim əlim dəmiri və ya qurğuşunu eyni cür ağac parçasından uzağa atır, mən cavab verərəm ki, bunun səbəbi ondadır ki, ...cisimdə nə qədər çox materiya varsa, bir o qədər çox təkan (impetus) ala bilər. Sıx və ağır cisimdə başqa şərtlər eyni olduqda, seyrək və yüngül cismə nisbətən ilkin materiya çoxdur. Ona görə də, sıx və ağır cisim, dəmir eyni miqdarda ağaca nisbətən daha çox istilik ala bildiyi kimi, daha çox miqdarda təkan alır... Nə üçün yeyin hərəkət edən böyük bülöv daşını, kiçik daşa nisbətən dayandırmağın daha çətin olduğunun səbəbi də bundadır. Aydındır, çünki başqa şərtlər eyni olduqda böyükdə çox təkan var.

(J.Buridan.)

Lakin bu və ya digər çatışmayan cəhətlərin təhlili Aristotel fizikası kimi bu qədər əzəmətli binanı yıxa bilmədi. O, başqa səbəblərə görə səhnədən getdi. İntibah və Yeni dövr ərəfəsində elm anlayışının özü dəyişdi. İnsanlar alimlərdən əşyaların təbiətinin sadə izahını yox, həm də onların nəzəriyyələrinin praktiki tətbiqlərini gözləməyə başladılar.

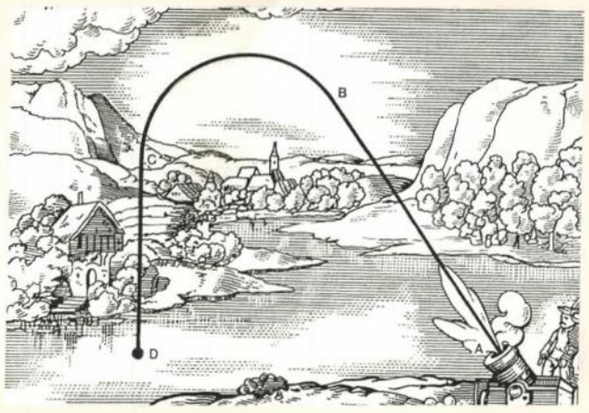
Daim müharibələr gedirdi, artilleriya – yeni güclü silah meydana çıxmışdı. Əgər mərmi hədəfə dəyirdisə, onda düşmənə xeyli ziyan verirdi. Lakin mərminin hara uçacağını və harada yerə düşəcəyini necə hesablamalı? Axı, məsələn, yaydan atəş açanda olduğu kimi, "gözəyarı" nişan almaq qeyri-mümkündür. Aydın oldu ki, Aristotel fizikası burada heç cür kömək edə bilməz.

Dünyanın Nikolay Kopernik tərəfindən təsvir edilmiş yeni, heliosentrik mənzərəsi məsələni çox kəskin qoydu, çünki o, Aristotel fizikası ilə heç də tam uzlaşmırdı. Lakin Kopernikin nəzəriyyəsi kifayət qədər inandırıcı görünmürdü: onun əsasında aparılmış hesablamalar, Ptolemeyin geosentrik cədvəllərindən daha az dəqiq idi. Kopernik astronomiyasının heç bir fiziki bünövrəsi yox idi, o, sanki, havada asılı qalmışdı. Heliosentrik nəzəriyyəni xilas etmək üçün böyük bir vəzifənin yerinə yetirilməsi – tamamilə yeni bir fizikanın yaradılması tələb olunurdu. Bunun üçünsə bu elmin əsaslarını və məsələlərini yeni baxımdan anlamaq, həqiqəti tapmağın və nəticələrin yoxlanmasının yeni metodlarını yaratmaq lazım idi. Elə bir alim ortaya çıxdı ki, dolaşıq nəzəriyyələr, keyfiyyətli mühakimələr və ağılkəsən ümumiləşmələr onu təmin etmədi. İnkişaf etdirilmiş məntiqi texnika ilə yox, ruletka, saat və riyaziyyatla silahlanmış italyan Qalileo Qaliley (1564-1642) işə girişdi.

TOP GÜLLƏSİNİN SİRRİ

Atılmış cisimlərin trayektoriyası haqqında elm olan ballistika yaranışından dinamikanın inkişafının hərəkətverici qüvvəsinə çevrildi. İlk əvvəllər top güllәsinin uçuşu impetus nəzəriyyəsinin köməyilə təsvir olunurdu. Məsələn, ərəb alimi ensiklopedist Əbu Əli ibn Sina (Avropada onu Avisenna adlandırırdılar; təxminən 980-1037) hesab edirdi ki, atıcı maşından daxili qüvvə alan güllə əvvəlcə düz xətt üzrə hərəkət edir. Alınmış impetus tədricən tükənir, güllə havada bir anlığa donur, sonra isə özünün təbii hərəkətinə başlayır – aşağı düşür. Bu, əlbəttə, heç də tam belə deyil – uzağa atılmış daşın trayektoriyasını müşahidə etmək kifayətdir. XIV əsrdə daha dəqiq təsvir meydana çıxdı, onu Jan Buridanın tələbəsi Saksoniyalı Albert etdi. O, güllənin uçuşunda üç faza ayırdı. Birinci fazada impetus gülləni atəşin açıldığı istiqamətdə hərəkət etməyə məcbur edir. İkinci fazada impetus getdikcə zəifləyir və güllənin ağırlığı onun uçuş trayektoriyasını yerə tərəf "döndərərək" əyməyə başlayır. Nəhayət, üçüncü fazada impetus qurtarır və güllə şaquli aşağı düşür. Saksonskinin nəzəriyyəsini qədim qravüra nümayiş etdirir. O dövrün hərbi mühəndislərini həmin qravüra üzrə təlimləndirirdilər.

1531-ci ildə italyan riyaziyyatçısı və mexaniki Nikkolo Tartal (təxminən 1499-1557) topçu dostunun verdiyi sualla maraqlandı: top lüləsini hansı bucaq altında yönəltmək lazımdır ki, o mümkün qədər uzağa atsın? Tartal belə nəticəyə gəldi ki, bu bucaq 45° təşkil etməlidir. Bu zaman o, intuitiv mülahizələrə istinad etmiş və bunu heç nə ilə əsaslandırmamışdı, ancaq aparılmış eksperimentlər onun tam haqlı olduğunu təsdiq etdi. Məhz Tartal mərmilərin hərəkətini təsvir edərək, ilk dəfə göstərdi ki, güllənin bütün hərəkəti əvvəldən axıra qədər əyri trayektoriya üzrə baş verir: "Üfüqə perpendikulyar olmamaqla atılmış sabit çəkili cismin məcburi hərəkəti tamamilə düz olan heç bir hissəyə malik deyil". Qalileyin kəşfindən sonra bu hökmün ciddi isbatını vermək və bu trayektoriyanın formasını dəqiq təsvir etmək mümkün oldu.



İntibah dövründə top güllәsinin hərəkət trayektoriyasını belə təsəvvür edirdilər. Qədim qravüra.



N.Tartal. Qravüra. XVI əsr.

QALİLEY. ELMİN YARANMASI

Qaliley hesab edirdi ki, "Təbiətin kitabı riyazi işarələrlə yazılmışdır". O, ilk dəfə ciddi hesablamalar tətbiq etməyə və təbiətin qanunlarını təcrübi olaraq əsaslandırmağı tələb etməyə başladı. Daimi mühakimələr və eksperimentlər üçün 40 il lazım oldu ki, 1638-ci ildə Qalileyin kitabı, fizikanın inkişafında dönüş anına çevrilmiş "İki yeni elmə, mexanika və yerli hərəkətə aid söhbətlər və riyazi isbatlar" kitabı işıq üzü görsün. O, nəhayət, Aristotelin izah edə bilmədiyini: cismə daha heç nə təsir etmədiyi zaman cisim nə üçün hərəkət edir? – sualını izah etməyə müvəffəq oldu. Qaliley *ətalət prinsipini* kəşf etdi:

"Üfüqi müstəvi üzrə hərəkət edən cisim, hərəkətə qarşı heç bir müqavimətə rast gəlmirsə, ... onda onun hərəkəti bərabərsürətlidir və əgər müstəvi fəzada sonsuzluğa qədər uzanardısa, sonsuz davam edərdi". Əslində "mail müstəvi üzrə aşağı hərəkəti zamanı yeyinləşmə, yuxarı hərəkəti zamanı isə yavaşıma müşahidə olunur. Buradan çıxır ki, üfüqi səth üzrə hərəkət "dəyişməzdir, çünki... onu heç nə zəiflətmir, yavaşıtmır və sürətləndirmir".

Bu, məhz ətalət üzrə hərəkətdir. Əgər cisim artıq müəyyən sürətlə hərəkət edirsə, onda bu hərəkəti qoruyub saxlamaq üçün heç bir qüvvə lazım deyil. Əksinə, qüvvə onu dayandırmaq üçün lazımdır. Ümumiyyətlə, xarici təsir yalnız cismin sürətini dəyişdirmək üçün lazımdır. Məsələn, sükunətdə olanı hərəkətə gəlməyə, hərəkət edəni dayanmağa, hərəkət sürətini artmağa və ya azalmağa məcbur etmək üçün lazımdır. Alim deyirdi: "Cismin büruzə verdiyi sürət dərəcəsi sarsılmaz olaraq onun öz mahiyyətindədir, halbuki yeyinləmənin və ya yavaşmanın səbəbləri cismin xaricindədir".



Q.Qaliley. Qravüra.

Yeni baxışların inqilabi gücünü dərk edən Qaliley təntənəli surətdə demişdi: "Biz predmeti olduqca köhnə olan tamamilə yeni bir elm yaradırıq. Təbiətdə hərəkətdən qədim olan heç nə yoxdur, lakin filosoflar məhz onun haqqında əhəmiyyət kəsb edən çox az şey yazıblar. Ona görə də mən dəfələrlə təcrübədə onun öyrənməyə layiq olan və bu vaxta qədər ya məlum olmayan, ya da sübut olunmamış xüsusiyyətlərini öyrəndim".

QALİLEY SƏRBƏSTDÜŞMƏ HAQQINDA

Lakin bütün təcrübələrdən və düşüncələrdən sonra, Qalileyin öhdəsindən gələ bilmədiyi bir sirr qalırdı. Nə üçün cisimlər aşağı düşür? Bunu "ağırlıq qüvvəsi" adlandırmaq olar, lakin bundan aydın olmayacaqdır ki, "daşı aşağı hansı prinsip və hansı qüvvə hərəkət etdirir". Qaliley təsdiq edirdi ki, "biz addan başqa heç nə bilmirik" və bu cəhət onu əvvəlki dövrlərin əksər alimlərindən prinsipial olaraq fərqlən-

Q.Qaliley. "İki yeni elmə, mexanika və yerli hərəkətə aid söhbətlər və riyazi isbatlar". Titul vərəqi. Leyden. 1638-ci il.



dirirdi. Əvvəllər hesab olunurdu ki, hadisəni adlandırmaq və təsvir etmək – bu, artıq kifayətdir. Qaliley həll olunmamış sirlə rastlaşaraq, səmimi qeyd edir: bunu biz hələ bilmirik. O yazır: "Mən düşünürəm ki, indi cisimlərin təbii hərəkətlərindəki təcilin səbəblərinə dair məsələlərlə məşğul olmaq üçün əlverişli məqam deyil".

Lakin hərəkətin səbəblərini bilmədən yenə də onu öyrənmək olar və bu, məsələnin radikal yeni qoyuluşudur. Qaliley məhz bununla məşğul olur. O, hipotez irəli sürür: düşən cisimlərin hərəkəti *bərabərtəcillidir*, yəni elədir ki, bu zaman onların sürətləri bərabər zaman fasilələrində eyni bir kəmiyyət qədər dəyişir. Lakin bunu necə yoxlamalı? Cisimlər elə tez düşür ki, yolun müxtəlif kəsiklərini onların hansı zaman ərzində qət etdiyini ölçmək sadəcə olaraq mümkün deyildir. Onda alim düşmə prosesini necə yavaşıtmaq mümkün olduğunu düşünüb tapır: o, kürəciyi mail növ üzrə aşağı buraxır. Çünki əgər düşünsək görərik ki, düşmə prosesi şaquli duran növ üzrə düşməyə oxşardır. Ona görə düşmə və diyirlənmə zamanı hərəkətin qanunauyğunluqları eyni olmalıdır.



Həndəsi çıxarışların köməyilə Qaliley sübut etdi ki, hər cür bərabərtəcilli hərəkətdə cismin sükunət halından başlayaraq getdiyi yol hərəkət müddətinin kvadratı ilə düz mütənasibdir:

$$s \sim t^2.$$

Tərsi də doğrudur: göstərilən qanuna tabe olan istənilən hərəkət də bərabərtəcillidir. Kürəcik nov üzrə məhz bu cür hərəkət edirdi, onun getdiyi yol hərəkət müddətinin kvadratı ilə mütənasib olmuşdur. Bu o deməkdir ki, baxılan hərəkət bərabərtəcillidir. Deməli, sərbəstdüşmə də bərabərtəcillidir.

Aristotel deyirdi ki, ağır cisimlər yüngül cisimlərdən daha tez düşür.

NOVLA APARILAN TƏCRÜBƏ

Qaliley öz təcrübəsini belə təsvir edirdi: "Xətkeşin, yaxşı olardı ki, ağac lövhənin ensiz tərəfində uzunluğu on iki lokt... eni bir dyümdən bir az çox olan kanal açılsın. Bu kanal tam düz açılmalı və onu kifayət qədər hamar və sürüşkən etmək üçün, ona daxildən mümkün qədər düz və cilalanmış perqament yapışdırmalı; bu kanal boyunca bərk hamar bürünc kürəciyi düşməyə məcbur edirik... Bütün xətkeşi qət etmək üçün sərf olunan vaxtı, onun yarısını, üçdə ikisini, dörddə üçünü və ya istənilən digər hissələrini qət etməkdən ötrü sərf olunan vaxtla müqayisə edərək və təcrübəni yüz dəfələrlə təkrar edərək, biz həmişə müəyyən edir ki, gedilən yolların nisbəti müstəvinin, yəni kürəciyin sürüşdüyü kanalın bütün meyillərində onları qət etmək üçün sərf edilən vaxtın kvadratları nisbətinə bərabərdir... O ki qaldı zamanı ölçmə üsuluna, biz su doldurulmuş və yuxarıdan asılmış böyük vedrədən istifadə etdik; vedrənin dibində dar kanal açılmışdı; bu kanaldan su nazik şırnaqla tökülürdü və kürəciyin, bütün kanal və ya onun hissələri üzrə düşmə müddəti ərzində kiçik bokalda toplanırdı, bu cür toplanmış su, hər dəfə çox dəqiq tərəzidə çəkilirdi".



Qalileyin maili novu (yenidən qurulmuşdur).

Bizim gündəlik təcrübəmiz, sanki bunu təsdiq edir: yarpaq ağacdan qoza nisbətən, söz yox ki, daha yavaş düşür. İlk dəfə Qaliley başa düşdü ki, məsələ burada cisimlərin çəkisində yox, havanın müqavimətindədir. Boşluqda bütün cisimlər eyni sürətlə düşərdi. Bunu yoxlamaq üçün Pizadakı məşhur "yıxılan qüllədən" eyniölçülü, çəkiləri isə 10 dəfə fərqlənən kürəcikləri (məsələn, ağac və qurğuşun kürəcikləri) buraxdılar. Onlar yerə, demək olar ki, eyni vaxtda çatırdı. Aristotelin inandırıcı mühakimələrinin əksinə olaraq, bu aydın deyildi, hətta daha çox paradoksal görünürdü ancaq doğru idi!

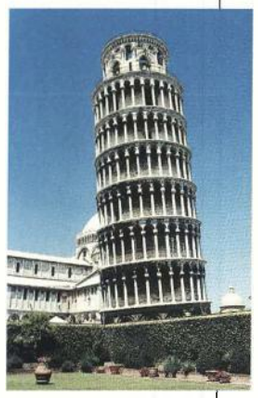
QALİLEY ATILMIŞ CİSİMLƏRİN HƏRƏKƏTİ HAQQINDA

Qalileyin növbəti mühüm kəşfinin o dövrün başlıca məsələsi ilə – top güllələsinin trayektoriyasına dair məsələ ilə birbaşa əlaqəsi var idi.

Düzxətli hərəkət haqqında və cisimlərin sərbəst düşməsi haqqındakı bildiklərini top güllələsinin hərəkətinə tətbiq etməklə, Qaliley iki hərəkəti: üfüqi xətt üzrə "bərabərsürətli maneəsiz hərəkətlə" və "ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında" aşağı istiqamətdə "bərabərtəcilli hərəkəti" toplamaqla trayektoriyanın əyriliyini izah etdi. *Hərəkətlərin toplanması prinsipi* belə meydana çıxdı.

İlk dəfə olaraq, üfüqə bucaq altında atılmış cismin trayektoriyasının şəklini dəqiq göstərmək mümkün oldu – bu, *paraboladır*.

Qaliley Tartalın zənnini riyazi olaraq sübut etdi. Bu zənn ondan ibarət idi ki, "maksimal uçuş məsafəsini... biz meyil bucağının düz bucağın yarısına bərabər olan qiymətində alırıq". Qaliley öz "Söhbətlər..." əsərində yazırdı: "Təkcə yalnız riyaziyyata məxsus olan isbatın inandırıcı gücü adamı təəccübləndirir və bununla bərabər heyran edir. Mən təcrübəli bombardmançıların sözləri əsasında belə bir faktı öyrənmişəm ki, toplardan və ya mortiralardan açılan bütün atəşlərdən ən uzaqvuranı, yəni mərmini ən böyük məsafəyə atanı... düzbucağın yarısına bərabər bucaq altında və ya, onların dediyi kimi, bucaqölçənin altıncı bölgüsündə açılan atəşdir... Lakin bunun niyə belə baş verməsinin səbəbini dərk etmək, başqa şəxslərin sadəcə şahidliyindən və ya "hətta, dəfələrlə təkrarlanan təcrübədən "ölçüyəgəlməz dərəcədə faydalıdır".



Pizada "yıxılan qüllə". İtaliya. XII-XIV əsrlər.

Bu andan başlayaraq, elm artıq təkcə izah etməyi yox, həm də düz-

HANSI CİSİMLƏR DAHA TEZ DÜŞÜR?
(Qaliley Aristotelə qarşı)

Aristotel. Eyni bir mühitdə müxtəlif çəkili cisimlər müxtəlif sürətlərlə hərəkət edir, bu sürətlər öz aralarında cisimlərin çəkiləri kimi münasibətdədir, belə ki, məsələn, əgər bir cisim digərindən on dəfə ağırdırsa, onda o da on dəfə tez düşəcəkdir.

Qalileo Qaliley. Birincisi, mən çox şübhə edirəm ki, belə bir faktın doğruluğunu Aristotel təcrübədə görmüşdür: biri o birindən on dəfə ağır olan və məsələn, 100 dirsək (adamın dirsək hissəsinin təxminən 38-46 sm uzunluğuna bərabər olan uzunluq vahidi) hündürlükdən eyni zamanda düşməyə başlayan iki daş bu qədər fərqli sürətlərlə hərəkət edir və daha ağırı yerə çatdığı bir vaxtda daha yüngülü cəmi 10 dirsək getmiş olar... Bəli, hətta bundan sonra təcrübələrsiz də qısa, lakin inandırıcı mühakimə yolu ilə biz belə hökmün doğru olmadığını aydınca göstərə bilərik ki, guya daha ağır cisimlər daha yüngül cisimlərdən yeyin hərəkət edir. Tutaq ki, təbii düşmə sürətləri müxtəlif olan iki cisim var, yeyin hərəkət edəni yavaş hərəkət edənlə birləşdirək. Onda tez düşən cismin hərəkəti bir qədər ləngiyəcək, digərinin hərəkəti isə bir qədər yeyinləşəcəkdir. Əgər böyük daş, deyək ki, səkkiz "dərəcə" sürətlə, digəri, kiçik daş isə dörd "dərəcə" sürətlə hərəkət edirsə, onda onları bir-birinə bağlamaqla, biz səkkiz "dərəcədən" kiçik sürət almalıyıq; lakin bir-birinə bağlanmış iki daş səkkiz "dərəcə" sürətə malik olan əvvəlki daşdan daha böyük bir cisim təşkil edir; deməli, belə çıxır ki, (birincidən ağır olan) mürəkkəb tərkibli cisim, ondan yüngül olan birinci cisimdən yavaş hərəkət edəcək, bu isə ilkin fərziyyəmizə ziddir. Buradan alınır ki, eyni xüsusi çəkiyə malik olan böyük və kiçik cisimlər eyni sürətlə hərəkət edir.

(Q.Qalileyin "Elmin iki yeni sahəsinə, mexanika və yerli hərəkətə aid söhbətlər və riyazi isbatlar" kitabından. 1638-ci il.)

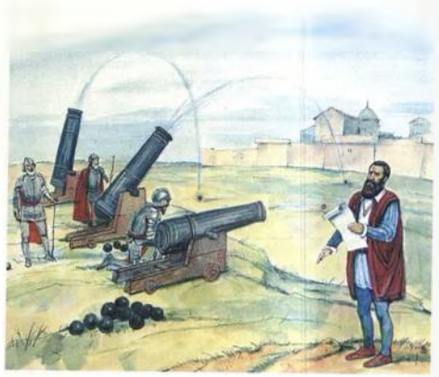
gün nəzəriyyənin köməyilə qabaqcadan xəbər verməyi bacardı. Qaliley yazmışdı: "Yalnız indi yeni tədqiqatlar üçün qapılar açılmışdır. Həmin tədqiqatlar çoxlu yeni maraqlı fikirlərə və nəticələrə gətirib çıxara bilər".

Öz kitabını Qaliley görə bilmədi. Kitab çapdan çıxan vaxt 74 yaşlı alimin gözləri tutulmuşdu. Lakin o, təbiətin öyrənilməsində özünün etdiyi çevrilişin miqyasını yaxşı dərk edirdi; dərk edirdi ki, onun kitabı "geniş və olduqca mühüm yeni bir elmin yaradılması üçün yollar açır... Bu elmin dərin sirlərinə yiyələnmək gələcək alimlərin hər şeylə maraqlanan zəkalarının ixtiyarına verilir".

Qaliley özünün "Söhbətlər..." kitabında balaca bir fənd işlətmişdi. Əslində, topdan atəş açarkən maksimal uçuş məsafəsi 45°-dən kiçik bucaq olanda əldə olunur; havanın müqavimət qüvvəsi özünü göstərir. Bu fakt "təcrübəli bombardmançılara" məlum idi.

QALİLEYDƏN SONRAKI DİNAMİKA

Qaliley tərəfindən söylənilmiş ətalət ideyasının sonrakı inkişafa ehtiyacı var idi. Aristotel nəzəriyyəsinin təsiri hələ böyük idi və iki növ hərəkət: təbii və məcburi hərəkətlər haqqında təsəvvürlər qalırdı. Qaliley ətalət üzrə hərəkəti dəqiq düzxətli hərəkət yox, Yerin sferik səthi boyunca davam edən hərəkət kimi düşünürdü. Böyük fizik buna oxşar hərəkətdə göy cisimlərinin dairəvi hərəkətlərinin izahının açarını görürdü. Göy cisimlərinin təbii hərəkəti indi dünyanın mərkəzi ətrafındakı hərəkət kimi yox, ətalət üzrə hərəkət kimi başa düşülürdü, lakin, əvvəlki kimi, bu yalnız dairəvi hərəkət ola bilərdi. Dünyaya bu baxış daha geniş idi, çünki heliosentrik sistem Kainatın mərkəzində Yeri yox, Günəşi yerləşdirmişdi və həm də planetlərin onun ətrafında fırlanmasını mümkün hesab edirdi. Lakin hətta Qalileyin müttəfiqləri də onun fizikasının özülündə hansısa bir dolaşıqlıq hiss edirdilər.



Artıq Qalileyin ölümündən iki il sonra, 1644-cü ildə fransız filosofu, riyaziyyatçısı və təbiətşünası Rene Dekart (1596-1650) ətalət qanununun daha dəqiq və dolğun tərifini verdi: "Əgər cisim hərəkətə gəlibsə, onda bu artıq kifayətdir ki, o, öz hərəkətini həmin sürətlə və həmin düz xətt üzrə, hər hansı başqa bir səbəbdən dayandırılana və ya meyil etdirilənə qədər davam etdirsin". Lakin Dekart yeni ətalət prinsipini planetlərin dairəvi hərəkəti ilə təbii olaraq uzlaşdırmağa müvəffəq olmadı. Hər şeyi uc-uca calamaq üçün o, hər hansı görünməyən bir substansiya – efir (plenum) daxil etməli oldu. Efirin burulğanları planetlərin trayektoriyasını burur.

Ətalət ideyası əsasında Dekart *impuls* (*lat.* impulsus – "zərbə", "təkan") və ya *hərəkət miqdarı* anlayışı daxil etdi, bu anlayış "cismin qiymətinin onun hərəkət sürətinə hasilidir". İmpulsun saxlanması ideyasını irəli sürərək Dekart cisimlərin toqquşmasının ilk nəzəriyyəsini yaratdı; düzdür, bu nəzəriyyə yalnız xüsusi halda – bir düz xətt üzrə hərəkət halında doğru idi. Eksperiment Dekartın nəzəriyyəsini təsdiq etmədi, lakin bu onu heç təşvişə salmadı: "Təcrübə əksini göstərsə də, amma biz öz hisslərimizdən çox ağlımıza inanmağa məcburuq".

1666-cı ildə London Kral Cəmiyyəti toqquşan cisimlərin hərəkət qanunlarına həsr olunmuş ən yaxşı iş üçün müsabiqə elan etdi. Bu müsabiqədə riyaziyyatçı Con Vallis (Uollis; 1616-1703), ingilis arxitektoru, riyaziyyatçısı və astronomu Kristofer Ren (1632-1723) və holland təbiətşünası, o vaxtlar Parisdə işləyən Xristian Hüygens (1629-1695) iştirak etdilər. Onlar impuls anlayışının vektorial xarakterini aydınlaşdırdılar. Bunun sayəsində onlar impulsun saxlanması qanununun doğru olduğunu sübut etməyə və ilk dəfə cisimlərin toqquşmadan sonrakı sürətlərini hesablamağa müvəffəq oldular.

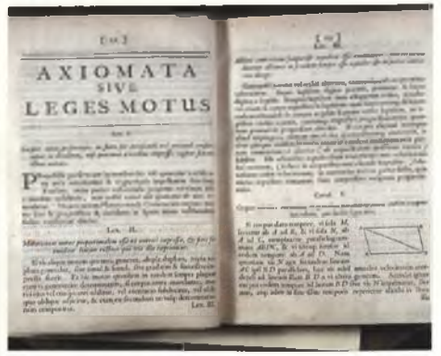
Fizika yalnız təsvir etməyi yox, o, hesablamağı və qabaqcadan xəbər verməyi öyrəndi. Nəhayət, aydın oldu ki, Aristotel erası sona çatmışdır. Yeniləşdirilmiş elmin önündə sonsuz üfüqlər var idi.

NYUTON DİNAMİKASI

> Təbiətin quruluşu, onun qanunları
> Əzəl qaranlıqda gizlənmişdi.
> Lakin Allah dedi: "Gəl, Nyuton!"
> Və hər yanda işıq yayıldı.
>
> *A.Pop*

Nyuton fizikası onun həm müasirlərinə və həm də sonrakı nəsillərə son dərəcə heyrətləndirici təsir bağışladı. Bu insanın dühası sayəsində daşın düşməsi və Ayın hərəkəti, Yerin qütblərdən basıqlığı və okean qabarmaları, planetlərin və onların peyklərinin elliptik orbitləri, kometaların trayektoriyası və cismin çəkisinin coğrafi enlikdən asılılığı kimi tamamilə müxtəlif hadisələr vahid nöqteyi-nəzərdən təsvir olundu. Hər şey öz yerini tutdu. Dünyanın gözəl fiziki mənzərəsi yarandı. Onun əsasında hərəkətin üç aksiomu və bu aksiomların köməyilə müşahidə olunan hadisələrdən çıxarılmış və sadə riyazi düsturla ifadə olunmuş ümumdünya cazibə qanunu dururdu. Dünyanın Aristotel tərəfindən yaradılmış və orta əsrlərin sxolastları tərəfindən təhkim edilmiş ilk elmi mənzərəsi dağılan bir vaxtda yeni fiziki dünyagörüşü bütöv bir dövrü tamamlamış oldu. Bu dövrdə adi bilik dairəsini genişləndirmiş olan böyük coğrafi kəşflər edilmiş, katoliklər və protestantlar arasında xristianlığın düzgün başa düşülməsinə dair, insan mövcudiyyətinin ən dərin qatlarına toxunan sonsuz mübahisələr şiddətlənmiş, ticarət və istehsal coşqun inkişaf etmişdi. Bütün bunlar orta əsrlər cəmiyyətinin gündəlik sütunlarını sındırırdı.

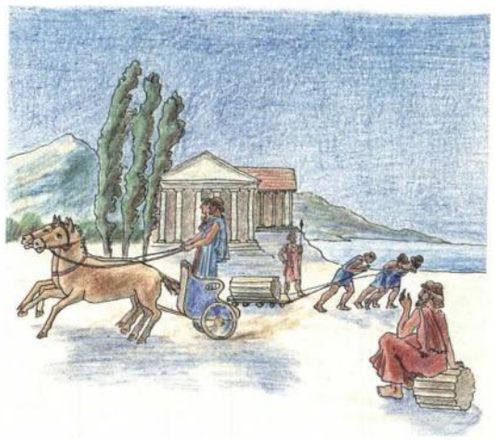
Yeni fiziki dünyagörüşün təşkilat başlanğıcı mexanika – cisimlərin hərəkəti haqqındakı elm oldu; bu elm riyazi şəkildə ifadə olunmuş dəqiq prinsiplər üzərində qurulmuşdu. Nəticədə bütün dünya, hərəkətləri riyazi dildə ifadə olunmuş dəyişməz fizika qanunlarına tabe olan cisimlər sistemi kimi göz önündə durdu. "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları"nın oxucularını ehtiramlı bir həyəcan bürüyürdü: sanki, Tanrının özü Nyutonun əli ilə Kainatın yaranması prinsiplərini təsvir etmişdir.



"Riyazi başlanğıclar"ın Nyuton qanunları olan hissəsinin əvvəli.



İ.Nyuton.
Poçt kartoçkası.
Fransa.
XIX əsrin sonu.



MEXANİKA NECƏ FİZİKA OLDU

"Mexanika" qədim yunan dilindən tərcümədə "fənd", "kələk" deməkdir. Qədim yunanlar hesab edirdilər ki, mexaniki qurğuların köməyilə təbiəti aldatmaq olar, axı ling və ya tərpənən blok qüvvədə qazanc verir. Beləliklə, mexanika şeylərin təbiətini öyrənməklə məşğul olan fizika deyildi, insanların təbiətə təklif etdikləri, bununla da onu təhrif etdikləri nə isə bir şey idi. Antik filosofların fikrincə, insanın təbiətə müdaxilə etməsi (sözün geniş mənasında eksperiment) təbiət üzərində zorakılıqdır və şeylərin mahiyyətini dərk etməkdən uzaqlaşdırır. Şeylərin mahiyyətinə insan fəaliyyətinin təsir etmədiyi, toxunmadığı təbiəti diqqətlə müşahidə etməklə, ağlın gözü ilə nüfuz etmək lazımdır.

Bəs nə üçün XVII əsrdən başlayaraq mexanika artıq, mexanizmlər haqqında təlim də daxil olmaqla, cisimlərin hərəkəti haqqında ümumi bir elm kimi fizikanın təməli sayıldı? Nə üçün mexanika insanın onun köməyilə təbiəti aldadanın fəndgirlikdən təbiətin özü haqqındakı elmə, yəni fizikaya çevrildi?

Aristotel fizikanı təbiət haqqındakı elm kimi təyin edərək və təbiət dedikdə hissi qavranılan şeylərdəki nizamlılığı başa düşərək, pifaqorçularla onda razılaşmırdı ki, təbiət haqqındakı təsəvvürlər riyazi ifadə olunmalıdır, çünki riyaziyyat müşahidə olunan hadisələrin məqsədli səbəbləri haqqında, yəni bu hadisələrin nəyin xatirinə baş verməsi haqqında heç nə demir. Aristotel fizikasında təbiət hər cür dəyişmənin və hərəkətin qanunauyğun mənbəyidir, Kainatdakı bütün proseslərin son səbəbləri isə o məqsədlərdir ki, onların xatirinə həmin proseslər həyata keçir, çünki məqsəd yoxdursa, bu və ya digər prosesin niyə (nə üçün) başlandığı aydın olmur. Ona görə də, Aristotelin fikrincə, fizika son nəticədə dünyanı idarə edən əbədi və dəyişməz məqsədli səbəbləri açmalıdır.

Təbiətin məqsədlər sistemi kimi, Aristotel anlamının dağılmasında, Kainata aid bütpərəstlik baxışlarını inkar etmiş xristianlıq mühüm rol oynadı. Əgər dünya Allah tərəfindən yaradılıbsa, deməli, yaradıcılıq fəaliyyəti təbiətə yox, yaradana məxsusdur. İstənilən hərəkətin və dəyişmənin son səbəbi həqiqi dünyadan kənarda yerləşir, çünki onu Allah yaratmışdır. Təbiət daha bütün baş verənlərin aktiv başlanğıcı deyil. Nəticədə cisimlər hərəkət mənbəyindən məhrum olmuş, cansız və keyləşmiş materiyaya çevrildi. Onlar ətalətli oldular.

Bu cür dünyagörüşü Aristotel teleologiyasından (teleologiya – məqsədlər haqqında təlimdir) köklü fərqlənən yeni fizika tələb edirdi. Əgər təbiətdə öz-özlüyündə heç bir məqsəd yoxdursa, deməli, hərəkət ancaq başqa bir hərəkətdən doğa bilər və hərəkətin ümumi miqdarı saxlanmalıdır. Aristotelə görə isə hərəkətin ümumi miqdarının saxlanması heç də tələb olunmur. Doğrudan da, əlimizdən buraxdığımız

daş, müəyyən bir məqsədli səbəbin təsiri altında olur və hər hansı başqa cismin hərəkəti hesabına yox, öz-özünə sürət yığır.

Beləliklə, xristian alimi üçün Allahın Kainatı yaratdığı anda ora daxil etdiyi cisimlərin ətalətliyi və ümumi hərəkət miqdarının saxlanması məhz təbiətdir – hisslərimizlə verilən dünyada Aristotelin axtardığı həmin nizamlılıqdır. Bu isə o deməkdir ki, sadə mexanizmlər (linglər, vintlər və s.) haqqında Arximed tərəfindən yaradılan və hərəkət haqqındakı yeni elmin prinsiplərilə tam uzlaşan təlim təbiəti aldatmaq üçün fəndgirlik deyil, təbiətin özü haqqında təlimdir, yəni fizikadır.

Lakin təbiət haqqındakı bu təsəvvürün tam gücü ilə işləməsi üçün, astronomiyada inqilab tələb olundu ki, onu da Nikolay Kopernik həyata keçirdi. İş ondadır ki, Aristotel fizikası geosentrizmdə kök salmışdı və geosentrizm çərçivəsində o, praktiki olaraq dişbatmaz idi. Onun üçün yeganə "xoşagəlməz" və Aristoteldən bir neçə əsr sonra üzə çıxmış cəhət bu idi ki, fizika ilə astronomiya arasından uçurum keçirdi. İlk əvvəl dünyanın Aristotel mənzərəsində Kainatın astronomik quruluşu fiziki prinsiplərə tam uyğun gəlirdi. Sonralar aydınlaşdırıldı ki, Aristotel astronomiyası dəqiq deyil. Xeyli dəqiq astronomik nəzəriyyəni II əsrdə iskəndəriyyəli alim Klavdi Ptolemey yaratdı. Lakin, artıq Ptolemeyin dövründə aydın oldu ki, göy cisimlərinin Yerdən müşahidə olunan eyni hərəkətlərini müxtəlif riyazi qurmaların köməyilə təsvir etmək olar. Orta əsr universitetlərində Aristotelin fizikası ilahiyyat fakültəsində, astronomiya isə incəsənət fakültəsində tədris olunurdu, çünki həmin dövrdə astronomiyaya artıq dünyanın həqiqi mənzərəsini əks etdirməyə qadir olmayan riyazi bir fənn kimi baxılırdı. Başqa sözlə, astronomiya, orta əsr filosoflarının fərz etdikləri kimi, göy cisimlərinin yalnız kinematik modellərini, özü də bu modellərin reallığa uyğun olduğunu iddia etmədən, qura bilərdi. Dünyanın həqiqi mənzərəsi isə yalnız abstrakt mühakimələr yolu ilə dərk oluna bilərdi. Bu mənzərəni məhz Aristotel fizikası təsvir edir: Yer Kainatın dəqiq mərkəzində yerləşir (Ptolemeydə olduğu kimi, bu mərkəzdən

Göy cisimlərinin (məsələn, planetlərin) mürəkkəb hərəkətini hesablamaq üçün Ptolemey çevrələrin kombinasiyasından istifadə etmişdir: kiçik çevrənin (episiklin) mərkəzi böyük çevrə (deferent) üzrə Yerin ətrafında hərəkət edir, göy cismi isə kiçik çevrə üzrə fırlanır.

EYNŞTEYN NYUTONUN METODU HAQQINDA

Nyuton qurduğu sistemin zəif yerlərini gələcək alimlər nəslindən daha yaxşı bilirdi. Bu hal həmişə məndə təəccüblü hörmət hissi doğururdu...

1. Hər yerdə gözə çarpır ki, Nyuton öz sisteminin təcrübədən bir zərurət kimi çıxdığını qeyd etməyə və təcrübəyə bilavasitə aid olmayan mümkün qədər az anlayış daxil etməyə çalışır. Buna baxmayaraq, o, mütləq fəza və mütləq zaman anlayışlarını daxil edir. Bizim dövrümüzdə onu tez-tez bunda günahlandırırlar. Ancaq məhz bu bənddə Nyuton daha ardıcıldır. O aşkar etmişdi ki, müşahidə etdiyimiz həndəsi kəmiyyətlər (maddi nöqtələr arasındakı məsafələr) və onların zamana görə dəyişmələri hərəkəti fiziki mənada tam xarakterizə etmir. Bu fikri o, özünün vedrə ilə apardığı məşhur təcrübəsində sübut etmişdir. Deməli, baş verən hadisələri kütlələrdən və onlar arasındakı zamana görə dəyişən məsafələrdən başqa, mövcud olan daha nə isə xarakterizə edir. Bu "nə isə"ni o, "mütləq fəzaya" münasibət kimi qavrayırdı. Nyuton başa düşürdü ki, onun qanunları o zaman məna daşıyar ki, fəza, maddi nöqtələr və onlar arasındakı məsafələr kimi, fiziki reallığa malik olsun.

2. Qravitasiya effektlərini təsəvvür etmək üçün məsafədən ani təsir edən qüvvələrin daxil edilməsi, bizə gündəlik təcrübələrimizdən tanış olan əksər hadisələrin xarakterinə uyğun deyil. Nyuton bu etirazları qabaqcadan görürdü və qeyd edirdi ki, onun qanunlarına son izahat kimi yox, təcrübədən çıxarılmış qayda kimi baxmaq lazımdır.

3. Nyuton nəzəriyyəsi son dərəcə maraqlı olan belə bir faktı izah edə bilmədi: cismin çəkisi və ətaləti eyni bir kəmiyyətlə (kütlə ilə) təyin olunur. Bu faktın diqqətəlayiq olduğu Nyutonun nəzərindən qaçmamışdı.

Bu qeydlər təbiət hadisələrinə hərtərəfli nüfuz etmək uğrunda mübarizə aparan elmi fikrin yalnız sönməz istəyinin ifadəsidir...



R.Dekart.
Qravüra.

müəyyən məsafə qədər sürüşməyib), hər bir planetin hərəkəti, bu planetə uyğun göy sferinin dəqiq bərabərsürətli fırlanması ilə şərtlənmişdir (həqiqətdə Ptolemeyin heç bir epitskli və deferenti mövcud deyildir) və s. Bunun əksinə olaraq, Kopernikin heliosentrik sistemi astronomiyanı qeyri Aristotel fizikası ilə deyil, yenidən fizika ilə birləşdirməyə imkan verdi.

Kopernik fərz etdi ki, astronomiyada həqiqət olmalıdır. O yazırdı: "Dünya sferalarının hərəkətini hesablamağın başqa üsulu haqqında məni düşünməyə məhz o vadar etdi ki, riyaziyyatçıların özləri bu hərəkətlərin tədqiq edilməsinə dair qərarlaşmış müəyyən heç nəyə malik deyillər? Astronomiyada şeylərin mövcud vəziyyətinin səbəbini Kopernik göy cisimlərinin hərəkətinin prinsipcə birqiymətli təsvirini verməyə qadir olmayan geosentrizmdə görürdü. Yalnız heliosentrizm dünyanın mənzərəsini qurmağa imkan verir. Bu mənzərədə "göy cisimlərinin ardıcıllığı və böyüklüyü, bütün sferalar və hətta göyün özü birbirilə elə bağlıdır ki, heç bir hissədə, Kainatın qalan hissələrində və bütöv Kainatda dolaşıqlıq yaratmadan, heç nəyin yerini dəyişmək mümkün olmayacaqdır". Məhz bu birqiymətlilik xristian fikir tərzi ilə birqiymətli uzlaşır: Allah, dünyanın şüurlu Yaradıcısı və Qanunvericisi kimi, Kainatı müəyyən bir səmərəli plan üzrə qurmuş və ona dəqiq qanunlar vermişdir.

Yeni fizikanın heliosentrizmə uyğun olan mərkəzi oxu cisimlərin ətaləti (ətalətliyi) – hərəkətsizliyi, ölgünlüyü, fəaliyyətsizliyi anlayışı oldu. Cisimlərə öz sürətini saxlamağa "çalışmaqdan" başqa heç nəyə icazə verilmirdi, onların özlərini yeyinləşdirmək və ya yavaşıtmaq "hüquqları yox idi". Cisimlərdə baş verən hər cür dəyişikliklər onların sadəcə hissələrinin yerdəyişməsinə gətirib çıxarırdı. Bununla da, mexaniki hərəkət hər cür dəyişmənin son təməlinə çevrildi, yəni şeylərin təbiəti oldu və nəticədə məlum oldu ki, fizika məhz mexanikadır.

İndi hətta elmi tədqiqat metodunun əsasına eksperimenti qoymaq olardı, çünki təbiət ölüdür və ona müdaxilə etmək qəbahət deyil; təbiətin qüvvələrindən maddi rahatlığı yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilməsinə mənəvi haqq qazandırılmışdır: çünki təbiət cansız mexanizmdir. İndi Frensis Bekonla birlikdə deyə bilərik ki, "Bilik qüvvədir" və Dekartla birlikdə elmin qarşısında təbiəti təslim etmək məqsədini qoya bilərik. XX əsrdə bioloq və seleksioner İ.V.Miçurinin dediyi sözlər daha təhqiramiz səslənmir: "Biz təbiətdən mərhəmət gözləyə bilmərik, ondan onları almaq bizim vəzifəmizdir".

Kopernikin, Qalileyin, Keplerin, Hüygensin, xüsusilə də Nyutonun əsərlərinin təsiri altında dünya haqqındakı təsəvvürlərdə böyük dəyişikliklər baş verdi. Bu alimlər dünyanın Aristotel fizikası ilə uyuşmayan yeni, heliosentrizm sisteminin yaradılması işinə çox böyük töhfə vermişlər.

YERİN TƏRPƏNMƏZLİYİNİN ARİSTOTEL TƏRƏFİNDƏN İSBATI

Qaliley və Nyuton mexanikası, əsasında cisimlərin hərəkəti haqqında Aristotel təlimi duran geosentrik fizika ilə mübarizədə yaranmışdır. Aristotel təlimi XVII əsrə qədər hamı tərəfindən qəbul edilmişdi. Qalileyin müasirləri olan elm xadimləri onun, Aristotel fizikasına zidd olan astronomik kəşflərini qəbul etmirdilər. Aristotel fizikası isə özünün ölçülüb-biçilməsi və inandırıcılığı ilə rəğbət qazanmışdı.

Aristotel öz-özünə sual verirdi ki, cisimlər prinsip etibarilə necə hərəkət etməyə qadirdir. Cavabı tapmaq üçün, o, bütün hərəkətləri təbii və məcburi hərəkətlərə böldü. İstənilən cisim ya öz-özünə hərəkət edir, ya da özbaşına yox. Üçüncüsü yoxdur, əks halda, sonralar üçüncünün istisnası qanunu adını almış məntiq qanunu pozulmuş olardı.

Cisim öz-özünə, heç bir aşkar kənar kömək olmadan hərəkət edirsə (məsələn, sərbəst düşürsə), onda onun hərəkəti təbii olaraq (təbiəti üzrə) baş verir. Yox əgər cisim başqa bir cisim tərəfindən hərəkətə gətirilirsə, onda belə hərəkət təbii yox, məcburi hərəkət olur. Buna oxşar mühakimələrə əsaslanaraq, guya ki, bu mühakimələr səhvlərin mənbəyi ola bilməzdi, Aristotel Yer kürəsinin Kainatın mərkəzində sükunətdə olduğunu sübut edərək, Pifaqorun ardıcıllarının Yerin hərəkəti haqqında irəli sürdükləri ideyanı rədd etdi. Necə oldu ki, yalnız faktlara və məntiqə əsaslanmağa çalışan Aristotel bu cür səhv nəticəyə gəlmişdi? O, təxminən belə mühakimə edirdi.

Yer ya hərəkət edir, ya da hərəkət etmir. Əgər hərəkət edirsə, onda ya təbii (öz-özünə), ya da məcburi (özbaşına yox) hərəkət edir. Birinci halda Yerin hər bir hissəsi öz təbiətinə görə tamamilə müəyyən bir hərəkətə malikdir. Lakin daşlar (Yer kürəsinin bir hissəsi olmaqla) təbiəti üzrə Yerə paralel hərəkət edərək, müəyyən hündürlükdə asılı qalmır, özbaşına aşağı düşür. Bəlkə, onları nə isə Yerin mərkəzinə doğru itələyir və ya dartır? Məsələn, daşları aşağı sövq edən hansı cisimlərdir? Lakin biz belə cisimləri müşahidə etmirik və ona görə də bu hipotez elmi mühakimənin əsası ola bilməz. Bu, Aristotelə görə, elmdə yeri olmayan, sadəcə, fantaziyadır. İkinci halda, Yer hansısa başqa bir cismin təsiri ilə hərəkət etməlidir ki, bunu təcrübədə müşahidə etmirik. Deməli, Aristotelin metoduna görə, bu halı da qeyri-elmi hal kimi atmaq lazımdır.

Bu cür real təcrübə və mühakimələr mütəfəkkiri belə nəticəyə gətirdi ki, Yer tərpənməzdir. Hər şey guya onu göstərir ki, Yer kürəsi Kainatın mərkəzində sükunətdədir. Bəs burada səhv nədədir?

Birincisi, indi məlum olduğu kimi, elə şeylər var ki, onlar bilavasitə müşahidə olunmur (elektronlar, protonlar və digər mikro obyektlər). Eksperiment yalnız elementar zərrəciklərin qoyduğu "izləri" qeyd edir. Deməli, əgər biz nəyin isə Yeri necə itələdiyini və ya dartdığını görmürüksə, onda bu hələ onun hərəkətinin "təbiiliyi" xeyrinə həlledici dəlil ola bilməz. İkincisi (bu başlıcasıdır), özünün xarici gözəlliyinə baxmayaraq, Aristotelin hərəkət haqqındakı nəzəriyyəsinin mühüm daxili nöqsanı var: hərəkətin fiziki səbəbi anlaşılmaz qalır. Doğrudan da, təbiəti üzrə cisim hərəkətə (məsələn, daş düşməyə) necə başlaya bilər? Əgər ona heç bir başqa cisim təsir etmirsə, onda ümumiyyətlə hərəkət nə üçün yaranır? Aristotelin ardıcıllarının fikrincə, daş özünün təbii yerinə – dünyanın mərkəzinə düşmək istəyini sınayır. Belə çıxır ki, bütün Kosmos cürbəcür arzu və həvəslərlə hopdurulmuşdur. Bu cür təlim ətraf aləmə yaradıcılıq fəaliyyəti şamil edir. Belə təlimin tərəfdarları təbiətdə canlı mənbə görürlər, onu ruhlandırırlar, onlar üçün təbiətdə istehlakçı münasibəti göstərmək yaddır. Onların anlamında təbiət – emal etmək üçün obyekt və material deyil, tərəfdaşdır, subyektdir, müsahibdir. Bütün Kainat canlı orqanizmdir! Buna oxşar təsəvvür heç də qədim fizika ilə birlikdə yox olmamışdır. Belə təsəvvür şairlərin və filosofların yaradıcılığında qalmışdır.





Böyük Britaniyada İ.Nyutonun "Riyazi başlanğıclar..."ının 300 illiyi ilə əlaqədar buraxılmış markalar.

Hər şeyə xəlvəti qulaq asmağa
can atır həyat
Tələsir hadisələri cansızlaşdırmağa,
heyhat.
Unudur ki, pozsa onlarda canlı əlaqəni.
Onda dinləməyə də ehtiyac olmaz, yəqin.

İ.V.Gete təbiət anlamını belə ifadə etmişdir.

Lakin hətta əgər təbiətin canlılığını qəbul etsək belə, fərqi yoxdur, aydın deyil ki, hərəkət etmək istəyi necə hərəkətin özünə çevrilə bilər. Təsəvvür edək ki, tamamilə hamar olan buz üzərindəki adam irəliyə doğru bir neçə addım atmaq arzusundadır. Yəqin ki, heç nə alınmayacaqdır, onun ayaqları sürüşəcəkdir. Dayaq tərəfindən nə qədər ki, adama sürtünmə qüvvəsi təsir etmir, o, hərəkətə başlamır: heç bir arzu, istək burada kömək etməyəcəkdir. Əks halda, möcüzə baş vermiş olardı. Belə çıxır ki, hərəkətin səbəbini hərəkət etmək arzusu ilə izah etmək həqiqətdə yalnız gözdən pərdə asmaqdır. Doğrudur, çox inandırıcı pərdə asmaqdır. Bu, çox əsrlər davam etmişdir.

Otaqda adamın hərəkət etməyə başlamasının, sükunət halından ilk addımı atmasının səbəbi bəs nədədir? Nyutona görə, bunun səbəbi – döşəmə tərəfindən təsir edən sürtünmə qüvvəsidir. Belə çıxır ki, döşəmə hər hansı bir fəallıq büruzə verir. Lakin Aristotel üçün bu cəfəngiyatdır. Son səbəb məhz addım atmaq arzusudur, hansı isə daxili bir impulsdur, elə bir şeydir ki, onun naminə bu addım atılır. Bir sözlə, məqsədli səbəbdir. Doğrudur, hər halda aydın deyil ki, arzu, istək real əzələ gərilməsinə necə gətirib çıxarır? Nyutona görə isə təbiətdəki bütün hərəkətlərin son səbəbi Allahdır – fiziki dünyanın, təkcə onun yox, qanunvericisidir. Problemin bu cür həlli yeni dünyagörüşü tələb edirdi ki, bu da yalnız XVIII əsrə yaxın yetişdi. Hərəkətin Aristotel nəzəriyyəsindən köklü fərqlənən düzgün nəzəriyyəsi formalaşmağa başladı. Bu nəzəriyyəni bütöv şəkildə məhz Nyuton yaratdı.

Allah fəzada və zamanda mövcud deyil, lakin Özü öz mövcudluğu ilə fəzanı və zamanı yaradır.

I.Nyuton



"Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" əsərinin birinci nəşrindən səhifə. Fəza və zaman haqqında dərs (sxoliya).

FƏZA, ZAMAN, MATERİYA

Hərəkət haqqındakı elmi nədən başlayıb qurmaq lazımdır? Aristotelin təcrübəsinin və Nyutonun digər böyük sələflərinin təcrübələrinin göstərdiyi kimi, real cisimlərin hərəkətlərinin müşahidəsi öz-özlüyündə hələ doğru nəzəriyyəyə gətirilib çıxarmır: nəticələr tamamilə yalan ola bilər. Nyutona görə, əvvəlcə özlüyündə olduğu kimi, ən xalis şəkildə hərəkəti, fəza və zamanı dərk etmək lazımdır. Ona görə də Nyuton öz mexanikasını ən fundamental anlayışların: fəza, zaman və materiyanın təhlilindən başlayır.

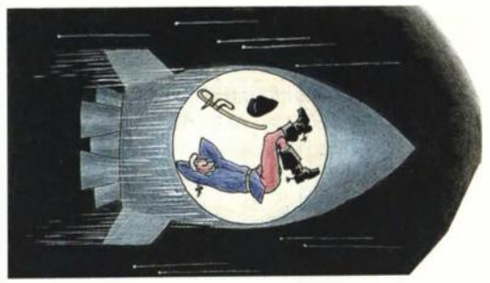
Fundamental anlayışları digər anlayışlar vasitəsilə dəqiq təyin etmək mümkün deyil. Lakin bu, o demək deyil ki, fəza, zaman və materiya bizə bütünlüklə aydın deyildir. Biz onları intuitiv olaraq, yəni bilavasitə anlayırıq.

Axı hərəkət haqqında danışanda, biz artıq fəza və zaman anlayışları altında nəyi isə başa düşmüş oluruq, çünki hər cür hərəkətdə hər hansı məsafə müəyyən vaxt ərzində gedilir. Əgər biz bütün Dünya haqqında universal bir nəzəriyyə qurmaq istəyiriksə, onda biz bütün Kainatın fəzasını təsəvvür etməliyik. Bu fəzanı Nyuton mütləq fəza adlandırdı. O hesab edirdi ki, "mütləq fəza" öz mahiyyəti etibarilə xarici nə olur olsun, ondan asılı olmayaraq, həmişə eyni cür və tərpənməz qalır. Nyuton həmçinin "mütləq zaman" anlayışını da daxil etmişdir. Mütləq zaman bütün Kainat üçün vahid zamandır və orada cisimlərin olmasından asılı olmayaraq, Kainatın bütün oblastlarında eyni cür bərabər sürətlə axır.

Bəs cisim nədir? Nyutona görə, son nəticədə cisimlər eyni korpuskullardan (kiçicik bölünməz hissəciklərdən) təşkil olunmuşdur. Faktiki olaraq, yalnız korpuskullar və boşluq mövcuddur. Müasir kvant relyativistik fizikasında vəziyyət daha mürəkkəbdir: o, maddi törəmələr daxil edir ki, bunlar da cisim deyildir. Materiya maddə (cisim) kimi və sahə (məsələn, işıq – bu, elektromaqnit sahəsi rəqslərinin yayılmasıdır) kimi iki şəkildə mövcuddur; sahə isə cisim deyildir.

NYUTONUN BİRİNCİ QANUNU VƏ YA ƏTALƏT PRİNSİPİ

Yeni dövrün fizikasında ən mühüm anlayış materiyanın ətaləti (ətalətliliyi) anlayışıdır. Bu anlayışı ən aydın şəkildə Nyuton ifadə etmişdir. O, materiyanın öz sürətini qiymətcə və istiqamətcə həmişə "anadangəlmə" saxlamağa "çalışması cəhdini" *ətalət* (*ətalətlilik*) adlandırmışdır. Nyuton ətaləti cismə tətbiq olunmuş xarici qüvvədən fərqləndirərək, onu materiyanın daxili qüvvəsi hesab etmişdir. Materiyanın daxili qüvvəsi cismin sürətini saxlamağa, xarici qüvvə isə onu dəyişdirməyə cəhd edir. Fizikaya aid müasir ədəbiyyatda daxili qüvvə anlayışından (Nyutonun göstərdiyi mənada) istifadə olunmur və qüvvə dedikdə həmişə yalnız tətbiq olunmuş qüvvə başa düşülür. Haqqında Nyutonun danışdığı "anadangəlmə cəhd" o demək deyil ki, ətalətli cisim iradəyə malikdir və öz hərəkət halını şüurlu olaraq saxlamağa cəhd göstərir. Cisim elə hərəkət edir ki, sanki, o, öz sürətinin dəyişməz qalmasına çalışır. Bu "cəhd", birincisi, qüvvələr olmadıqda və ya cismə tətbiq olunmuş qüvvələrin tarazlığı şəraitində cismin öz sürət vektorunu saxlamasına gətirib çıxarır; ikincisi, həmin cəhd



cismin sürətinin qiymətini və ya istiqamətini dəyişmək üçün edilmiş istənilən təşəbbüsə qarşı cismin göstərdiyi "müqavimətdir". Cismin ətalət (ətalətlilik) ölçüsü onun *kütləsidir*. Cisim, ona təsir edən cismə əks təsir edir və cismin kütləsi böyük olduqca, o, öz sürətinin dəyişməsinə bir o qədər güclü müqavimət göstərir.

Əgər cisim ətalətlidirsə, onda onun təcilinin səbəbi onun özündə deyil, yəni cisim öz-özünə qüvvə tətbiq etməyə qadir deyil. Kənardan kömək olmazsa, cisim öz sürətini artıra və ya azalda bilməz. Beləliklə, əgər ətalətli cismə başqa cisimlər təsir etmirsə və ya onların təsirləri kompensasiya olunmuşdursa, onda belə cisim bərabər-

ŞƏRTİN ZƏRURİLİYİ VƏ KAFİLİYİ VƏ YA "ONDA" VƏ "YALNIZ ONDA" NƏ İLƏ FƏRQLƏNİR

Nyutonun birinci qanununda "onda və yalnız onda" söz birləşməsindən istifadə olunur. Ola bilməzmi ki, sadəcə, "onda" deyilsin? Olmaz. Əgər "yalnız onda" sözlərini yox etsək, cümlənin mənası dəyişər.

"Onda" sözü şərtin kafiliyini, "yalnız onda" söz birləşməsi isə zəruriliyini göstərir. Misal çəkək. Dördbucaqlı rombdursa, onda onun diaqonalları perpendikulyardır. Bu doğru fikirdir. Dördbucaqlının bütün tərəflərinin bərabərliyi – onun diaqonallarının perpendikulyarlığı üçün kafi şərtdir, ancaq zəruri şərt deyil: tərəfləri bərabər olmayan, diaqonalları isə perpendikulyar olan (romb olmayan) dördbucaqlılar vardır. Diaqonallarının perpendikulyarlığı romb üçün zəruri şərtdir: dördbucaqlının diaqonalları perpendikulyardırsa, onda o, romb ola bilər. Lakin baxılan şərt istənilən dördbucaqlını romb hesab etmək üçün kifayət deyil.

Ətalət qanununda "onda və yalnız onda" deyəndə onu göstəririk ki, qüvvələrin olmaması və ya tarazlaşması şərti cismin sükunət halını və ya bərabərsürətli düzxətli hərəkət halını saxlaması üçün eyni zamanda həm zəruri, həm də kafidir.

Bu o deməkdir ki, qüvvə təcilin yeganə səbəbidir.

ƏTALƏT ƏTALƏTLİLİKDƏN FƏRQLƏNİRMİ?

Nyuton "ətalət" və "ətalətlilik" anlayışlarını fərqləndirmirdi. Müasir dərsliklərdə ətalət – bu, ətalət hesablama sistemində cismin öz sürətini saxlaması hadisəsidir, ətalətlilik isə cismin elə xassəsidir ki, cisim onun sürətinin dəyişdirilməsi təşəbbüsünə "müqavimət" göstərir; cismin başqa cisimlərlə qarşılıqlı təsiri zamanı onun təcili bu xassəsindən asılıdır. Beləliklə, ətalət ətalətlilikdən fərqlənirmi?

Fərz edək ki, fərqlənir. Onda hərəkət edən avtomobil mühərriki söndürüldükdən sonra ətaləti üzrə hərəkət edir fikri doğru deyil. Doğrudan da, yol və hava tərəfindən avtomobilə təsir edən müqavimət qüvvələri sayəsində onun sürəti azalmağa başlayır. Bunlar o qüvvələrdir ki, mühərrik söndürülənə qədər dartıcı qüvvə tarazlaşmışdı. Belə çıxır ki, mühərrik söndürülənə qədər, yəni sürətin saxlandığı müddətdə ətalət hadisəsi olmuş, avtomobilin ətalətliliyi isə təzahür etməmişdir. Sonra isə, yəni sürətin saxlanmadığı bir vaxtda bu artıq ətalət olmur, avtomobilin ətalətliliyinin təzahürü olur.

Lakin biz belə deməyə adət etmişik ki, mühərriki söndürülmüş avtomobil ətaləti üzrə hərəkətini davam etdirir. Əslində burada biz Nyutonun anlamındakı ətalətdən istifadə edirik. Səciyyəvidir ki, ətalət anlayışını izah edərkən Nyuton fırlanan fırfıra misalına baxmışdır. Fırfıranın hissələri düzxətli yox, çevrələr üzrə hərəkət edir. Bu hissələr hərəkət istiqamətlərini deyil, yalnız sürətlərinin modulunu saxlamağa müvəffəq olur, çünki fırfıranın hər bir elementinə təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi həmişə sürət vektoruna perpendikulyar yönəlmişdir. Nyutona görə, ətalət (və ya ətalətlilik) həmişə təzahür edir: cisimlər hər zaman anında öz sürətlərini saxlamağa çalışır. Qüvvələr olmadıqda və ya onlar kompensasiya olunduqda cisimlər buna müvəffəq olurlar, əks halda isə yox.

Nyutonun mövqeyinin müdafiəsinə dair mühüm dəlil gətirək. Tutaq ki, cisimlərin heç də hamısı ətalətli deyil, yəni heç olmazsa, onlardan biri özbaşına sürətlənmək qabiliyyətinə malikdir. Bu (ətalətsiz) cismi tamamilə boş olan fəzada yerləşdirək. O, özünü necə aparacaqdır? Ətalətli cisim kimi. Doğrudan da, əgər o, əvvəlcə sükunətdə idisə, onda sonra da yerindən tərpənməyəcək, çünki hər hansı bir hərəkət istiqamətinə bütün qalan istiqamətlərə nəzərən üstünlük verməyə heç bir əsas yoxdur. Yox əgər ətalətsiz cisim boş fəzada müəyyən müddət ərzində bərabərsürətli düzxətli hərəkət etmişdirsə, ondan sonra da bu cür hərəkət edəcəkdir, çünki onun həm hər hansı müəyyən bir yerdə dayanması üçün və həm də düzxətli trayektoriyadan kənara çıxması üçün səbəblər yoxdur. Deməli, əgər ətaləti hadisə hesab ediriksə (yuxarıda göstərilən mənada), onda alınır ki, ətalətsiz cisim boşluqda ətaləti üzrə hərəkət edir. Aydındır ki, bu, terminologiyada dolaşıqlığa səbəb olur.

sürətli düzxətli hərəkət edir və ya sükunətdə qalır. Tərs hökm də doğrudur. Əgər ətalətli cisim bərabərsürətli düzxətli hərəkət edirsə və ya sükunətdədirsə, onda ona başqa cisimlər təsir etmir və ya onların təsirləri kompensasiya olunmuş olur. Əgər cismə tətbiq olunmuş bir neçə qüvvə onun hərəkət halına təsir etmirsə, onda onları kompensasiya olunmuş hesab etmək lazımdır: onların təsiri olmadıqda və ya olduqda cisim dəqiq olaraq eyni cür hərəkət edir (və ya sükunətdədir).

Lakin bu hərəkət nəyə nəzərən baxılır? Nyuton deyirdi ki, mütləq fəzaya nəzərən, XIX əsrdə mütləq fəza anlayışı mexanika kursundan çıxarıldı, ətalət prinsipinin doğru olduğu hesablama sistemləri inersial hesablama sistemləri adını aldı.

Kainatda bütün cisimlər ətalətlidir hökmü, Nyutonun onu başa düşdüyü kimi, ətalət prinsipinin məzmununu təşkil edir. Təcrübədə bütün cisimlərin ətalətliliyinə əmin olmaq qeyri-mümkündür, çünki Kainatda cisimlər olduqca çoxdur. Hətta təcrübə bəzən belə fikir oyadır ki, cisimlər ətalətsizdir. Məsələn, daşlar guya ki, özbaşına, həm də artan sürətlə düşür. Beləliklə, müşahidələr və təcrübə öz-özlüyündə göstərmir ki, istənilən cisim labüd olaraq ətalətlidir. Doğrudan da, əgər Nyuton cismin öz mütləq sürətini vektorial olaraq saxlamağa çalışması haqqında danışırsa, onda bu müddəanın təcrübədən çıxarılmasından heç bir söhbət belə ola bilməz. Ona görə də bütün cisimlərin ətalətli olmasına dair prinsipi Nyuton aksiom adlandırmışdı. O isbat olunmur, ancaq təcrübəni qiymətləndirmək meyarı olur. Bu, nəzəriyyənin müşahidə olunan hərəkətləri təhlil etmək üçün qəbul edilmiş əzəli, ilkin (apriori) prinsipidir.

Maraqlıdır ki, hərəkətin birinci qanununu (qalan ikisi kimi) Nyuton əmr formada ifadə etmiş və bununla da onun əmr xarakterini vurğulamışdır: cismə başqa cisimlər tərəfindən tətbiq olunmuş qüvvələr onu öz sürətini dəyişməyə məcbur etməyənə qədər hər bir cisim öz sükunət halını və ya bərabərsürətli düzxətli hərəkət halını saxlamalıdır.

Ətalət prinsipi təcrübədən çıxarılmır, ancaq hadisələr aləminə aid edilir. Bu, o deməkdir ki, müşahidə və eksperimentləri elə aparmaq lazımdır ki, ətalət prinsipi ödənilsin. Bunun üçün bütün hesablama sistemləri arasından elələrini seçmək tələb olunur ki, onlarda istənilən cismin təcili həmişə ona tətbiq olunmuş tarazlaşmamış və digər cisimlərin təsirləri kimi başa düşülən qüvvələrin nəticəsi olsun. Belə çıxır ki, cisimlərin hərəkətinin səbəblərini düzgün təsvir etmək üçün hesablama sistemini heç də istənilən cisimlə bağlamaq olmaz. Məsələn, geosentrik sistemdə aparılan təcrübə planetlərin hərəkətinə baxan zaman ətalət prinsipi ilə uyuşmazdır. Ona görə də, heliosentrik sistemə keçmək, yəni planetlərin hərəkətinə Günəşə nəzərən baxmaq lazımdır, onda ətalət prinsipi ödəniləcəkdir. Doğrudur, bunun üçün həm də qravitasiyanı daxil etmək lazımdır.

BOŞ FƏZAYA NƏZƏRƏN HƏRƏKƏT ETMƏK OLARMI?

Nyuton özünün hərəkət nəzəriyyəsini boş mütləq fəzaya nəzərən qurmuşdur. Bu cür yanaşma onun həm müasirlərində, həm də sonrakı əsrlərin fizik və filosoflarında etiraz doğurmuşdur. XIX əsrin sonlarından başlayaraq bir çox fiziklər inadla ondan imtina etməyə çalışmışlar. Lakin bu zaman ciddi çətinliklər yaranırdı. Məşhur alimlər onlar haqqında bax belə deyirdilər: "Mütləq fəza mövcud deyil, biz yalnız nisbi hərəkətləri dərk edirik; bununla belə, mexaniki faktları çox vaxt elə şərh edirlər ki, elə bil, mütləq fəza mövcuddur və həmin faktları ona aid etmək olar" (Anri Puankare, 1854-1912). "Nyutonun baxışlarının inkarı ümumi cəhətə çevrilmişdir, görünür, yalnız bəziləri bu inkarın qaldırdığı problemləri anlayırlar" (Bertran Rassel, 1872-1970).

Fizikanın metodologiyası sahəsində görkəmli mütəxəssis olan Maks Cemmer 1960-cı illərdə yazmışdı: "Mexanikanın əsas anlayışları ciddi qeyri-müəyyənliklərlə və çaşqınlıq doğuran və indiyədək hələ aradan qaldırılmayan çətinliklərlə dolaşdırılmışdır".

Nyutonu bu dərəcədə qəribə qənaətə gəlib çıxmağa məcbur edən nə idi? Bəlkə də, haqqında Nyutonun danışdığı mütləq fəzanı bizim ağlımızın ortadan qaldırıla bilməyən ideyası hesab edən İmmanuil Kant haqlıdır. Bu ideyasız, necə olursa olsun, təbiət haqqında nəzəri təfəkkür qeyri-mümkündür. Kainat haqqında düşünərkən, biz onu öz təsəvvürümüzün fəzada, fikrən sonsuzluğa qədər genişləndirdiyimiz fəzada yerləşdiririk. Bu, məhz, mütləq fəzadır, ağıl orada Kainatın modelini müəyyən edir, onun nəzəriyyəsini qurur.

Kanta görə, cisimlərin boş fəzaya – bizim zəkamızın xəyali fəzasına nəzərən mücərrəd hərəkətinə baxmağa heç nə mane olmur. Biz, sanki bu fəzanın hər bir nöqtəsində oluruq. Deyə bilərik ki, mütləq hərəkət bütün cisimlərin Kainatda vəziyyətini ani olaraq qeyd edən nə isə ilahi bir müşahidəçiyə nəzərən hərəkətdir.



Bu cür ilahi müşahidəçi bizim nəzəri zəkamız, ağlımızdır. Dəqiq desək, Kant hesab edirdi ki, insan zəkası nəzəri təfəkkürdə ilahi müşahidəçi haqqındakı ideyaya söykənir. Deməli, bizim nəzəri təfəkkürümüz bütün Kainatı həm eninə, həm də dərininə məlum hüdudda anlayır. Nyuton isə fərz edirdi ki, ilahi müşahidəsi Allahdır.

CİSİMLƏR NƏYƏ NƏZƏRƏN SÜRƏTİNİ SAXLAMAĞA "CƏHD EDİR"?

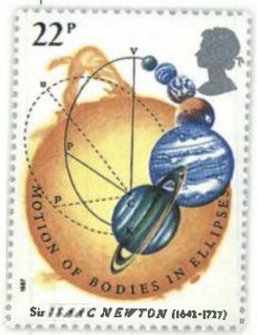
Hərəkət qanunlarının Nyuton tərəfindən verilmiş ifadəsində söhbət cisimlərin mütləq zamana görə və mütləq fəzaya nəzərən hərəkətindən gedir. Nyutona görə, bu, bütün Kainatın fəza və zamanıdır, elə bir fəza və zamanı ki, Allah hər bir zaman anında onun hər bir nöqtəsində olur. Nyuton mütləq fəzanı "Allahın idrak və təfəkkür qabiliyyəti" (*lat.* sensorium Dei) adlandırırdı. Mütləq fəza (həmçinin mütləq zaman) bizim hiss üzvlərimiz üçün əlçatmazdır. Kant sonralar hər iki anlayışı nəzəri təfəkkürün təcrübəyəqədərki (aprior) formaları kimi şərh etmişdir.

Lakin bir çox məşhur alimlər, məsələn, Q.V.Leybnis, fəza və zamana dair Nyutonun baxışlarının əleyhinə çıxış etmişlər. Onlar belə hesab edirdilər ki, cisimlərin hərəkət nəzəriyyəsini hər hansı bir mücərrəd fəza üçün yox, cisimlərlə bağlı olan koordinat sistemləri üçün qurmaq lazımdır. Axı təcrübədə müşahidə olunan hər cür mexaniki hərəkət fəzaya nəzərən deyil, hər hansı cismə nəzərən baş verir. Ona görə də hərəkət qanunlarını yenidən ifadə etmək lazımdır: mütləq fəza haqqındakı anlayışı atmaq və cisimlərin hərəkətini yalnız başqa cisimlərə nəzərən öyrənmək lazımdır.

Nyutonun əsas nəzəri təsəvvürlərinin ən məşhur tənqidi avstriyalı fizik və filosof Ernst Maxa (1838-1916) məxsusdur. XIX əsrin ikinci yarısından bəri hərəkətin birinci qanununu və ya Nyutonun birinci qanununu elə ifadə edirlər ki, mütləq fəza anlayışının adı çəkilməsin. Fiziklər Maxın ardınca gedərək, belə nəticəyə gəlmişlər ki, sərbəst cisimlər öz sürətlərini inersial hesablama sistemlərinə nəzərən saxlayır və o vaxtdan Nyutonun birinci qanununu, bir qayda olaraq, belə ifadə edirlər: inersial hesablama sistemləri adlanan elə hesablama sistemləri var ki, onlara nəzərən cisimlər yalnız və yalnız o zaman bərabərsürətli düzxətli hərəkət edir və ya sükunətdə qalır ki, bu cisimlərə başqa cisimlər təsir etməsin və ya başqa cisimlərin təsiri kompensasiya olunsun. Çox vaxt "yalnız və yalnız o zaman" əvəzinə "əgər" deyirlər ki, bu da şərtin zəruriliyini buraxmaqla yalnız kafiliyini göstərir.

Xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır ki, inersial hesablama sistemi anlayışı ideallaşdırılmadır. Real hesablama sistemi yalnız az və ya çox dərəcədə inersial ola bilər. Nyutonun birinci qanununun müasir ifadəsində iddia edilən inersial hesablama sistemlərinin mövcudluğunu, riyaziyyatda arqument sonsuzluğa yaxınlaşan zaman funksiya limitinin mövcudluğu hansı mənada başa düşülürsə, həmin mənada başa düşmək lazımdır. Lakin bəs, heç olmazsa bir dənə də olsun inersial hesablama sistemini necə tapaq?

Max praktikada inersial hesablama sistemi kimi heliosentrik hesablama sistemindən: koordinat sisteminin başlanğıcı Günəşin mərkəzində yerləşdirilmiş, oxları isə uyğun ulduzlara tərəf yönəldilmiş hesablama sistemindən istifadə etməyi təklif etdi. Günəş sisteminə daxil olan cisimlər üçün bu cür sistem praktiki olaraq inersialdır. Lakin, məsələn, bizim Qalaktikanın nüvəsinin heliosentrik sistemdə baxılan hərəkəti





Böyük Britaniyada İ.Nyutonun "Riyazi başlanğıclar"ının 300 illiyi ilə əlaqədar buraxılmış markalar.

artıq ətalət prinsipinə uyğun gəlmir. Deməli, koordinat sisteminin başlanğıcını Qalaktikanın kütlə mərkəzilə əlaqələndirmək, oxları isə ondan uzaqlaşmış obyektlərə yönəltmək lazımdır. Dəqiqliyi artırdıqca koordinat başlanğıcının köçürülməsi əməliyyatını o, Kainatın kütlə mərkəzində olana qədər təkrarlamaq lazımdır. Lakin sonsuz Kainatda bu anlayış qeyri-korrektdir və istənilən halda bu cür hesablama sistemini eksperimental yolla tapmaq qeyri-mümkündür.

NYUTONUN İKİNCİ QANUNU VƏ YA QÜVVƏNİN ÖLÇÜ PRİNSİPİ

Nyutonun ikinci qanunu hər bir qüvvəyə qarşı müəyyən bir miqdar ölçünü uyğun qoymağı tələb edir. Cismə təsir edən qüvvə cismin kütləsinin, bu qüvvənin doğurduğu təcilin hasilinə bərabərdir (qüvvənin və təcilin istiqamətləri üst-üstə düşməlidir):

$$\vec{F}_i = m\vec{a}_i,$$

burada $\vec{F}_i - \vec{a}_i$ təcilini doğuran qüvvə, m – cismin kütləsidir. i indeksi onu göstərir ki, i-ci qüvvə özünün təcilini (i-ci təcili) doğurur. Əgər cismə N qüvvə təsir edirsə, onda i indeksi 1-dən N-ə qədər qiymətlər alır: $\vec{F}_1 = m\vec{a}_1$; $\vec{F}_2 = m\vec{a}_2$; ...; $\vec{F}_N = m\vec{a}_N$.

Nyutonun ikinci qanununun köməyilə qüvvə vahidi daxil edilir; bu vahid BS-də *nyuton* adlanır. Bir nyuton – kütləsi 1 kq olan cismə 1 m/san^2 təcil verən qüvvədir.

KÜTLƏ NƏDİR?

Bu günə qədər alimlər kütlənin nə olması haqqında müzakirələr aparırlar. Kütlə anlayışını Nyuton daxil etmiş və onu cisimdə olan materiyanın miqdarı



kimi təyin etmişdir. E.Max kütlənin bu cür anlamanı tənqid etdi. O hesab edirdi ki, praktiki nöqteyi-nəzərdən bu cür anlama faydasızdır, çünki eksperimentdə bu miqdarı təyin etmək qeyri-mümkündür. Maxa görə, kütlə cismin ətalətlilik ölçüsüdür. Bəs Nyuton vəziyyətdən necə çıxmışdır? O, kütlənin təyininin iki üsulunu – nəzəri və eksperimental üsullarını təklif etmişdi. Birinci üsula görə, materiya miqdarı cismi əmələ gətirən korpuskulların sayından başqa bir şey deyildir. Kütlə – skalyar və müsbət kəmiyyətdir, qüvvə isə ikinci qanuna görə vektordur, çünki təcil vektordur, skalyara (kütləyə) vurulmuş vektor da vektordur. Daha sonra, əgər materiyanın hər bir korpuskulu ətalətlidirsə (öz sürətini saxlamağa cəhd edirsə), onda cismin ətalətlilik (və ya ətalət) ölçüsü olaraq onda toplanmış materiya miqdarını, yəni kütləni hesab etmək olar. Kütləsi böyük olduqca, cismin öz sürətini sabit saxlamaq, sürətin dəyişdirilməsi cəhdlərinə müqavimət göstərmək qabiliyyəti də bir o qədər böyük olur.

Lakin bu sırf nəzəri üsul kütləni ölçməyə imkan vermir. Kütlənin qollu tərəzi ilə ölçülməsi (çəkisinə görə) Nyutonun qanunlarından və belə bir təcrübi faktdan istifadə edilməsinə əsaslanır ki, fəzanın verilmiş məhəl-

ləsində sərbəstdüşmə təcili həcmindən, kimyəvi tərkibindən asılı olmayaraq bütün cisimlər üçün eynidir. Bununla belə, müəyyən cismin kütləsi etalon kimi (vahidə bərabər) seçilir. Böyük fransız inqilabından sonra ("Mümkün olan hər şeyi ölç" məqaləsinə bax) kütlə vahidi olaraq 1 *l* təmiz sudakı materiya miqdarı qəbul edildi. Daha sonra bir litr suyu platin-iridium silindrlə (diametri və hündürlüyü 39 mm olan) əvəz etdilər. Bu silindr Parisin yaxınlığında yerləşən ölçülər və çəkilər palatasında saxlanır. Nə üçün materiya miqdarını çəkiyə görə təyin etmək olar?

İnersial hesablama sistemində sükunətdə olan cismin çəkisi qravitasiya qarşılıqlı təsirilə şərtlənmişdir. Nyutona görə, bu qüvvə bütün korpuskullar arasında təsir edir. Bu isə o deməkdir ki, cisimdəki materiya miqdarının artması cazibə qüvvəsini (sükunətdəki cisim üçün bu qüvvə çəkiyə bərabərdir) də bir o qədər artırır. Deməli, materiyanı Nyuton kimi təsəvvür (korpuskulyar təsəvvür) etdikdə, kütlə yalnız ətalətliyin ölçüsü yox, həm də başqa cisimlərlə qravitasiya qarşılıqlı təsirinin ölçüsü olur. Buradan belə nəticə alınır: fəzanın verilmiş məhəllində bütün cisimlər eyni təcillə düşməlidir. Həqiqətdə bu cür də baş verir!

Kütləni ölçməyin digər üsulları da var. Məsələn, kosmonavtlar çəkisizlik şəraitində (burada tərəzi yaramır) istənilən cismin etalon cisimlə qarşılıqlı təsirini öyrənərək, Nyuton qanunlarının köməyilə cismin kütləsini ölçə bilərdilər. Bunun üçün ip götürüb, onun bir ucuna etalonu, digər ucuna isə kütləsi ölçüləcək cismi bağlamaq lazımdır. Sonra cisimləri ipin uzunluğu qədər aralayıb, onları ipə perpendikulyar ox ətrafında fırlatmaq və cisimlərin fırlanma oxundan olan məsafələrini ölçmək lazımdır. Bu məsafələrin nisbəti kütlələrin tərs nisbətini verəcəkdir. Kütlənin bu cür təyini üsulunu Max təklif etmişdir.



Üzərində İ.Nyutonun təsviri olan Böyük Britaniya medalı. Kral cəmiyyətinin tövsiyəsilə elmdə görkəmli nailiyyətlərə görə monarx tərəfindən təltif olunur.

BİRİNCİ VƏ İKİNCİ QANUNLARIN MÜQAYİSƏSİ

İkinci qanunda verilmiş qüvvənin doğurduğu təcil haqqında söhbət gedir. Bu qanunda deyilmir ki, qüvvə təcilin yeganə səbəbidir. Bəli, cismə tətbiq olunmuş qüvvə təcil doğurur. Lakin ola bilsin ki, öz sürətini dəyişmək üçün cisim də müəyyən bir daxili səbəbə malikdir? Nyutonun ikinci qanunu qüvvələr olmadıqda və ya onlar qarşılıqlı kompensasiya olunduqda, cismin özbaşına (xarici təsirsiz), daxili səbəblərlə şərtlənən təcillə hərəkət etməsini qadağan etmir. Məhz cismin özünün özünə təsiri (və onun özbaşına sürətlənməsi) birinci qanunla qadağan olunur. Birinci qanunda deyilir ki, cismin sürətini dəyişdirməyə qadir olan daxili (cismin özündə yerləşən) qüvvələr mövcud deyil. Beləliklə, hərəkətin birinci və ikinci qanunları müxtəlif tələblər irəli sürür.

NYUTONUN ÜÇÜNCÜ QANUNU VƏ YA QARŞILIQLI TƏSİR PRİNSİPİ

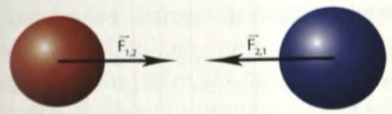
Nyutonun üçüncü qanunu tələb edir ki, cismə tətbiq olunmuş hər bir qüvvənin başqa bir cisim şəklində, eyni zamanda, birinci cisim tərəfindən təsirə məruz qalan mənbəyi olsun (cisimlər bir-birinə qarşılıqlı təsir edir). Başqa sözlə desək, hər bir qüvvəyə başqa bir qüvvə, ona əkiz olan qüvvə uyğundur və qüvvələr yalnız cüt-cüt yaranır və yox olur. Həm də bu cüt qüvvələrdən

heç biri o birinin qarşısında üstünlüyə malik deyil.

Nyutonun üçüncü qanununda ikinci cisim tərəfindən birinci cismə tətbiq olunmuş qüvvəyə təsir, ona uyğun, lakin birinci cisim tərəfindən ikinciyə tətbiq olunmuş qüvvəyə isə əks təsir deyilir. Hər iki qüvvə həmişə eyni zamanda mövcud olur. Bu qanun aşağıdakı kimi ifadə olunur. Hər cür təsirə həmişə bərabər və əks tərəfə yönəlmiş əks-təsir mövcuddur, həm də təsir və əks-təsir müxtəlif cisimlərə tətbiq olunur, bir düz xətt üzrə yönəlir və eyni təbiətli qüvvələr olur. Əgər, məsələn, təsir sürtünmə qüvvəsidirsə, onda əks-təsir də sürtünmə qüvvəsi olur, elastiklik qüvvəsi və ya cazibə qüvvəsi yox.

Nyutonun üçüncü qanununu aşağıdakı düstur şəklində yaza bilərik:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1},$$



yəni təsir əks-təsirə bərabər və əksdir. Burada $\vec{F}_{2,1}$ – birinci cisim tərəfindən ikinciyə tətbiq olunmuş qüvvə; $\vec{F}_{1,2}$ – ikinci cisim tərəfindən birinciyə tətbiq olunmuş qüvvədir. Mənfi işarəsi onu göstərir ki, qüvvələr əks istiqamətlərə malikdir.

Nyutonun üçüncü qanunu (ikinci ilə birlikdə götürüldükdə) son nəticədə eksperimentdə elə cisimlər qrupunu əhatə etməyi tələb edir ki, hər bir $m_k\vec{a}_i$ hasilinə istiqamətcə əks, modulca bərabər olan $m_i\vec{a}_k$ hasili uyğun olsun, burada m_k – k-cı cismin kütləsidir; bu cisim m_i – kütləli cismə $\vec{a}_k$ təcilini verir. $\vec{a}_i$ – k-cı cismin təcilidir, onu m_i kütləli cisim doğurur.

Nyuton mexanikasında təsir və əks-təsirin eynihüquqlu olduğunu aydınlaşdıran bir misala baxaq. Tutaq ki, at arabanı dartır. Əgər at tərəfindən arabaya tətbiq olunmuş qüvvə təsirdirsə, onda araba tərəfindən ata tətbiq olunmuş qüvvə əks-təsirdir. Lakin baxmayaraq ki, fəallığı araba yox, at göstərir, ikinci qüvvəni təsir, birinci qüvvəni isə əks-təsir hesab etmək olar. Aristotel fərz edirdi ki, atın (digər canlılar



NYUTONUN ÜÇÜNCÜ QANUNU QEYRİ-İNERSİAL HESABLAMA SİSTEMLƏRİNDƏ ÖDƏNİLİRMİ?

Əgər söhbət iki cismin qarşılıqlı təsirindən gedirsə, onda Nyutonun üçüncü qanununu qeyri-inersial hesablama sistemlərində də tətbiq etmək olar: iki cismin qarşılıqlı təsiri həmişə modulca bərabər, istiqamətcə əks olan qüvvələrlə həyata keçirilir. Lakin əgər üçüncü qanunu ayrı cür, yəni təsir həmişə bərabər və əks istiqamətdə yönələn əks-təsirlə rastlaşır kimi ifadə etsək, onda o, yalnız inersial hesablama sistemlərində doğrudur. Həqiqətən də, müəyyən bir cismə tətbiq olunmuş qüvvə, adətən, təsir başqa cismə tətbiq olunmuş və ona əks olan qüvvə isə əks-təsir hesab olunur. Hər bir qüvvə ilə ona uyğun olan qüvvə $m\vec{a}$ əlaqədardır və hər bir $m\vec{a}$-ya ona əks olan başqa bir $m\vec{a}$, uyğundur, özü də istənilən $m\vec{a}$ hansısa bir cisim tərəfindən yaradılır. Qeyri-inersial hesablama sistemlərində baxılan müddəa ödənilmir. Məsələn, kəskin tormozlanan avtobusda sərnişinlər (həmçinin müxtəlif əşyalar) avtobusun hərəkət istiqamətində sürətlənirlər (təcil alırlar). Hər bir sərnişinə uyğun olan $m\vec{a}$ var (avtobusa nəzərən). Lakin sərnişinlərə irəli yönəlmiş həmin təcili verən cisimlər yoxdur, cisimlər yoxdursa, onda onlara uyğun olan digər $m\vec{a}$-lar da yoxdur.

Qeyri-inersial hesablama sistemlərində şərti olaraq ətalət qüvvələri daxil etmək mümkündür, bu qüvvələrin mənbəyi cisimlər yox, qeyri-inersial hesablama sisteminin inersial hesablama sisteminə nəzərən təcilli hərəkətidir. Belə halda formal olaraq şərtləşmək olar ki, avtobus tomozlanan zaman oradakı bütün əşyalara qabağa yönəlmiş qüvvələr təsir edir və həmin qüvvələr avtobusa nəzərən əşyalara, avtobusun yola nəzərən təcilinin əksinə yönəlmiş təcil verir. Doğrudur, bu qüvvələr həqiqi deyil (saxtadır), çünki onlar Nyutonun üçüncü qanununa tabe olmur.



kimi) özündə hərəkət mənbəyi vardır, araba isə hərəkət mənbəyinə malik deyil. Deməli, Aristotelə görə, at hərəkətetdirici, araba isə hərəkət etdiriləndir. Nyuton mexanikası baxımından at və araba arasında prinsipial fərq yoxdur. Əlbəttə, fərqlər var, lakin bu fərqlər özlüyündə canlıya dəxli olmayan Nyuton mexanikası çərçivəsindən kənara çıxır. Nyuton mexanikası həyatı öyrənmir, bu, biologiyanın işidir.

HƏQİQİ VƏ ZAHİRİ HƏRƏKƏTLƏR

Nə üçün biz deyirik ki, alma Yerə düşür, əksinə, Yer almaya düşür demirik? Əgər hesablama cismi kimi almanı götürsək, onda Yer hərəkət edəcəkdir və onda deyə bilərik ki, Yer alma üzərinə düşür. Lakin Nyutona görə, Yerin hərəkəti həqiqi deyil, çünki dinamikanın prinsipi ilə ziddiyyətə gətirir. Doğrudan da, Nyutonun ikinci qanununa görə, Yeri almaya nəzərən 9,8 m/san^2 təcillə hərəkət etməyə məcbur edən qüvvə Yer kürəsinin kütləsi ilə bu təcilin hasilinə bərabər olmalıdır. Bəs hansı cisim bu qədər nəhəng qüvvəni yaradır? Doğrudanmı alma yaradır? Əgər belədirsə, onda (Nyutonun üçüncü qanununa görə) Yer tərəfindən də almaya belə bir qüvvə təsir etməlidir ki, o da "Yer" hesablama sistemində almanın təcilinin 9,8 m/san^2-dan dəfələrlə böyük olan təcilinə səbəb olardı (Nyutonun ikinci qanununa görə). Deməli, "alma" hesablama sistemində baxıldıqda Yerin hərəkəti dinamika qanunları ilə ziddiyyətə girir. Nyuton belə hərəkətləri zahiri, həqiqi olmayan hərəkətlər hesab edirdi. Hərçənd ki, alma ilə birlikdə düşən müşahidəçi Yer səthinin necə sürətlə ona yaxınlaşdığını görür. Ancaq bu dünyaya sırf kinematik baxışdır. Kinematikada imtiyazlı hesablama sistemləri yoxdur, orada "həqiqi hərəkət" və "zahiri hərəkət" anlayışlarına yer yoxdur.

Düşən almanı daxildən gəmirən qurd isə almaya nəzərən öz hərəkətinə tamamilə həqiqi hərəkət kimi baxa bilər. Alma düşən zaman qurd xaricə sorulub çıxmır və nə Yerin onun üzərinə "düşməsindən", nə də cazibə qüvvəsindən əsla xəbəri olmur (o, çəkisizlik halında olur və cazibə qüvvəsi almanın düşmə prosesinə heç cür təsir etmir). Qurd almanın daxilində bacarıb aşkar etdiyi qüvvələri nəzərə alacaqdır və baxılan halda Nyutonun qanunları pozulmur. Bunun tam eyni kimi orbital stansiyadakı kosmonavtlar da Yerin cazibə qüvvəsini unuda bilərlər: bu qüvvə stansiya daxilində gedən proseslərə heç cür təsir etmir. Orada aparılan heç bir müşahidə, əgər başlarını çıxarıb xaricə baxmasalar, stansiya ilə onun daxilindəki cisimlərlə və digər cisimlər arasında cazibə qüvvələrinin mövcudluğu fikrini doğura bilməz. Deməli, daim stansiyanın daxilində yerləşən və başlarını çölə çıxarıb baxmayan hipotetik (xəyali) müşahidəçilər Yer, Ay, Günəş və digər göy cisimləri haqqında heç nə bilməyərək, öz əllərinin altında olan əşyalarla aparılan təcrübələr yolu ilə müəyyən edəcəklər ki, Nyutonun qanunları çox yaxşı ödənir. Yəni stansiya daxilində bütün cisimlərin hərəkəti, stansiyanın kütlə mərkəzinə nəzərən həqiqidir.

Günəş sisteminin kütlə mərkəzi (o, praktik olaraq Günəşin mərkəzində yerləşir) ətrafında Yerin hərəkəti də həqiqidir, çünki bu hərəkət Nyuton qanunları ilə uzlaşır. Bax, Günəşin Yer ətrafındakı hərəkəti isə "zahiridir", baxmayaraq ki, biz bu hərəkəti aşkar şəkildə qavrayırıq. Günəşin Qa-

laktikanın kütlə mərkəzi ətrafındakı hərəkəti həqiqidir. Beləliklə, daxilində müxtəlif cisimlərin hərəkətinə baxdığımız fəza oblastının addım-addım genişlənməsi baş verir. Əgər onu fikrən, xəyali olaraq sonsuzluğa qədər

NYUTON QANUNLARINDAN ALINAN NƏTİCƏLƏR

Nyuton özünün hərəkət qanunlarından altı nəticə çıxarmışdı. Burada onlar isbatsız verilir.

Birinci və ikinci nəticələr və ya qüvvələrin və sürətlərin toplanması. Bu iki nəticə sürətlərin və qüvvələrin paraleloqram (və ya üçbucaq) qaydası ilə toplanmasına aiddir.

Üçüncü nəticə və ya impulsun saxlanması qanunu: qapalı cisimlər sisteminin impulslarının vektorial cəmi saxlanır. Cismin kütləsinin sürətinə və hasilinə cismin impulsu deyilir. Nyuton "impuls" termini əvəzinə "hərəkət miqdarı" anlayışını işlətmişdir. Qapalı cisimlər sistemində xarici qüvvələrin vektorial cəmi sıfıra bərabərdir. Verilmiş sistemə daxil olmayan cisimlər tərəfindən sistemin cisimlərinə təsir edən qüvvələr xarici qüvvələrdir.

Qeyd edək ki, daxili qüvvələrin (baxılan sistemə daxil olan cisimlər arasında təsir edən qüvvələrin) vektorial cəmi həmişə sıfıra bərabərdir. Bu, Nyutonun üçüncü qanunundan çıxır. Deməli, baron Münhauzen öz saçlarından dartmaqla özünü bataqlıqdan çıxara bilməz.

Dördüncü nəticə və ya kütlə mərkəzinin hərəkəti haqqında teorem: cisimlər sisteminin kütlə mərkəzi, kütləsi bütün sistemin kütləsinə bərabər olan cisim bu sistemin bütün cisimlərinə tətbiq olunmuş xarici qüvvələrin əvəzləyicisinin təsiri altında necə hərəkət edərdisə, elə hərəkət edir.

"Cisimlər sisteminin kütlə mərkəzi" anlayışı xeyli mürəkkəbdir, ona görə də, burada onun dəqiq tərifini vermədən, kütlə mərkəzinin hərəkətinə aid sadə bir misala baxaq.

Haradasa, uzaq kosmosda hərəkət edən eynikütləli iki asteroid təsəvvür edək. Bu asteroidlər nə vaxtsa ana asteroidi iki hissəyə parçalamış partlayışın qəlpələridir. Ana asteroid hara və hansı sürətlə hərəkət etmişdir? Kütlə mərkəzi anlayışının köməyilə bu suala cavab vermək asandır. Tutaq ki, qəlpə asteroidlər 10 və 16 km/san sürətlərilə əks tərəflərə düzxətli hərəkət edir. İki eyni cisimdən ibarət sistemin kütlə mərkəzi həmişə onların arasında düz ortada yerləşir. Bu halda iki asteroidin kütlə mərkəzi 3 km/san sürətlə onlardan daha yeyin gedənin hərəkət istiqamətində hərəkət edir. İkiqat kütləyə malik asteroid, əgər ona heç bir qüvvə tətbiq olunmamışdısa, məhz bu cür hərəkət edərdi.

Beşinci nəticə: əgər yalnız bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin hamısına qiymət və istiqamətcə eyni olan əlavə mütləq sürətlər verilsə, onda bu cisimlərin nisbi hərəkətləri dəyişməz.

Altıncı nəticə: əgər yalnız bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin hamısına qiymət və istiqamətcə eyni olan əlavə mütləq təcil verilsə, onda cisimlərin nisbi hərəkətləri dəyişməz.

Beşinci və altıncı nəticələr prinsipial əhəmiyyətə malikdir, çünki məhz onlar mütləq fəzanın müşahidə oluna bilməzliyi problemini həll etməyə imkan verir. Altıncı nəticə əlahiddə məna kəsb edir. Bircins cazibə sahəsində sərbəst düşən cisimlər sistemi axtarıb tapmaq lazımdır, çünki baxılan halda sərbəstdüşmə təcili bütün cisimlər üçün eynidir. Altıncı nəticəyə görə, bu cisimlər sistemi mütləq fəzada sükunətdə olduqda özünü necə aparardısa, dəqiq olaraq elə aparır. Hərəkət aksiomları məhz mütləq fəza üçün söylənmişdir.

Baxılan cisimlər toplusu Kainatın digər cisimlərindən uzaqda olduqca, cazibə sahəsinin bircinsliyi bir o qədər yaxşı təmin olunur. Məsələn, Yer-Ay sistemi Günəşdən, Yupiterdən və başqa ağır cisimlərdən kifayət qədər böyük məsafədə (sistemin özünün ölçüləri ilə müqayisədə) yerləşmişdir. Ona görə, bu sistem bircins cazibə sahəsində Günəşə sərbəst düşür ki, bu da Yer-Ay sisteminin mütləq fəzada sükunətdə olduğunu hesab etməyə və ona Nyuton qanunlarını tətbiq etməyə imkan verir. Bununla belə, Yer-Ay sisteminin sərbəst düşdüyü cazibə sahəsinin bircinsliyi ideal deyil. Bu, xüsusi halda, Günəşin Yerdəki okean qabarmalarına təsirində (doğrudur, bu təsir Ayın təsirindən bir neçə dəfə azdır) özünü büruzə verir.

Analoji olaraq bütün Günəş sistemini mütləq sükunətdə hesab etmək olar, çünki o, Qalaktikanın digər cisimlərinin yaratdığı bircins cazibə sahəsində sərbəst düşür. Çünki bu cisimlər çox uzaqda yerləşir: bizə ən yaxın ulduza (Sentavr bürcündəki) qədər olan məsafəni işıq Günəşdən 4 ilə qət edir, halbuki Günəşdən Yerə qədər məsafəni 8 dəqiqəyə gedir.

Müşahidəolunmaz mütləq fəza üçün söylənmiş hərəkət qanunlarının təcrübədə tətbiqi problemi Nyuton mexanikasında bax belə həll olunur. Məlum olur ki, bu məqsəd üçün təcrübədə cisimlərin mütləq fəzaya nəzərən hərəkətini təyin etmək lazım deyil. Bütün başqa cisimlərdən maksimum uzaqlaşmış cisimlər sistemini tapmaq kifayətdir və hesablama sistemini onun kütlələr mərkəzi ilə əlaqələndirərək, Nyuton qanunlarını tətbiq etmək mümkündür.

genişləndirsək, onda Nyutonun mütləq fəza adlandırdığı şey alınar. Nyuton öz qanunlarını məhz müşahidə üçün əlçatmaz olan mütləq fəza üçün söyləmişdir. Məhz mütləq fəza və mütləq zaman anlayışları Nyutona hərəkət qanunlarını söyləməyə imkan verdi. Bu qanunlar dəqiqliyinə görə həndəsi aksiomlarla və teoremlərlə müqayisə oluna bilər.

DİNAMİKANIN ƏSAS QANUNU

Cismə tətbiq olunmuş qüvvələrin vektorial cəminə *əvəzləyici qüvvə* deyilir. Əvəzləyici qüvvə cismin mütləq təcili (və ya onun inersial hesablama sisteminə nəzərən təcili) ilə necə əlaqədardır? Nyutonun genişləndirilmiş (ətalət qanununu nəzərə almaqla) ikinci qanunu bu suala cavab verir (bu qanunu dinamikanın əsas qanunu və ya hərəkətin dinamik tənliyi də adlandırırlar).

Məhz cismə tətbiq olunmuş qüvvələrin vektorial cəmi cismin kütləsinin onun təcilinin hasilinə bərabərdir; əvəzləyici qüvvənin istiqaməti cismin təcilinin istiqamətilə üst-üstə düşür. Bu hökmü isbat edək.

Tutaq ki, cismə müxtəlif istiqamətlərdə iki $\vec{F}_1$ və $\vec{F}_2$ qüvvələri tətbiq olunmuşdur və bu qüvvələr cismə uyğun olaraq $\vec{a}_1$ və $\vec{a}_2$ təcillərini verir. Yalnız bu qüvvələr (Nyutonun birinci qanununa görə) cismin təcilinin səbəbləri ola bilər. Deməli, əvəzləyici təcil yalnız iki təcilin vektorial cəminə bərabərdir: $\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$. Bu bərabərliyin hər iki tərəfini m-ə vursaq, $m\vec{a} = m\vec{a}_1 + m\vec{a}_2$ alarıq. Nyutonun ikinci qanununu nəzərə alaraq, $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ yazırıq. Bu tənlik hərəkətin dinamik tənliyi adlanır. Əgər cismə N sayda qüvvə tətbiq olunmuşdursa, onda hərəkətin dinamik tənliyi aşağıdakı şəkildə olur:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_N.$$

Bu bərabərliyin sağ tərəfində əvəzləyici qüvvə durur. Bunu da isbat etmək tələb olunurdu.

* * *

Nyutonun "Riyazi başlanğıclar..."ı kitabının işıq üzü görməsindən 300 ildən çox bir vaxt keçmişdir. Fizika radikal dəyişmişdir: elektrodinamika, xüsusi və ümumi nisbilik nəzəriyyələri, kvant mexanikası meydana çıxmışdır. Lakin Nyuton mexanikasından yan keçməklə müasir fizikaya daxil olmaq mümkün deyildir. Albert Eynşteyn yazmışdır: "Qoy heç kəs fikirləşməsin ki, Nyutonun böyük yaradıcılığı nisbilik nəzəriyyəsi və ya hər hansı başqa bir nəzəriyyə tərəfindən devrilmiş olsun. Nyutonun aydın və geniş ideyaları əbədi olaraq bizim müasir fiziki təsəvvürlərimizin bünövrəsi kimi öz əhəmiyyətini saxlayacaqdır".



ÜMUMDÜNYA CAZİBƏSİ

Antik dövrdən XVI əsrə qədər dünyanın Aristotel tərəfindən yaradılmış mənzərəsi hamı tərəfindən qəbul edilmişdi. Onun sistemində ümumdünya cazibəsinə yer yox idi. Göy cisimlərinin hərəkət qanunauyğunluqlarını izah edərkən başqa cisimlər tərəfindən təsir edən qüvvələr daxil etmək tələb olunmurdu. Bu hərəkət, ağır cisimlərin Yerə düşməsi kimi, "təbii" elan olunmuşdu. Aristotelin fikrincə, Yer üzündə ağır cisimlər özbaşına dünyanın mərkəzinə düşür, bu mərkəzdə Yer yerləşir. Ayüstü dünyada planetlərlə birlikdə göy sferalarının təbii fırlanması da, dünyanın mərkəzi nöqtəsində yerləşmiş Yerin ətrafında baş verir.



Yer Kainatın mərkəzində yerləşir. Mühümdür ki, ağır cisimlər Yerin özünə doğru yox, Kainatın mərkəzinə doğru hərəkət edir: "Zərurət üzündən onlar, şübhəsiz ki, Kainatın mərkəzinə doğru hərəkət etməlidir, çünki hərəkət istiqaməti ağır cisimlərin hərəkətinin əksinə olan yüngül cisimlər və od Yerin kənarına yox, bu mərkəzi əhatə edən fəzanın kənarına doğru hərəkət edir".

Aristotel cisimlərin yerə düşməsini "təbii" hərəkət olması xeyrinə daha bir, xüsusi dəlil də gətirir. Məlum olduğu kimi, əşya ağır olduqca, onu "məcburi" hərəkətə vadar etmək, onun sürətini müəyyən həddə qədər artırmaq (məsələn, yerindən tərpətmək) bir o qədər çətin olur. Belə çıxır ki, əgər cisimlərin düşməsi "məcburi" olsaydı, onda ağır cisimlər yüngül cisimlərdən yavaş düşərdi, bu isə müşahidə olunmur. "Çoxlu miqdarda od yuxarıya doğru daha yavaş, çoxlu miqdarda torpaq isə aşağıya doğru daha yavaş hərəkət edərdi. Əslində isə əksinədir..." Beləliklə, Aristotelə görə, cisimlərin düşməsi üçün hərəkətetdirici qüvvə lazım deyildir, düşmə özbaşına baş verir. Onu doğuracaq xarici səbəblər və cisimlər yoxdur.

XVI əsrdə Kainat haqqındakı heliosentrik təsəvvürlərin doğruluğuna ciddi şübhələr yaranmağa başladı. Kopernik dünyanın yeni sistemini təklif etdi: Yer və digər planetlər dairəvi orbitlər üzrə hərəkət edir, "bütün bu orbitlərin ortasında isə Günəş yerləşir; axı bu gözəl məşəl bu qədər gözəl binada bundan da yaxşı yerdə yerləşə bilərmi ki, hər şeyi işıqlandırsın?" Lakin onda belə bir sual yaranır: cisimlərin yerə düşməsini necə izah edək? Bu halda Aristotel nəzəriyyəsi həqiqətəuyğun deyil, çünki Yer daha dünyanın mərkəzi deyil və cisimlərin ona düşməsini Kainatın mərkəzinə doğru "təbii" hərəkət adlandırmaq olmaz.

Kopernik bu suala belə cavab verir: "Cazibə – hissələrin bir yerə təbii can atmasından başqa bir şey deyil, onu Kainatın Yaradıcısının İlahi qüvvəsi ağır cisimlərə ayırıb pay vermişdir ki, onlar vahid bir tamda birləşərək sferiklik əldə etsinlər. Çox ehtimal ki, bu cür canatma Günəşə, Aya və səmada dolaşan digər göy cisimlərinə də pay

vermişdir, ondan ötrü ki, onun köməyilə onlar bizim gördüyümüz düzgün kürəyəbənzər formalarını qoruyub saxlaya bilsinlər". Beləliklə, cazibə yalnız Yerə deyil, digər cisimlərə – qalan planetlərə və hətta Günəşə də aid edilmişdir.

"YENİ ASTRONOMİYA"

Kopernik hesab edirdi ki, planetlər Günəşin ətrafında dairəvi orbitlər üzrə hərəkət edir. Lakin 1609-cu ildə alman alimi İohann Keplerin "Yeni astronomiya" adlı əsəri çıxdı. Bu əsərdə göstərilirdi ki, planetlər ellipslər üzrə hərəkət edir, həm də Günəş hər bir



ellipsin mərkəzində yox, onun fokuslarının birində yerləşir (sonralar bu kəşf Keplerin birinci qanunu adlandırıldı). Müəllif çoxsaylı müşahidələrin təhlili sayəsində bu nəticəyə gəlmişdi.

Əlbəttə, ellips üzrə hərəkət, çevrə üzrə hərəkət kimi simmetrik, sadə və gözəl deyildir. Deməli, Keplerin fikrincə, trayektoriyanı təhrif edən hansısa bir səbəb olmalıdır. Bu səbəb nədən ibarətdir?

Kepler bu hadisəni Günəşin buraxdığı "maqnit iplərinin" təsirilə izah etdi. Görünür, bu cür hipotezin yaranmasına Uilyam Hilbertin bir az əvvəl çap olunmuş "Maqnit haqqında, maqnit cisimlər və böyük maqnit olan Yer haqqında" adlı əsəri təsir etmişdir. İngilis fiziki öz kitabında Yerin maqnit xassələrini təsvir etmişdi. Bu xassələri göy cisimlərinin hərəkət qanunauyğunluqlarına da aid etmək Keplerə təbii görünmüşdü: "Mən qravitasiyanı maqnetizmə – qarşılıqlı cazibəyə bənzər qüvvə kimi təyin edirəm. Hər iki cisim yaxın olduqca, qüvvə də bir o qədər böyük olur" ("Dünyanın harmoniyası", 1618-ci il). Buna qədər alim fərz edirdi ki, planetlər Günəş şüalarının təsiri ilə öz elliptik orbitləri üzrə hərəkət edir.

Orbitin elliptik forması Keplerin yeganə kəşfi deyildi. O, həmçinin aşağıdakı qanunauyğunluğu (Keplerin ikinci qanunu) aşkar etmişdi: hər bir planetin radius-vektoru bərabər zaman fasilələrində bərabər sahəli sektorlar cızır. Bu isə o demək idi ki, planet Günəşdən uzaqda olduqca, bir o qədər yavaş hərəkət etməlidir. Əgər Aristotelin ardınca gedərək, qüvvənin sürətlə mütənasib olduğunu hesab etsək, onda Günəşdən çıxan və planetləri tutub saxlayan qüvvə də məsafənin artması ilə azalmalıdır.

Bu qüvvəni dəqiq hesablamaq üçün Kepler fərz etdi ki, onun fəzada "yayılması" işıq şüalarının yayılmasına oxşardır. 1604-cü ildə alim müəyyən etdi ki, nöqtəvi mənbəyin dağılan şüalarında E işıqlanmanın azalması işıqlandırılan sahə ilə tərs mütənasibdir; bu sahə isə işıq mənbəyindən verilmiş səthə qədər olan R məsafəsinin kvadratı ilə düz mütənasibdir. Beləliklə, işıqlanma məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasibdir. Əgər hesab etsək ki, ağırlıq qüvvəsi də eyni qanunauyğunluğa tabedir, onda o da məsafədən eynilə bu cür asılı olmalıdır. Lakin əgər Günəşlə planet arasındakı cazibə qüvvəsi yalnız orbit müstəvisinə təsir

edirsə, onda, Keplerin fikrincə, o, məsafənin kvadratı ilə yox, birinci dərəcəsilə tərs mütənasib olmalıdır. Bu səhv yalnız bir neçə onillikdən sonra, ingilis alimi Robert Huk cazibə qanununun dəqiq ifadəsini tapan zaman düzəldildi.

Keplerə görə, təkcə göy cisimləri deyil, yer cisimləri də cazibə qanununa tabedir: "...ağırlıq birləşməyə, bir yerə yığışmağa can atan qohum cisimlər arasındakı qabiliyyətdir... Əgər dünyanın hər hansı bir yerində iki daş bir-birinə yaxın məsafədədirsə, lakin hansı olursa olsun – onlara qohum olan cismin təsir sferasının xaricində yerləşirsə, onda bu daşlar, iki maqnit kimi, bu məsafənin haradasa ortasında bir-birinə birləşməyə can atardı və onların getməli olacağı yollar kütlələrilə tərs mütənasib olardı". Alim cazibə qanununun universallığı ideyasını çox vacib sayırdı və alimləri ona ciddi yanaşmağa çağırırdı. Cazibənin yuxarıda verilmiş təsviri aşağıdakı sözlərlə başlayır: "Ağırlıq haqqında həqiqi təlim bax budur..."

Kepler qabarma və çəkilmələrin səbəbini tapdı: yalnız Yer Ayı yox, Ay da Yeri (o cümlədən, asanlıqla deformasiya olunan okeanları) cəzb edir. "Əgər Yer öz sularını cəzb etməkdən əl çəksəydi, onda dənizlərin bütün suları yuxarı qalxardı və Ayın gövdəsinə axıb tökülərdi". Bu cür izaha görə Qaliley ona gülmüşdü. O, bu nəzəriyyəni ciddi qəbul etməmişdi. Qaliley başa düşmürdü ki, "sərbəst və iti ağlı olan adam" bu cür "uşaq uydurmalarına" necə bənd ola bilər.

Yer və göy cisimlərinin eyni qanunlara tabe olması fikri o dövr üçün kifayət qədər qeyri-adi idi. Bu təəccüblü deyildi, çünki hələ antik dövrdən başlayaraq dünyanı "ayüstü" və "ayaltı" (Göy üzü və Yer üzü) kimi dünyalara bölmək, göy cisimlərinə Yer



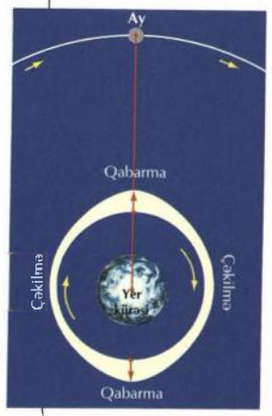
təbiətindən fərqli təbiət aid etmək qəbul olunmuşdu. Lakin XVI-XVII əsrlərin sərhədində Yerin və qalan planetlərin bir çox cəhətdən oxşar olduğunu göstərən kəşflər edildi. Qaliley baxış borusunun köməyilə Ayın landşaftını (mənzərəsini) müşahidə etdi. Məlum oldu ki, orada da dağlar var və bir çox cəhətdən Ay "Yerə bənzər bir cisimdir". Həmin Qaliley Yupiterin peyklərini aşkar etdi. Bu peyklər, Ay Yerin ətrafında fırlanan kimi, Yupiter planetinin ətrafında fırlanır. Lakin əgər göy cisimləri və Yer çoxlu sayda ümumi cəhətlərə malikdirsə, onda bu o demək deyilmi ki, onlar üçün təbiətin qanunları eynidir?

UZAĞA TƏSİR VƏ PLENUMDA (EFİRDƏ) BURULĞANLAR

Keplerin ümid etdiyi kimi, ümumi cazibə ideyası inkişaf etməyə başladı. Fransız alimi Jil Roberval (1602-1675) bu konsepsiyanın (fikrin) tərəfdarı oldu. Onun fikrinə görə, bütün cisimlər "bizim bütövlükdə götürdüyümüz dünya sisteminə aid etdiyimiz xassəyə oxşar olan müəyyən bir xassəyə malikdir. Bu

xassənin qüvvəsi hesabına bu sistemin bütün hissələri bir kütlədə birləşir və bir-birini qarşılıqlı cəzb edir". Bundan başqa, o hökm edirdi ki, baxılan qarşılıqlı təsir aralıq vasitəçi olmadan, boş fəzada da həyata keçməyə qadirdir.

Boşluq vasitəsilə qarşılıqlı təsir ideyası bir çox alimlərə qəribə görünürdü. Cisim özünün olmadığı yerdə necə təsir edə bilər? Uzağa təsir hipotezini fransız alimi Rene Dekart (1596–1650) tənqid etdi. O, Robervala etiraz etdi, əgər uzağa təsir mövcud olsaydı, onda bu o demək olardı ki, "təbiətdə nəinki hər bir materiya zərrəciyi canlıdır, o (materiya) həm də çoxlusaylı canlardan ibarətdir. Bu canlara şüur verilmişdir ki, onlar həqiqətən ilahi canlardır, çünki heç bir mühitin köməyi olmadan, onlardan çox uzaqda olan yerlərdə nə baş verdiyini bilir və orada təsir edir".



Dekart özünün "Fəlsəfənin əsasları" traktatında (1644-cü il) Günəş sistemi planetlərinin hərəkəti üçün başqa nəzəriyyə təklif etdi. Alim iddia edirdi ki, bütün Kainat öz xassələrinə görə mayeyəbənzər xüsusi bir materiya ilə – plenumla (*lat.* "hər yeri dolduran") – dolmuşdur. Onu efir – hər şeyə nüfuz edən, fəzanı və maddənin hissəcikləri arasındakı boşluqları dolduran mühit də adlandırmaq olar; XVII əsrdən başlayaraq müxtəlif hadisələri efir hipotezinin köməyilə izah edən çoxsaylı nəzəriyyələr meydana çıxdı. Dekartın sözlərinə görə, "planetlərin qərq olduğu bu səma materiyası, burulğan kimi, arasıkəsilmədən fırlanır; bu burulğanın mərkəzində Günəş yerləşir və onun Günəşin yaxınlığında yerləşmiş hissələri, müəyyən məsafəyə uzaqlaşmış hissələrindən daha sürətlə hərəkət edir". Burulğan sayəsində planetlər Günəşin ətrafında öz orbital fırlanmalarını davam etdirir. Bu burulğan tək deyil; bu cür burulğanlar planetlərin də ətrafında mövcuddur və məhz onlar peykləri öz arxasınca aparır (sövq etdirir). Planetlərin və peyklərin hərəkətini nisbətən sadə izah edən bu nəzəriyyə geniş yayıldı.



TƏRS KVADRATLAR QANUNU

1674-cü ildə ilk dəfə olaraq göy cisimləri üçün cazibə qanununun düzgün miqdarca ifadəsi verilmişdir. Bildiyimiz kimi, buna qədər Kepler səhv hipotez irəli sürmüşdü ki, cazibə qüvvəsi planetdən Günəşə qədər olan məsafənin birinci dərəcəsi ilə tərs mütənasibdir. Robert Huk fərz etdi ki, "bütün göy cisimləri cazibəyə və ya qravitasiya qüvvəsinə malikdir" və "cazibə qüvvələri, bu qüvvələrin təsir etdiyi cisim təsir mərkəzinə yaxın olduqca özlərini daha çox büruzə verir". Lakin həmin anda Huk etiraf etmişdi: "Bu artma məsafənin hansı dərəcəsindən asılıdır, bunu hələ mən təcrübə ilə müəyyən etməmişəm".

Məsələni axıra çatdırmaq üçün Huka bir neçə il lazım oldu. Kepler nəzəriyyəsinə müraciət edərək və yuxarıda deyilən səhvi düzəldərək, o, belə nəticəyə gəldi: cazibə mərkəzə qədər məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasibdir. Lakin Huk isbatı axıra çatdıra bilmədi: əlavə olaraq göstərmək lazım idi ki, cazibə qüvvəsinin məsafədən bu cür asılılığında planetlərin trayektoriyaları elliptik ola bilər. Bu işi Nyuton yerinə yetirdi.



NYUTON: NƏZƏRİYYƏNİN BAŞA ÇATDIRILMASI

İsaak Nyuton (1643–1727) ümumdünya cazibə və ya qravitasiya (*lat.* gravitas – "ağırlıq") ideyasına gəlib çıxanda onun cəmi 24 yaşı vardı. Rəvayətə görə, bu fikir bağda istirahət zamanı alimin ağlına gəlmişdir: o, düşən almanı görmüş və xəyala dalmışdı ki, almanı düşməyə məcbur edən qüvvə və Ayı Yerin ətrafında hərəkət etməyə məcbur edən qüvvə eyni bir təbiətə malik deyilmi.

Əgər "Yerin ətrafında, Yupiterin ətrafında olduğu kimi, bir neçə Ay fırlansa idi... və əgər bu Aylardan ən alçağı kiçik olsaydı və az qala hündür dağların zirvələrinə toxunsaydı... və bu peykciyəzi orbit üzrə irəliləmə hərəkətindən məhrum etsəydik", dayandırsaydıq, nə baş verərdi? O, kütləyə malik istənilən cisim kimi, həmin alma kimi Yerə düşərdimi? Əgər düşərdisə, onda onun üçün sərbəstdüşmə təcili almanınkından fərqlimi olardı?

Nyuton başa düşdü ki, Günəşin cazibə qüvvəsi planetə sürət vermədən, onu ancaq orbitdə saxlayır. Əgər qüvvə qəflətən yox olsaydı, onda planet dayanmazdı, ancaq bərabərsürətli düzxətli hərəkət etməyə başlayardı. Günəş hər an planeti düz xətdən meyil etməyə məcbur edər və planetin sərbəst "düşməsi" bundan ibarət olardı: faktiki olaraq planet arasıkəsilmədən Günəşə düşür, lakin ətaləti sayəsində bu düşmə qapalı trayektoriya üzrə hərəkətə çevrilir.

Planetin ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edərək, əlavə sürət qazanmaması haqqındakı ideya prinsipial olaraq yeni idi. Kepler fərz edirdi ki, nə qədər ki, Günəş tərəfindən planetə qüvvə təsir edir, onun hərəkəti yalnız o qədər davam edə bilər; Qaliley isə bu qüvvənin varlığını tamamilə inkar edirdi və hesab edirdi ki, planetlər ətaləti üzrə dairəvi orbitlər boyunca hərəkət edir.

Beləliklə, Nyuton ümumdünya cazibə qanununu kəşf etdi. Lakin o, öz nəticələrini çap etdirmədi və onlar haqqında heç kəsə danışmadı. Bəzi hesablamaların təcrübi məlumatlarla uzlaşmaması onu pərt edirdi. Əslində isə uyğunsuzluq ona görə əmələ gəlmişdi ki, alim Yerin radiusunun səhv qiymətindən istifadə etmişdi. Bir çox illərdən sonra, Nyutona daha dəqiq məlumatlar məlum olan vaxt o, hesablamaları təkrarladı və özünün haqlı olduğuna əmin oldu.

Holland fiziki Xristian Hüygens (1629–1695) Yer səthi yaxınlığında sərbəstdüşmə təcilini ölçdü. O dövrdə təcil düşən cismin bir saniyədə getdiyi yola əsasən təyin edilirdi. Sərbəstdüşmə təcili üçün həmin yol Paris futunun təxminən $15\frac{1}{12}$ hissəsinə bərabər



oldu ki, bu da 9,8 m/san^2-na uyğundur. Nyuton aşkar etdi ki, Yer səthi yaxınlığındakı bu təcil Yerin cazibə qüvvəsinin Aya verdiyi təcildən (mərkəzəqaçma təcilindən) 3600 dəfə böyükdür. Bizim planetin mərkəzindən Aya qədər olan məsafə, Yerin mərkəzindən səthinə qədər olan məsafədən 60 dəfə böyükdür. Lakin $3600 = 60^2$, bu isə o deməkdir ki, sərbəstdüşmə təcili Yerin mərkəzindən olan məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasibdir. Lakin Nyutonun ikinci qanununa görə, qüvvə və təcil düz mütənasib asılılıqla bağlı olduqlarından, cazibə qüvvəsi də məsafədən həmin cür asılı olmalıdır.

1677-ci ildə Nyuton elliptik orbitlər haqqında mürəkkəb riyazi məsələni həll etdi və bununla da Hukun işini tamamladı, yəni göstərdi ki, cazibə qüvvəsi məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olduqda orbit elliptik ola bilər. Nyuton bu məsələni belə ifadə edir: "Cisim ellips üzrə dövr edir: ellipsin fokusuna doğru yönəlmiş mərkəzəqaçma qüvvəsinin tabe olduğu qanunu təyin etmək tələb olunur". Məlum oldu ki, $F \sim 1/R^2$. Bu cavab cazibə qüvvəsi üçün alınmış bütün əvvəlki nəticələrə tam uyğundur.

Qüvvənin yalnız məsafədən deyil, həm də kütlədən asılılığı aydınlaşdırıldı. İstənilən planet çoxsaylı hissəciklərdən əmələ gəlmişdir. Deməli, "bütün planetin cazibəsi, onun ayrı-ayrı hissələrinin cazibələrindən törəyir və onların cəminə bərabərdir". Nyuton buradan belə nəticə çıxarır ki, "bütün planetlərin cazibəsi onlardakı materiya miqdarı ilə düz mütənasibdir". Materiya miqdarı isə kütlə ilə təyin olunur, deməli, "bütün cisimlərə cəzb olunma var və bu cəzb olunma onların hər birinin kütləsilə mütənasibdir".

Hazırda ümumdünya cazibə qanunu belə ifadə olunur: iki hissəciyin qravitasiya cazibə qüvvəsi onların kütlələrinin hasili ilə düz, onlar arasındakı məsafənin kvadratı ilə isə tərs mütənasibdir:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}, \qquad (1)$$

burada G – qravitasiya sabiti adlanan fundamental fiziki sabitdir.

Nyutonun dövründən bəri kütləyə yalnız ətalətliyin ölçüsü kimi yox, həm də qravitasiya cazibəsinin ölçüsü kimi, "qravitasiya yükü" kimi baxmağa başladılar. İlk baxışda qravitasiyanın intensivliyini xarakterizə edən kəmiyyət məcburi deyil ki, ətalət kütləsi ilə üstüstə düşsün. Müasir fizikada onların bərabərliyini təbiətin fundamental qanunu hesab etmək qəbul olunmuşdur.

Ümumdünya cazibə qanunu maddi nöqtələr üçün, yəni kütləyə malik olan sıfır ölçülü cisimlər üçün ifadə olunur. Lakin Nyuton göstərdi ki, maddənin sferik-simmetrik paylandığı kürəşəkilli cisimlərin (belə paylanma zamanı cisim istənilən bucaq qədər döndükdə öz-özünə keçir) qarşılıqlı təsir qüvvəsi də eyni cür olacaqdır, bu şərtlə ki, burada r dedikdə onların mərkəzləri arasındakı məsafə başa düşülsün. Bu xüsusiyyət onun sayəsində baş verir ki, qüvvə məsafənin hər hansı dərəcəsindən yox, məhz kvadratından asılıdır. (1) düsturu sferik cismin maddi nöqtə ilə qarşılıqlı təsiri üçün də doğrudur. Verilmiş düsturun sferik cisimlərə tətbiq edilməsi imkanı bir sıra hallarda qravitasiya cazibə qüvvəsini kifayət qədər sadə hesablamağa imkan verir.

Qravitasiya nəzəriyyəsinin müddəalarının isbatı yeni riyazi metodlar tələb etdi. Onların işlənib hazırlanmasına və istifadəsinə bir neçə il sərf olundu. Bu metodlar, o cümlədən inteqral hesabı Nyutona qədər heç bir alimə məlum deyildi.

FƏZANIN ÖLÇÜSÜ VƏ CAZİBƏ QANUNU

Cazibə mövzusuna və fəzanın ölçüsü ilə cazibənin əlaqəsinə tamamilə gözlənilmədən İmmanuil Kantın (1724-1804) "Canlı qüvvələrin həqiqi qiymətləndirilməsinə dair düşüncələr" adlı əsərində toxunuldu. O vaxt Kant Königsberq universitetinin 23 yaşlı məzunu idi.

O, cazibə qanunundan (məhz cazibə qüvvəsinin məsafənin ikinci dərəcəsi ilə tərs mütənasibliyindən) fəzanın üçölçülü olmasını çıxarmaq istəyirdi, lakin öz gümanlarına sübut tapa bilmədi. Onun əsərində deyilirdi: "Asanlıqla isbat etmək olar ki, əgər substansiyalar özündən kənarda heç bir təsir qüvvəsinə malik olmasaydı, onda heç bir fəza və heç bir ölçü olmazdı. Çünki belə qüvvə yoxdursa, heç bir əlaqə də yoxdur. Əlaqəsiz isə heç bir nizamlılıq və nəhayət, nizamlılıq yoxdursa, heç bir fəza da yoxdur". Üçölçülü fəzanı təyin edən qüvvələr məsafənin ikinci dərəcəsi ilə tərs mütənasibdir və deməli, 3 ədədi – fəzanın ölçüsü ilə – cazibə qanunundakı 2 ədədi arasında əlaqə olmalıdır.

Kant beləcə sübutlar tapa bilmədi, lakin bu mövzuya aid mühakimələrinin gedişində prinsipial olaraq başqa nəticələrə gəlib çıxdı. Sonralar, məşhur filosof olduqdan sonra o dərk etmişdi ki, fəzanın xassələri fizika qanunlarından asılı ola bilməz (daha doğrusu, fizika qanunları fəzanın xassələrindən asılıdır) və bir daha cazibə qanunu mövzusuna qayıtmamışdı.

Cazibə qanununun fəzanın ölçüsü ilə əlaqəsi məsələsi müəyyən müddət unuduldu. 170 ildən sonra bu qanunuyğunluğu tapmaq üçün növbəti cəhd edildi.



İ.Kant.



P.Erenfest.

1917-ci ildə "Amsterdam akademiyasının əsərləri" jurnalında Paul Erenfestin (1880-1933) fizikanın fundamental qanunlarından "Fəzanın üçölçülü olması haradan çıxır?" adlı məqaləsi çapdan çıxdı. Fəzanın ölçüsünün üçdən böyük və ya kiçik ola biləcəyini fərz edərək, Erenfest göstərdi ki, n-ölçülü Evklid fəzasında ümumdünya cazibə qanunu aşağıdakı şəklə malikdir:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^{n-1}},$$

burada n – fəzanın ölçüsüdür. Bizim dünyamızda $n - 1 = 2$, deməli, bizim yaşadığımız fəza üçölçülüdür.

Əgər biz qəflətən dördölçülü dünyaya düşsəydik, nə hiss edərdik? Bu cür suallar XX əsrin əvvəllərində tez-tez verilirdi. Erenfestə qədər hesab olunurdu ki, insan, onun fiziki dünyada malik olmadığı əlavə qabiliyyətlər qazanardı (məsələn, qapını açmadan qapalı otağa girə bilərdi). Lakin Erenfestin məqaləsində göstərilmişdir ki, dördölçülü fəzada qravitasiya cazibə qüvvəsi məsafənin üçüncü dərəcəsi ilə tərs mütənasib azalardı. Bu isə o deməkdir ki, bu cür şəraitdə Günəş sistemi mövcud ola bilməzdi: planetlər Günəşin üzərinə düşərdi və ya kosmosa uçub gedərdi, çünki ağırlıq qüvvəsinin belə qiymətində dayanıqlı orbitlər mövcud deyil. Hərəkət tənliklərini həll etməklə, bunu isbat etmək çətin deyildir. Deməli, Yerdə ümumiyyətlə həyat yarana bilməzdi. Cazibə qüvvəsinin məsafəyə görə kvadratik azalması insanın mövcudluğunun zəruri şərti hesab olunur.

MƏSƏLƏ: FLATLANDİYA

Flatlandiya (*ing.* flat – "müstəvi", land – "torpaq", "ölkə") – XIX əsrin ingilis pedaqoqu E.Ebbotun eyniadlı romanında təsvir olunmuş ikiölçülü xəyali dünyadır. Flatlandiya fəzası ikiölçülüdür və Erenfestin düsturuna uyğun olaraq qravitasiya üçün cazibə qanunu burada aşağıdakı şəklə malik olur:

$$F = G\frac{Mm}{r}.$$

Tutaq ki, bu uydurma dünyada da bizim dünyada olan eyni göy cisimləri var, ancaq onlar müstəvi cisimlərdir: müstəvi Günəş (həmin $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$ kq kütləli), müstəvi Yer ($R \approx 6{,}4 \cdot 10^{6}$ m radiuslu, $M_{Y} \approx 6 \cdot 10^{24}$ kq kütləli, Günəşdən $r = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m məsafədə yerləşmişdir) və s.

Flatlandiyada qravitasiya sabiti $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N · m/kq^2. Bu, ədəd qiymətcə bizim dünyanın qravitasiya sabitinə ($6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N · m^2/kq^2) bərabərdir, ancaq başqa ölçüyə malikdir.

Bu dünyada müşahidə olunan qravitasiya hadisələrini təsvir edin. Burada – Yerdə sərbəstdüşmə təcili nəyə bərabərdir? Bəs birinci kosmik sürət? Yerin Günəş ətrafında fırlanma periodu? Bu halda Günəş işığı Yerə gəlib çatacaqmı?

1687-ci ildə cazibə nəzəriyyəsi "Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" adlı fundamental traktatda çap olundu. Nəzəriyyə cazibənin təsiri altında cisimlərin hərəkətini təsvir edirdi, lakin qravitasiyanın səbəbləri haqqında heç nə demirdi. Nə üçün kütləsi olan cisimlər cəzb olunmalıdır və nə üçün qüvvənin ifadəsi başqa cür yox, bu cür şəklə malikdir? Nyuton bu suallara cavab vermədi: "...cazibə qüvvəsinin xassələrinin səbəbini isə indiyədək hadisələrdən çıxara bilmirəm, hipotezi isə mən uydurmuram... Əslində cazibə qüvvəsinin mövcud olması və bizim şərh etdiyimiz qanuna uyğun təsir göstərməsi kifayətdir".

Halley kometası. XVII əsr.



O, bu sirri açа bilmədi, ancaq ola bilsin ki, cavab başqa alimlərin əsərlərində tapılacaqdır? Nyuton onların hipotezlərini – Dekartın burulğanlar nəzəriyyəsini, Keplerin "maqnit ipləri" nəzəriyyəsini – ətraflı təhlil etdi və belə nəticəyə gəldi ki, onlar planetlərin hərəkət qanunları ilə uzlaşmır. Xüsusi halda, Keplerin üçüncü qanununa ziddir. Keplerin qanununda deyilir: planetlərin Günəş ətrafında dolanma periodlarının kvadratları nisbəti, onların orbitlərinin böyük yarımoxlarının kubları nisbəti kimidir.

Əgər nəzəriyyə təkcə məlum hadisələri izah etməyib, həm də yenilərini qabaqcadan xəbər verirsə, onda bu, ona elmi ictimaiyyət tərəfindən etibar qazandırmış olur. 1758-1759-cu illərdə ümumdünya cazibə qanunu qələbə çaldı. Halley kometası qayıtdı ki, bu da Nyutonun nəzəriyyəsi əsasında edilmiş öncəgörməyə tam uyğun olmuşdur. Kometanın görünəcəyi vaxtı ilk dəfə ingilis astronomu və riyaziyyatçısı Edmund Halley (1656-1742) hesablamışdı. Ağır planetlər olan Yupiterin və Saturnun təsirlərini nəzərə almaqla, daha dəqiq hesablamaları fransız astronomu və riyaziyyatçısı Aleksi Klod Klero (1713-1765) apardı. Kometanın "dəqiq təyin olunmuş vaxtda" gəlişi ümumdünya cazibə nəzəriyyəsinin xeyrinə həlledici dəlil oldu.

DİNAMİK DƏYİŞƏNLƏR VƏ SAXLANMA QANUNLARI



Halley kometası. Xalça üzərində naxış. Bayyö. Fransa. XII əsr.

Müasir insan düsturların köməyilə yazılan fizika qanunlarının sadə və aydın miqdarı ifadəsindən istifadə etməyə və elə məsələləri nisbətən asan həll etməyə adət etmişdir ki, həmin məsələlər qədimlərə çox çətin görünərdi. Az adam o haqda düşünür ki, indi istənilən məktəblinin istifadə etdiyi düsturlar və riyazi işarələr dili əsrlərlə formalaşmış və tam aşkar hesab olunan yeni işarələr uzun şübhələrdən və düşüncələrdən sonra qəbul edilmişdir.

Aristotelin "Fizika" adlı traktatında (e.ə. IV əsr) verilmiş miqdarı münasibətin yazılışına aid misala baxaq:

"Əgər A – hərəkətverici, B – hərəkət etdirilən, Γ – hərəkət etdirilənin irəlilədiyi uzunluq və Δ – hərəkət etdirilənin hərəkət müddətidirsə, onda A-ya bərabər olan qüvvə bərabər zaman ərzində B-nin yarısını Γ-nın iki misli qədər, tam Γ qədər isə Δ zamanının yarısı ərzində irəlilədər: mütənasiblik belə olacaqdır".

Gördüyümüz kimi, dəyişənlər var, qanunauyğunluq verilib, ancaq düstur yoxdur. Bizim dövrdə həmin miqdar münasibətini daha sadə şəkildə yazmaq olar:

$$F = \mu\frac{s}{t},$$

burada μ – "hərəkətetdirilən" (verilmiş cisim üçün onun çəkisinə mütənasib olan sabit kəmiyyət), F – "hərəkətverici" (qüvvə), s və t – yol və hərəkət müddətidir.

Qüvvə üçün yuxarıda təsvir olunmuş qanunauyğunluğun meydana çıxması ilə onun qısaca və sadə düstur şəklində ifadə edilməsi imkanı arasında 2 min ildən çox vaxt keçmişdir. Nə üçün belə olmuşdur?

Başlıca maneələrdən biri işarələr dilinin, ədədlər üzərindəki müxtəlif əməlləri müəyyən işarələr şəklində yazmağa imkan verən riyazi simvolikanın olmaması idi. Hətta bu gün hər bir savadlı adama məlum olan "+", "–" və "=" işarələr ilk dəfə yalnız XV-XVI əsrlərin qovuşuğunda yaranmışdır.

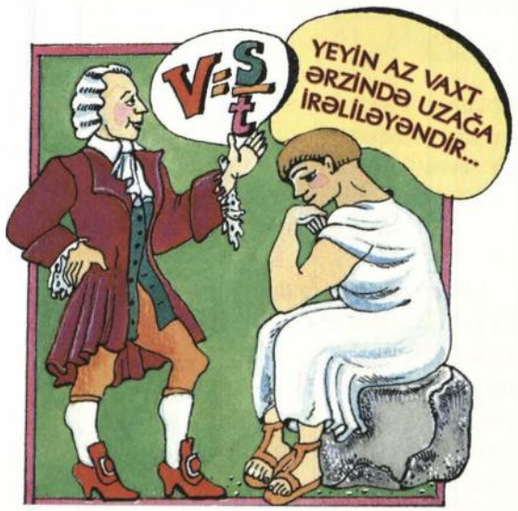
Digər səbəb ondan ibarət idi ki, bizim dövrümüzdə geniş istifadə olunan bəzi riyazi əməllərin doğruluğu tam aşkar deyildi. Müxtəlifölçülü kəmiyyətləri, məsələn, məsafəni zamana bölmək olarmı? Eylerə qədər bu, düzgün sayılmırdı.

Aristotel hərəkəti başqa bir hərəkətə nəzərən daha yeyin və ya daha yavaş kimi xarakterizə edirdi, lakin sürətin miqdar tərifini vermirdi. Mexanikaya həsr olunmuş mətnlərdə o, "sürət" anlayışından istifadə edir, lakin tərifini vermirdi. Alim yazır: "Yeyin az vaxt ərzində uzağa irəliləyəndir, yavaş isə çox vaxt ərzində az irəliləyəndir".

Qalileo Qaliley də sürəti təxminən bu cür başa düşürdü: onun zamanında (və sonralar) müxtəlif növ kəmiyyətlərin bir-birinə bölünməsinə yol verilmirdi. Bərabərsürətli hərəkətin dördüncü Qaliley aksiomu Aristoteldən gətirdiyimiz sitatı demək olar ki, tək-

MƏSƏLƏ: FLATLANDİYA – HƏLLİ

Nyutonun ikinci qanununa görə, sərbəstdüşmə təcili, F cazibə qüvvəsini yer səthinə yaxın ixtiyari cismin m kütləsinə bölməklə alınır. Yerin Günəş ətrafında fırlanma periodunu $T = 2\pi r/v$ düsturuna əsasən tapırıq, burada v – Yerin Günəş ətrafında orbit üzrə hərəkət sürətidir. Birinci kosmik sürəti cismin Yer ətrafında orbit üzrə hərəkət tənliyindən tapırıq: $mv^2/R = F$, buradan $v = \sqrt{GM} = 2 \cdot 107$ m/san. Maraqlıdır ki, o, "normal" birinci kosmik sürətdən fərqli olaraq, məsafədən asılı deyil. Günəş görünməzdir, çünki işıq sürəti Günəş üçün hətta birinci kosmik sürətdən ($1{,}2 \cdot 10^{10}$ m/san) də kiçik olardı. Bu cür obyekti şərti olaraq "qara çuxur" adlandırmaq olardı. Günəş ən tipik ulduzlardan biri olduğundan, fərz etmək olar ki, Flatlandiyada əksər ulduzlar "qara çuxurlara" bənzər olardı.



rarlayır: "Müəyyən zaman ərzində böyük məsafə qət edilən halda sürət, həmin zaman ərzində az məsafə qət edilən haldakı sürətdən böyükdür". Əgər o dövrdə kəşf olunan qanunlar düsturlar şəklində yazılırdısa, adətən bunlar eyni cins kəmiyyətlər arasındakı mütənasibliklər olurdu.

İşarə	Mənası	Kim daxil etmişdir	Nə vaxt daxil edilmişdir
+	Toplama	Y.Vidman	1489-cu ildə
−	Çıxma	Y.Vidman	1489-cu ildə
=	Bərabərlik	R.Dekord	1557-ci ildə
×	Vurma	U.Outred	1631-ci ildə
:	Bölmə	Q.V.Leybnis	1684-cü ildə
·	Vurma	Q.V.Leybnis	1698-ci ildə

Nə üçün müxtəlif cins kəmiyyətlərin bölünməsi şübhə doğururdu? Bunu misal üzərində izah edək. Tutaq ki, 100 l suyu hər birinin tutumu 10 l olan qablara boşaltmaq lazımdır. Aydındır ki, bundan ötrü neçə qab lazım olduğunu tapmaq üçün 100 l-i 10 l-ə bölmək lazımdır. Bir həcmin başqa həcmə bölünməsi baxılan halda tamamilə aydındır və etiraz doğurmur. Ancaq, məsələn, 100 litrin 2 saata bölünməsindən alınan kəmiyyət nəyi göstərə bilər? Litrin saata bölünməsi, sanki, tam mənasızdır. Lakin müasir məktəblilər üçün bu cür bölmə adi bir şeydir, çünki onlar bilirlər ki, suyun axma sürəti buna oxşar vahidlərlə ölçülür.

Sürət Rusiyada və Almaniyada yaşamış böyük İsveçrə alimi Leonard Eylerin sayəsində ciddi təyin olunan fiziki kəmiyyətə çevrildi. O, ilk dəfə göstərdi ki, sürət yolun zamana nisbəti ilə ölçülür və bu sadə tərif mexanika sahəsində işləyən bütün alimlər tərəfindən qəbul edildi. Bundan sonra müxtəlifölçülü kəmiyyətlərin birbirinə bölünməsi adi hal aldı və bir çox mexanika qanunlarını uzun-uzadı izahatlar əvəzində qısa düsturlar şəklində yazmaq imkanı yarandı.

1736-cı ildə Eylerin "Mexanika və ya hərəkət haqqında elm" adlı işi dərc olundu. İlk dəfə burada Nyutonun ikinci qanununun düsturu meydana çıxdı. Öz formasına görə o, bizim dövrümüzdə istifadə olunan yazılışdan bir qədər fərqlənirdi və aşağıdakı şəkildə idi:

$$dv = \frac{\lambda P dt}{A}.$$

Burada P – qüvvə, A – "cisimciyin" kütləsi, dt – "zaman fasiləsi", dv – "təsir edən qüvvə istiqamətində götürülmüş sürət artımı", λ – ölçü vahidlərinin seçilməsindən asılı olan mütənasiblik əmsalıdır.

MEXANİKİ SİSTEMİN HƏRƏKƏTİNİN TƏSVİR EDİLMƏSİ

XVIII əsrin sonunda, Eylerin ölümündən bir neçə il sonra, mexanikada elə bir fikir bərqərar oldu ki, mexaniki sistemin halı onu əmələ gətirən hissəciklərin koordinatları və sürətləri ilə təyin olunur. Məhz koordinatlar və sürətlər (təcillər lazım deyil) o qədər mühüm xarakteristikalardır ki, onların hərəkətin ilk anındakı qiymətlərinə görə və hərəkət tənliklərinə görə, istənilən verilmiş zaman anında sistemin hansı halda olacağını təyin etmək olar. Bu kəmiyyətlər – koordinatlar və sürətlər – *hal dəyişənləri* adlanır. Lakin bu dəyişənlər sistemin halını hesablamaq üçün kifayət deyildir: tənliklərə həmçinin sistemi xarakterizə edən və onun hərəkətindən asılı olmayan kəmiyyətlər də daxil olur. Onlar sistemin parametrləri adlanır.

Sistemin parametrləri – sistemin halından asılı olmayan və yalnız sistemi əmələ gətirən hissəciklərin təbiəti ilə müəyyən olunan fiziki kəmiyyətlərdir. Sistemin parametrlərinə, məsələn, hissəciklərin kütlələri (m) və elektrik yükləri (q) aiddir. Sistemin gələcəyinin təyini məsələsi parametrlərin məlum qiymətlərində həll olunur və bütün hərəkət müddətində onların qiymətləri dəyişməz qalır.

Sistemin təkamülünü həmçinin *dinamik dəyişənlər* – sistemin halından asılı olan və halın dəyişənlərilə və sistemin parametrlərilə ifadə olunan fiziki kəmiyyətlərdir. Halın dəyişənləri zamana görə də dəyişə bildiyindən, dinamik dəyişənlər də, ümumiyyətlə, zamandan asılı olur. Mexanikada *impuls*, *impuls momenti* və *enerji* kimi dinamik dəyişənlərdən geniş istifadə olunur. Bu kəmiyyətlərin daxil edilməsinin səbəbi odur ki, onların hər biri



üçün uyğun saxlanma qanunu doğrudur. Saxlanma qanunları hesablamaları xeyli qısaldaraq, sistemin gələcəyi haqqında məlumat almağa kömək edir: bəzən hərəkət tənliklərini həll etmədən, dinamik dəyişənlərin öyrəndiyimiz prosesin əvvəlindəki və sonundakı qiymətlərini yalnız bərabərləşdirmək kifayət edir.

Təbiətdə dəyişməyən, zamandan asılı olmayan nəyinsə mövcud olması ideyası öz-özlüyündə yeni deyil. Bu ideya, hər halda, antik dövrlərdə yaranmışdır. Məsələn, qədim yunan filosof-atomisti Demokrit (e.ə. V-IV əsrlər) hesab edirdi ki, cisimlər dağılmayan və yaranmayan əbədi və dəyişməz atomlardan ibarətdir və onların arasında yalnız boşluq var: "Var olanlardan heç nə məhv ola bilməz. Hər cür dəyişmə hissələrin yalnız birləşməsi və ayrılmasıdır". Atomların boşluqda hərəkəti zamanı onların dayanması üçün heç bir səbəb yaranmır, ona görə də atomların hərəkəti əbədi olmalıdır. Daha sonrakı dövrdə yaşamış romalı şair-filosof Tit Lukretsi Kar (e.ə. təxminən 99-55) da atomizm ideyasını inkişaf etdirmişdir (doğrudur, Lukretsiyə görə, atomlar özbaşına öz hərəkət istiqamətlərini dəyişə bilər, halbuki Demokrit belə imkanı mümkün hesab etmirdi). O yazmışdır: "Düşünürəm ki, başlanğıclar bütün hərəkətləri dayandıra bilər... sən doğru baxışdan çox uzaqlaşırsan".

Materiyanın və hərəkətin saxlanmasına dair ideyalar Avropa fəlsəfəsinə keçdi. Bir çox əsrlər boyu bu ideyalar yalnız keyfiyyətcə, ədədi təsvirsiz formalaşmışdır və yalnız XVII–XIX əsrlərdə onlar aydın fizika qanunları şəklini əldə etdilər.

DEKART, NYUTON VƏ HƏRƏKƏT MİQDARI

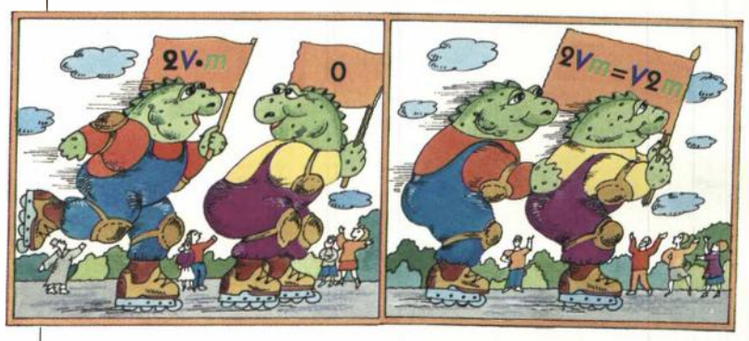
İmpuls anlayışını XVII əsrin birinci yarısında fransız alimi Rene Dekart cisimlərin toqquşmasını tədqiq edərkən daxil etmişdir. O dövrdə kütlənin fiziki anlayışı olmadığına görə Dekart impulsu "cismin qiymətinin (kütləsinin) onun hərəkət sürətinə" hasili kimi təyin etmişdi. Bu kəmiyyət hərəkət miqdarı adlandırıldı.

Sonralar İsaak Nyuton impulsun tərifini dəqiqləşdirdi: "Hərəkət miqdarı sürətə və kütləyə mütənasib təyin edilən bir şeyin ölçüsüdür". Müasir işarələrdə bu belə şəklə malikdir:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

İmpuls – vektorial kəmiyyətdir və hissəciyin sürətinin yönəldiyi tərəfə yönəlir. İmpulsun ölçü vahidi Beynəlxalq vahidlər sistemində (BS) *kiloqram-metr bölünsün saniyədir* (kq·m/san).

Əgər sistem bir hissəcikdən ibarətdirsə, onda sistemin tam impulsu bu hissəciyin impulsuna bərabərdir.



Əgər sistem $N > 1$ sayda hissəcikdən ibarət olarsa, onda sistemin tam impulsu onu əmələ gətirən hissəciklərin impulslarının vektorial cəminə bərabərdir:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots + \vec{p}_N = \sum_i \vec{p}_i.$$

İmpulsun saxlanması qanununda deyilir: qapalı sistemdə gedən istənilən proseslər zamanı, sistemin tam impulsu dəyişməz qalır.

Bu hökmü isbat edək. Tərifə görə sistemin qapalılığı o deməkdir ki, sistemə tətbiq olunmuş bütün xarici qüvvələrin cəmi də sıfıra bərabərdir:

$$\sum F_i^{xar} = 0.$$

Nyutonun üçüncü qanununun nəticəsində daxili qüvvələrin cəmi də sıfıra bərabər olur:

$$\sum F_i^{dax} = 0.$$

Bu qiymətləri cisimlər sistemi üçün Nyutonun ikinci qanununu ifadə edən tənlikdə yerinə yazaq:

$$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \sum F_i = \sum F_i^{xar} + \sum F_i^{dax} = 0.$$

Alırıq ki,

$$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = 0.$$

Buradan çıxır ki, $\vec{P}$ = const, bunu da isbat etmək tələb olunurdu.

Göstərmək olar ki, əgər sistem qapalı deyilsə, lakin xarici qüvvələrin hər hansı ox üzrə proyeksiyaları sıfıra bərabərdirsə, onda impulsun həmin ox üzrə proyeksiyası saxlanır. Məsələn, üfüqə bucaq altında atılmış cismin impulsunun üfüq istiqaməti üzrə proyeksiyası saxlanır (əgər havanın müqavimətini və Yer səthinin əyriliyini nəzərə almasaq).

Dekart impulsun saxlanması qanununu belə ifadə etmişdir (1639-cu il): "Kainatda, bütün yaradılmış materiyada məlum hərəkət miqdarı vardır ki, bu hərəkət miqdarı heç vaxt artmır, azalmır və beləliklə də, əgər bir cisim digərini hərəkətə gətirirsə, onda ona verdiyi qədər öz hərəkətini itirir". Bu qanunun vektorial xarakteri haqqında Dekartda təsəvvür yox idi, ona görə də o, toqquşmanın doğru nəzəriyyəsini yaratmağa müvəffəq ola bilmədi. Bunu sonralar Xristian Hüygens etdi. Maraqlıdır ki, impulsun saxlanması qanununu isbat edərkən o, Nyuton qanunlarına yox (həmin vaxt onlar hələ çap olunmamışdı), fəzanın simmetriya prinsiplərinə və hərəkətin nisbiliyinə əsaslanmışdı. Bu metodu toqquşan və zərbə prosesində bir-birilə birləşən iki eyni cisim misalında nümayiş etdirək (belə toqquşma *mütləq qeyri-elastiki* toqquşma adlanır).

Tutaq ki, m kütləli cisim 2υ sürətilə (Yerə nəzərən) hərəkət edərək, sükunətdə olan eyni kütləli cisimlə toqquşur. Toqquşmaya qədər onların yekun impulsu $2\upsilon \cdot m$-ə bərabərdir. Göstərək ki, toqquşmadan sonra da impuls həmin qiymətini saxlayacaqdır. Bunun üçün, Yerlə bağlı olan birinci hesablama sisteminə nəzərən, birinci cismin hərəkət istiqamətində υ sürətilə hərəkət edən başqa bir hesablama sisteminə keçək. Bu hesablama sistemi onunla əlamətdardır ki, hər iki cisim eyni bir υ sürətilə qarşı-qarşıya hərəkət edəcəkdir. Simmetriya mülahizələrindən aydındır ki, cisimlər toqquşandan və bütöv bir tam şəklində birləşəndən sonra əmələ gələn (mürəkkəb) cisim hərəkət etməyəcəkdir: bu və ya digər istiqamətin seçilməsində üstünlük olmayacaq. Əgər hərəkət edən hesablama sistemində mürəkkəb cismin sürəti sıfıra bərabərdirsə, onda Yerlə bağlı olan sükunətdəki hesablama sistemində sürət υ olacaqdır. Sürətin bu qiymətini mürəkkəb cismin kütləsinə vuraraq ümumi impulsu alırıq: $2m \cdot \upsilon = 2m\upsilon$; bu da impulsun ilkin qiyməti ilə üst-üstə düşür.

MEXANİKİ ENERJİ

Dekart tərəfindən daxil edilmiş impuls (hərəkət miqdarı) anlayışından Hüygens, Nyuton və başqa alimlər istifadə etmişlər. Lakin 1686-cı ildə gözlənilmədən alman filosofu və alimi Qotfrid Vilhelm Leybnisin (1646–1716) "Dekartın və başqalarının, yeri gəlmişkən, mexaniki praktikada düzgün istifadə etmədikləri bir təbiət qanununa dair buraxdıqları diqqətəlayiq səhvin qısa isbatı – bu qanuna görə "Allah həmişə eyni bir hərəkət miqdarını saxlayır" adlı məqaləsi meydana çıxdı.

Dekart impulsun vektorial təbiətinə baxmadığı üçün ortaya ziddiyyət çıxırdı. Leybnis bu ziddiyyətə diqqət yetirmişdi. Dekart impulsla skalyar kimi davranırdı, ona istiqamət aid etmirdi. İmpulsun bu cür tərifi eyni bir istiqamətdə hərəkət edən iki cismin hərəkətinə baxdıqda düzgün nəticə verirdi. Lakin qarşı-qarşıya hərəkət edən iki eyni cismin qeyri-elastiki toqquşması kimi sadə misalda artıq səhv yaranırdı: impulsun yekun miqdarı sıfıra çevrilirdi, halbuki o saxlanmalı idi. Dekart fərz etməli oldu ki, cisimlərin impulsu, bu cisimləri əmələ gətirən materiyanın daxili, gizli hərəkətinə keçə bilər.

Leybnis başqa bir saxlanan kəmiyyətə baxmağı təklif etdi: təbiətin əsas qanunu "eyni bir hərəkət miqdarının saxlanmasından ibarət yox, eyni bir miqdarda hərəkətverici fəaliyyətin



X.Hüygens.



Q.V.Leybnis.

Q.V.Leybnisin "Qısa isbat..." adlı məqaləsinin çap olunduğu "Elmi qeydlər" jurnalı. 1680-ci illər.



saxlanması zərurətindən ibarətdir, bu isə heç də tam karteziançıların başa düşdükləri hərəkət miqdarı demək deyildir". Məlum oldu ki, saxlanan kəmiyyət mv^2-dır. Bu qiyməti alimin necə aldığına baxaq.

Məlumdur (və Leybnisin sözlərinə görə, "zəmanəmizin bütün filosofları və riyaziyyatçıları bunu qəbul edir") ki, çəkisi 1 funt olan cismi 4 dirsək hündürlüyə qaldırmaq üçün tələb olunan əmək, çəkisi 4 funt olan cismi 1 dirsək hündürlüyə qaldırmaq üçün tələb olunan əməyə bərabərdir. Yox əgər bu cisimlərə düşmək imkanı versək (birinci cismə 4 dirsək hündürlükdən, ikinci cismə isə 1 dirsək hündürlükdən), onda yerə toxunan anda birinci cismin sürəti ikinci cismin sürətindən iki dəfə böyük olacaqdır. Leybnis burada Qalileyin işlərinə istinad edir və onlardan belə çıxır ki, $v \sim \sqrt{h}$-dir. Deməli, cisimlər müxtəlif hərəkət miqdarına malik olacaqdır, lakin onlar üçün kütlə ilə sürətin kvadratı hasili eyni olacaqdır. Ona görə də mv^2 hasilini Leybnis hərəkətin ölçüsü kimi seçdi və ona "canlı qüvvə" adını verdi. "Canlı qüvvə" "hərəkətverici fəaliyyət miqdarını" ifadə edir; bu miqdar təbiətdə saxlanır.



L.Karno.

1 funt = 0,4536 kq.
1 dirsək = 38 – 46 sm.

Leybnisin işindən sonra "hərəkətin ölçüsü" haqqında bir neçə on il davam etmiş mübahisə başlanmışdı. Nəticədə iki "hərəkət ölçüsünün" olduğu etiraf edildi: vektorial kəmiyyət kimi impuls və skalyar kimi kinetik enerji.

Müasir mexanikada *kinetik enerji* hissəciyin kütləsi ilə onun sürətinin kvadratı hasilinin yarısına bərabər olan fiziki kəmiyyət kimi təyin olunur:

$$E_K = \frac{mv^2}{2}.$$

Kinetik enerji – bu, Leybnisin 2-yə bölünmüş "canlı qüvvəsidir". Onu 2-yə bölməyi 1829-cu ildə fransız mexaniki Qustav Qaspar Koriolis (1792-1843) təklif etdi. O, fransız riyaziyyatçısı Lazar Nikola Karnonun (1753-1823) bir neçə il əvvəl isbat etdiyi teoremə əsaslanmışdı. Bu teoremə görə, əgər cisim sabit qüvvənin təsiri altında hərəkət edirsə, onda qüvvənin yerdəyişməyə və onlar arasındakı bucağın kosinusuna hasilinin iki misli yerdəyişmənin sonundakı və başlanğıcındakı "canlı qüvvələrin" fərqinə bərabərdir:

$$2Fs\cos\alpha = mv^2 - mv_0^2. \qquad (1)$$

O zamanlar bu teorem praktiki mexanikada kəşf sayılırdı. İndi, fizikadan keçilən məktəb biliyinə əsaslanaraq, onu asanlıqla isbat etmək olar.

Koriolis, başqa bir fransız mexaniki Jan Viktor Ponselenin (1788-1867) ardınca, (1) düsturundakı qüvvənin yerdəyişməyə və onlar arasındakı bucağın kosinusu hasilini *iş* adlandırdı. Onu A hərfi ilə işarə etsək və onu

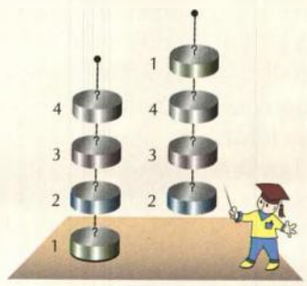
$$A = Fs\cos\alpha$$

yazsaq, onda (1) düsturunu, təbii ki, aşağıdakı şəkildə göstərə bilərik:

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}. \qquad (2)$$

AĞIRLIQ QÜVVƏSİNİN İŞİ HAQQINDA

Dörd eyni yükü 1 dirsək hündürlüyə qaldırmaq üçün, bir yükü 4 dirsək hündürlüyə qaldırmaq üçün görülən iş qədər iş tələb olunur. Çünki hesab etmək olar ki, bütün yükləri qaldırarkən, biz onlardan üçünü (2, 3, 4 nömrəli) öz yerində saxlayırıq. Yalnız bir yük (1 nömrəli), sanki, yuxarı və artıq qalxır. 4 dirsək hündürlüyə.



Sağda məxrəclərdə ikilər ortaya çıxdı. Məhz buna görə Koriolis hərəkətin skalyar ölçüsü olaraq "canlı qüvvənin" yarısını qəbul etməyi qərara almışdı.

BS-də iş (və enerji) vahidi *couldur* (C) 1C – 1N sabit qüvvənin, bu qüvvə istiqamətində gedilən 1 m yolda gördüyü işdir.

Sabit qüvvənin işi, tərifə görə, vektorial şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$A = \vec{F}\cdot\vec{s},$$

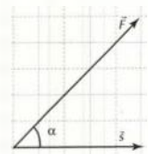
burada qüvvə və yerdəyişmə vektorları arasındakı nöqtə onların skalyar hasilini göstərir.

(2) düsturu ilə ifadə olunan teorem *kinetik enerji haqqında teorem* adlanır. Bu teoremə görə, cismə (və ya cisimlər sisteminə) təsir edən qüvvələrin işi bu cismin (sistemin) kinetik enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir, yəni

$$A = E_{K_2} - E_{K_1} = \Delta E_K.$$

Buradan çıxır ki, kinetik enerji, sükunətdəki cismə tətbiq olunmuş qüvvənin, bu cismə lazımi sürəti vermək üçün gördüyü işə bərabərdir. Qeyd etmək vacibdir ki, sürət nisbi kəmiyyət olduğundan, kinetik enerji də nisbi kəmiyyətdir. Məsələn, əgər cisim müəyyən hesablama sistemində v sürətilə hərəkət edirsə, onda o, $\frac{mv^2}{2}$-yə bərabər olan kinetik enerjiyə malik olur. Lakin bu cisimlə eyni istiqamətdə, ona paralel və onun sürətinə bərabər sürətlə hərəkət edən hesablama sisteminə keçsək, onda cismin bu hesablama sistemində sürəti və deməli, həm də kinetik enerjisi sıfıra bərabər olacaqdır.

Enerji anlayışı inkişaf etməkdə davam edirdi və 1847-ci ildə alman alimi German Lüdviq Ferdinand Helmholts (1821-1894) mühüm bir addım atdı. O, məsafədən (sürətdən yox, məhz məsafədən) asılı olan qüvvələrin təsiri altında cisimlərin hərəkətini öyrənərkən, müəyyən etdi ki, (2) tənliyinin sol tərəfini, baxılan cisimlərin birbirinə nəzərən yerləşməsini və qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən müəyyən bir kəmiyyətin qiymətləri fərqinə bərabər olduğunu hesab etmək olar. Bu "canlı qüvvə" ilə eyni ölçüyə malik kəmiyyət idi. Ona görə də Helmholts onu da "qüvvə", lakin "canlı qüvvə" yox, "gərgin qüvvə" adlandırdı. Bizim dövrdə o, potensial enerji adlanır.





G.L.F.Helmholts.

Potensial enerji – sistemin cisimlərinin qarşılıqlı vəziyyətilə müəyyən olunan qarşılıqlı təsir enerjisidir. Bu kəmiyyət aşağıdakı kimi təyin olunur: o, cismin (cisimlər sisteminin) yerini verilmiş vəziyyətdən potensial enerjinin sıfır hesab olunduğu vəziyyətə (sıfır vəziyyəti) dəyişdirmək üçün qüvvənin gördüyü işə bərabərdir:

$$E_P = A_{10}.$$

Potensial enerjinin sıfır vəziyyəti yalnız hesablamanın əlverişliliyi üçün

KİNETİK ENERJİ HAQQINDA TEOREMİN İSBATI

Teorem. Cismə təsir edən qüvvələrin işi, cismin kinetik enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir.

İsbatı. Teoremi əvvəlcə ən sadə hal üçün – hissəciyin bərabərtəcilli hərəkət halı üçün isbat edək. Bu halda qüvvə sabitdir və iş $A = \vec{F}\cdot\vec{s}$. Nyutonun ikinci qanununa görə, $\vec{F} = m\vec{a}$, deməli, $A = m\vec{a}\cdot\vec{s}$. Bərabərtəcilli hərəkətin kinematikasından məlum olduğu kimi, $2\vec{a}\cdot\vec{s} = v^2 - v_0^2$. Bu ifadəni işin düsturunda yerinə yazsaq,

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2},$$

alarıq ki, bunun da isbatı tələb olunurdu.

Ümumi halda (diferensial hesabı ilə tanış olanlar üçün) ixtiyari hərəkət üçün:

$$dA = \vec{F}\,d\vec{s} = m\vec{a}\,d\vec{s} = m\frac{d\vec{v}}{dt}d\vec{s} = m\,d\vec{v}\cdot\frac{d\vec{s}}{dt} = m\,d\vec{v}\cdot\vec{v} = \frac{1}{2}m\,d(\vec{v}^2) = d\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$$

İsbat edərkən biz, diferensialın aşağıdakı xassəsindən istifadə etdik:

$$d(ab) = a\,db + b\,da.$$

POTENSİAL ENERJİ HAQQINDA TEOREMİN İSBATI

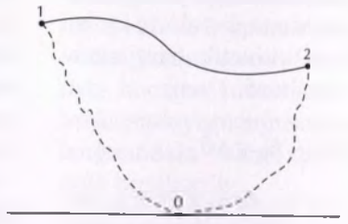
Helmholtsun elmə potensial enerji anlayışı daxil edərkən haqqında danışdığı qüvvələrə nəzər salaq və potensial enerji haqqındakı teoremin tətbiq oblastını müəyyən edək. Bu qüvvələr mühüm xüsusiyyətə malikdir: hissəcik bir nöqtədən başqa nöqtəyə yerini dəyişərkən onların işi həmin nöqtələri birləşdirən trayektoriyanın formasından asılı deyil. Bizə yaxşı tanış olan ağırlıq qüvvəsinə baxaq: onun $A = m\bar{g} \cdot \bar{s}$ işi $\bar{s}$ yerdəyişməsinin başlanğıcını və sonunu birləşdirən trayektoriyanın formasından asılı olmayaraq eyni olacaqdır.

İş görməyə qadir və bu deyilən xassəyə malik olan qüvvələri *potensiallı qüvvələr* adlandırmaq qəbul olunmuşdur. Çox vaxt stasionar (yəni zamandan asılı olmayan) potensiallı qüvvələrə, məsələn, elastiklik qüvvəsinə, ağırlıq qüvvəsinə, elektrostatik qüvvələrə baxırlar. Lakin zamana görə dəyişən potensiallı qüvvələr də var. Boşalan kondensatorun dəyişən elektrik sahəsində təsir edən elektrik qüvvəsi bu cür xassəyə malikdir: əgər sahə dəyişməyə macal tapmamış qapalı kontur üzrə cəld keçsək, bu kontur üzrə tam iş sıfıra bərabər olacaqdır. Stasionar potensiallı qüvvələr *konservativ qüvvələr* adlanır. Göstərmək olar ki, konservativ qüvvələr cisimlərin sürətindən və ya zamandan yox, yalnız onların nisbi vəziyyətindən asılı ola bilər.

Potensial enerji haqqında teorem sürtünmə və mühitin müqavimət qüvvələri üçün yox, məhz belə qüvvələr üçün ifadə olunur. Sürtünmə və mühitin müqavimət qüvvələri potensiallı qüvvələr deyildir.

Teorem. Konservativ qüvvələrin işıq potensial enerjinin əks işarə ilə götürülmüş dəyişməsinə bərabərdir.

İsbatı. Hissəciyin müəyyən *a* trayektoriyası üzrə ixtiyari 1 nöqtəsindən başqa bir ixtiyari 2 nöqtəsinin hərəkətinə baxaq. Tutaq ki, bu zaman konservativ qüvvələrin gördüyü iş *A*-ya bərabərdir. Konservativ qüvvələrin işi trayektoriyanın formasından asılı deyil və deməli, hissəcik istənilən başqa bir trayektoriya üzrə hərəkət etməyə başlayarsa, onda bu halda da eyni iş görüləcəkdir. Belə trayektoriya, məsələn, (0) sıfır vəziyyətindən keçə bilər. Beləliklə, $A = A_{102}$. Lakin A_{102} işi 1 – 0 və 0 – 2 hissəsindəki işlərin cəminə bərabərdir. Ona görə də $A = A_{10} + A_{02}$ və ya $A = A_{10} - A_{20}$ (hissəciyin 0 nöqtəsindən 2 nöqtəsinə yerdəyişməsi zamanı görülən A_{02} işi hissəciyin əks istiqamətdə yerdəyişməsi zamanı görülən A_{20} işinə qiymətcə bərabər, işarəcə əksdir). Tərifə görə A_{10} işi cismin 1 nöqtəsindəki, A_{20} işi isə verilmiş cismin 2 nöqtəsindəki potensial enerjisidir. Nəticədə $A = E_{P_1} - E_{P_2} = -\Delta E_P$ alırıq ki, bunun da isbatı tələb olunurdu.



seçilir. Potensial enerji birqiymətli təyin olunmayıb və onun mütləq qiyməti haqqında sistemin xarakteristikası kimi danışmağın mənası yoxdur.

Müxtəlif sıfırıncı səviyyələrə görə eyni bir cismin potensial enerjisi müxtəlif olacaqdır. Məsələn, sıfır səviyyəsi olaraq Yerin səthini seçsək, onda Yerdən *h* hündürlüyünə qaldırılmış cismin potensial enerjisi *mgh*-a bərabər olacaqdır. Sıfır vəziyyəti olaraq stolun hündürlüyünü götürsək, onda bu stolun üstündə yerləşən cismin potensial enerjisi üçün başqa qiymət alarıq. Enerjilərin fərqi isə sıfır vəziyyətinin seçilməsindən asılı deyildir.

Bəzi hallarda sıfır vəziyyəti olaraq elə vəziyyəti götürmək təbii olur ki, həmin vəziyyətdə cismə qüvvələr təsir etmir və ya bütün qüvvələrin təsiri kompensasiya edilmiş olur. Məsələn, yaya bağlanmış cisim üçün sıfır vəziyyəti olaraq onun tarazlıq vəziyyətini qəbul edirlər. Əgər biz planetin radiusundan çox-çox böyük məsafələrdə qravitasiya cazibəsinə baxırıqsa (yəni ağırlıq qüvvəsini artıq məsafədən asılı olmayan kəmiyyət hesab etmək mümkün olmadıqda), onda bu cisim planetdən sonsuz böyük məsafəyə uzaqlaşmış olduqda və ağırlıq qüvvəsi sıfıra bərabər olduqda hesab olunur ki, cismin potensial enerjisi sıfıra bərabərdir.

Potensial enerji üçün də kinetik enerji haqqında teoremə oxşar bir teorem doğrudur: cismin (cisimlər sistemin) istənilən hərəkəti zamanı konservativ qüvvələrin işi başlanğıc və son hallardakı potensial enerjilərin fərqinə bərabərdir:

$$A = E_{P_1} - E_{P_2} = -\Delta E_P.$$

Bu hökm *potensial enerji haqqında teorem* adlanır.

Helmholts aşkar etdi ki, iş həm kinetik enerjinin artımı, həm də potensial enerjinin əskilməsi ilə ifadə oluna bilər. O, konservativ sistemləri nəzərdən keçirirdi, yəni elə sistemlərə ki, orada yalnız konservativ qüvvələr və ümumiyyətlə, iş görməyən qüvvələr təsir göstərir. Helmholts belə nəticəyə gəldi ki, kinetik enerjinin artması həmişə potensial enerjinin müvafiq azalması ilə müşayiət olunur və əksinə:

$$E_{K_2} - E_{K_1} = E_{P_1} - E_{P_2}.$$

Bu bərabərliyi aşağıdakı kimi yazaq:

$$E_{K_2} + E_{P_2} = E_{K_1} + E_{P_1}.$$

Buradan görünür ki, baxılan sistemin kinetik və potensial enerjilərinin cəmi onun hərəkəti prosesində saxlanır. Bunun əsasında hər iki kəmiyyəti bir kəmiyyətdə – sistemin tam mexaniki enerjisində birləşdirmək olar:

$$E = E_K + E_P. \qquad (3)$$

(3) münasibətindən çıxır ki,

$$E = \text{const}.$$

Beləliklə, konservativ sistemdə gedən istənilən proseslər zamanı, onun tam mexaniki enerjisi dəyişməz qalır. Bu hökm *mexaniki enerjinin saxlanması qanunu* adlanır.

Fizika tarixində mexaniki enerjinin saxlanması qanununun ilk ifadəsi (Helmholtsa görə) belə səslənir: "Təbiət cisimləri bir-birinə cazibə və ya itələmə qüvvələri ilə təsir etdikdə, zamandan və sürətdən asılı olmayaraq canlı qüvvələrin və gərgin qüvvələrin cəmi sabit qalır". Bu ifadə 1847-ci ildə verilmişdir.

İMPULS MOMENTİ

Dekart impulsun saxlanması qanununu irəli hərəkət edən cisimlər üçün formalaşdırmışdı, lakin burada fırlanma haqqında heç nə deyilmirdi. Alimlər yalnız yüz ildən sonra fırlanma hərəkətinə diqqət yetirdilər. Leonard Eyler, sonra isə Daniil Bernulli cisimlər sisteminin tərpənməz mərkəz ətrafında fırlanmasını öyrənərkən, yeni saxlanma qanunu aşkar etdilər: xarici təsirlər olmadıqda bu cür hərəkət prosesində hər bir cismin kütləsinin onun sürətinə və fırlanma oxundan olan məsafəsinə hasillərinin cəmi sabit qalır. Daha sonra fransız alimi Patrik Darsi bu hasilləri radius-vektorun cızdığı sahələrlə ifadə etdi və bununla da, göstərilən yeni saxlanma qanununun hələ XVII əsrdə kəşf olunmuş Kepler qanunlarından biri ilə əlaqəsini müəyyən etdi.

Belə ki, Kepler planetlərin hərəkət qanunlarından birini aşağıdakı kimi ifadə etmişdi: "Günəş – planet parçasının cızdığı sahə planetin orbitin uyğun qövsünü keçib-getməsi üçün lazım olan zamanın ölçüsüdür". Müasir dildə desək, planetin radius-vektorunun cızdığı sahənin dəyişmə sürəti sabit kəmiyyətdir:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{const}.$$

Bunun niyə belə olduğunu başa düşmək üçün $\Delta S/\Delta t$ nisbətini planetin $p = mv$ impulsu ilə ifadə edək: burada $v = \Delta l/\Delta t$. Şəkildən görünür ki, $\Delta S/\Delta t$



LEONARD EYLER

Leonard Eylerin həyatının ilk illəri İsveçrənin Rixen şəhərində keçmişdir. Bu şəhərdə asılmış xatirə lövhəsində yazılmışdır: "O, böyük alim və xeyirxah insan idi".

Görkəmli riyaziyyatçı və fizik Leonard Eyler 1707-ci ildə İsveçrənin Bazel şəhərində anadan olmuşdur. Onun atası pastor Eyler oğluna özü riyaziyyatı öyrətmişdir. Öz qabiliyyətinə görə Eyler hamını heyrətə gətirirdi. Artıq 13 yaşında ikən o, Bazel universitetinə daxil olmuşdu; burada onun müəllimi məşhur riyaziyyatçı İohann Bernulli idi. Rene Dekartın və İsaak Nyutonun fəlsəfi sistemlərini müqayisə etdiyinə görə, 17 yaşında Eylerə magistr dərəcəsi verdilər. 24 yaşında Eyler professor oldu və Peterburq Akademiyasına üzv seçildi.

Alimin iş qabiliyyəti haqqında əfsanələr söyləyirdilər. Bir dəfə o, Peterburq Akademiyası üçün bir neçə aylıq işi üç gün ərzində yerinə yetirmişdi. Elmi fəaliyyətinin çiçəkləndiyi dövrdə onun qələmindən ildə 100-ə qədər məqalə çıxırdı ki, bu da təxminən 800 səhifəlik mətnə bərabərdir! Eyler beş övlad və 38 nəvə böyütmüşdür. Onun müasirlərinin qeyd etdiyi kimi, o özünün ölməz əsərlərini "dizləri üstündə uşaq, çiynində pişik" saxlayaraq yazmışdı.

Eyler çox gözəl fotoqrafik yaddaşa malik idi. Alim yuxusuzluqdan əziyyət çəkəndə "qoyun sürülərini saymırdı", 20-yə qədər natural ədədlərin ilk altı dərəcəsini hesablayırdı, sonra isə çətinlik çəkmədən onları bir neçə gün əzbərdən deyirdi (114 ədəd idi, onların arasında səkkizrəqəmliləri də vardı).

Dövrünün ən dərin zəkalarından birinin şöhrəti böyük adamların ona diqqətini cəlb etdi. Öz elmi karyerasına Peterburqda başlayan Eyler, sonra Prussiya kralı II Fridrixin yanında xidmət etmişdir, ancaq II Yekaterina yenidən onu tovladı və alimə, onun üçün əlverişli olan istənilən şərtlərlə Peterburqa qayıtmağı təklif etdi.

Leonard Eyler bütün optik, elektrik, maqnit, istilik hadisələrinin və digər hadisələrin "qaba" materiya ilə daha "incə" maddənin – efirin qarşılıqlı təsiri hesab edərək, dünyanın vahid mənzərəsini yaratmağı arzu edirdi.

Eyler optikada Nyutonun korpuskulyar nəzəriyyəsini rədd edərək, işığın özünəməxsus dalğa nəzəriyyəsini qurdu. O başa düşdü ki, cisimlərin rəngi birbaşa işıq şüasının tezliyindən asılıdır; maksimal dalğa uzunluğu qırmızı şüalara, minimal dalğa uzunluğu isə bənövşəyi şüalara uyğundur.

Eyler fəzada bərk cismin vəziyyətini, o dövrdən Eyler bucaqları adlanan, üç dənə bucağın köməyi ilə necə təsvir etməyi təklif etmişdi. O, riyazi analizin inkişafı və onun hərəkət məsələlərinə tətbiqi üçün çox iş görmüşdür. Eyler nəzəriyyəsi, alimin Peterburqa ilk gəlişi illərində, 1736-cı ildə "Mexanika və ya analitik şərh olunmuş hərəkət haqqında elm" adlı əsərində şərh olunmuşdur. Məlum olduğu kimi, Nyuton özünün "Riyazi başlanğıclar..."ında analitik mühakimələr aparmaqdan çəkinməyə çalışmış, onları mümkün qədər hər yerdə həndəsi mühakimələrlə əvəz etmişdir. Bu, özünü doğrultdu, çünki sonsuz kiçilənlər hesabının o dövrlərdə mürəkkəb və hələ inkişaf etməmiş aparatının tətbiqi nəzəriyyənin müasirlər tərəfindən qavranılmasını xeyli çətinləşdirə bilərdi. Eyler klassik Nyuton mexanikasını, Nyutona nisbətən, daha kompakt və sistemləşdirilmiş şəkildə şərh etməyə müvəffəq oldu. O cümlədən Nyutonun ikinci qanunundan bizə tanış olan $F=ma$ şəklini məhz Eyler vermişdir.

Alim başa düşürdü ki, "istilik cismin kiçicik zərrəciklərinin müəyyən hərəkətidir". Daniil Bernulli ilə birlikdə o, mayelərin və qazların mexanikasının yaradıcısıdır. O, həmçinin səsin sürətini ilk dəfə düzgün hesablamışdır.

Beynəlxalq nüfuz qazanmasına baxmayaraq, Eyler heç vaxt XVIII əsr alimləri üçün xarakterik olan lovğalıq və təkəbbürlük kimi qüsurlara malik deyildi.

O, böyük şəxsi ləyaqət hissinə malik olmasına baxmayaraq, adamlarla ünsiyyətdə mərhəmətli, təvazökar və olduqca sadə idi. Eyler müstəqil və öz dəyərini bilən insan idi. Bəzən özündən çıxa bilərdi, lakin tez də özünə gələrdi. Onun ən məşhur tələbəsi Nikolay Fuss yazmışdı: "Alimliyini unudub, öz üstünlüyünü gizlətmək və başqaları ilə, daha zəif şəxsiyyətlərlə ünsiyyətə uyğunlaşmaq o qədər nadir hadisədir ki, bu keyfiyyətin Eylerdə olması onun öz xidməti sayılmalıdır". Danışıq zamanı Eyler asanlıqla mühasibinin üstünlüyünü etiraf edə bilərdi, özünün çoxlu sayda işlərində tez-tez başqa riyaziyyatçıların uğurlarına sevinərdi və təmiz vicdanla onlara istinad edərdi. Onun bu keyfiyyətləri və nüfuzu o dövrün çox xudbin, paxıl olan və öz həmkarlarına qərəzlə yanaşan Avropa alimləri ilə münasibətlərin yaxşılaşdırılmasında az rol oynamamışdı.



L.Eyler. Qravüra. XVIII əsr.

Eylerin xasiyyətində uşaqlıq əlamətləri də az olmamışdır. Onun bir qohumu xatırlayırdı ki, sadəlövh kukla tamaşaları Eylerə zövq verirdi. "O var gücü ilə bu tamaşalara qaçırdı və burada saatlarla oturub, gülməkdən qəşş edərdi".

Eyler qatı dindar idi. Məhz bu dindarlığı onun taleyinə düşən bədbəxtliyə – körpə ikən səkkiz övladının ölümünə və görmə qabiliyyətini itirməsinə tab gətirməsi üçün ona qüvvə vermişdir. Leonard Eyler 1783-cü ildə vəfat etmişdir.

nisbəti (ΔS – rənglənmiş sektorun sahəsidir, bu vektor sonsuz kiçik Δt-lər üçün üçbucaqdan fərqlənmir) aşağıdakı kimi tapıla bilər:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t}=\frac{1/2rh}{\Delta t}=\frac{r\Delta l\sin\varphi}{\Delta t}=$$

$$=\frac{rv\sin\varphi}{2}=\frac{rp\sin\varphi}{2m}$$

Alınmış bərabərlik göstərir ki, qanun yalnız $rp\sin\varphi$ kəmiyyətinin dəyişməz qaldığı halda ödənəcəkdir. Məhz bu kəmiyyət impuls momentidir. Onu L hərfi ilə işarə etsək, yaza bilərik:

$$L = rp\sin\varphi$$

və ya vektorial şəkildə

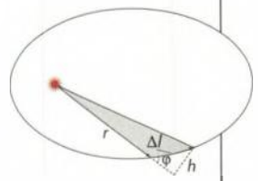
$$\vec{L}=\vec{r}\times\vec{p},$$

burada vektorlar arasındakı xaç işarəsi onların vektorial hasilini bildirir.

Beləliklə, hissəciyin radius-vektoru ilə onun impulsunun vektorial hasilinə *hissəciyin impuls momenti* deyilir.

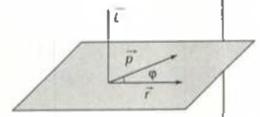
$\vec{L}$ kəmiyyətinin istiqaməti var, bu istiqamət *sağ burğu* (saat əqrəbi istiqamətində fırladanda irəli hərəkət edən adi vint) *qaydası* ilə təyin olunur: əgər hissəciyin radius-vektorunu və onun impuls vektorunu eyni bir nöqtəyə tətbiq etsək, onda burğunun dəstəyini (ən kiçik bucaq üzrə) $\vec{r}$ vektorundan $\vec{p}$ vektoruna tərəf fırladan zaman burğunun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti impuls momentinin istiqamətini göstərəcəkdir. Sistem bir neçə hissəcikdən ibarət olduqda, sistemin tam impuls momentini almaq üçün bu sistemə daxil olan bütün hissəciklərin impuls momentlərini toplamaq lazımdır.

İmpuls momenti üçüncü dinamik kəmiyyətdir (impuls və enerji ilə yanaşı) ki, onun üçün fundamental saxlanma qanunu mövcuddur. *İmpuls momentinin saxlanması qanunu* belə səslənir: izolə olunmuş sistemdə gedən istənilən proseslərdə sistemin tam impuls momenti sabit qalır, yəni $\vec{L}$ = const.



Qüvvə impulsa nəzərən hansı rolu oynayırsa, qüvvə momenti $\vec{M}$ ($\vec{r}$ radius-vektorunun $\vec{F}$ qüvvəsinə vektorial hasili: $\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$) də impuls momentinə nəzərən həmin rolu oynayır: sistemin impuls momenti yalnız o vaxt dəyişə bilər ki, xarici qüvvələrin momenti sıfırdan fərqli olsun $\vec{M}\neq 0$. Qüvvə impulsun dəyişmə sürətini təyin etdiyi kimi,

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}=\vec{F}$$



qüvvə momenti də impuls momentinin dəyişmə sürətini təyin edir:

$$\frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}=\vec{M}.$$

Axırıncı tənlik hissəciklər sisteminə də tətbiq oluna bilər, bu şərtlə

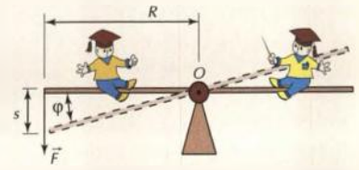
FIRLANMA ZAMANI İŞ

Lingin kiçik φ bucağı qədər dönməsi zamanı F qüvvəsinin gördüyü işi tapaq. Bu bucaq (radianlarla) qövsün S uzunluğunun R radiusuna nisbətinə bərabərdir: $\varphi = S/R$. φ-nin kiçik qiymətlərində qövsün S uzunluğu, demək olar ki, lingin ucunun yerdəyişməsinin üzərinə düşür. Yerdəyişmənin $S = R\varphi$ qiymətini işin $A = FS$ düsturunda yerinə yazsaq, $A = FR\varphi$ alarıq. Tərifə görə, FR hasili O nöqtəsindən keçən fırlanma oxuna nəzərən qüvvə momenti M-dir.

Nəticədə alırıq:

$$A = M\varphi$$

Bu düstur yalnız ling üçün yox, ox ətrafında fırlanan ixtiyari formalı bərk cisim üçün də doğrudur. Əgər cismə bir neçə qüvvə təsir edirsə, onda iş yekun qüvvə momentinin radianlarla ifadə olunmuş dönmə bucağının hasilinə bərabərdir.



ki, $\bar{L}$ – dedikdə sistemin tam impuls momenti, $\bar{M}$ – dedikdə isə sistemə təsir edən xarici qüvvələrin yekun momentini başa düşmək lazımdır. $\bar{M}=0$ olduqda impuls momenti $\bar{L}=\text{const}$.

Mexanikanın fundamental qanunundan çıxır ki, $\bar{M}=0$ olduqda, ox ətrafında fırlanma prosesində radius-vektorun uzunluğunun istənilən dəyişməsi sürətin mütləq qiymətinin dəyişməsi ilə müşayiət olunmalıdır: onların hasili – impuls momenti saxlanır, ona görə də bu kəmiyyətlərdən biri artan (azalan) zaman digəri azalır (artır). Belə ki, məsələn, fiqurist qız "fırfıra kimi" fırlanarkən fırlanmanı yavaşıtmaq istədikdə qollarını açır, maksimal sürətləndirmək lazım olduqda isə qollarını bədəninə sıxır. Salto icra edən gimnast sıçrayış vaxtı bədənini "yumaq kimi" yığır ki, havada bir neçə dəfə dönməyə macal tapsın.

PERPETUUM MOBİLE

Martın:
– Perpetuum mobile nədir?
Bertold:
– Perpetuum mobile, yəni əbədi hərəkət. Əgər əbədi hərəkəti tapsam, onda insan yaradıcılığının hüdudlarını görmürəm...

A.S.Puşkin.
Cəngavərlik zəmanələrindən səhnələr

Bu gün daimi mühərrikin axtarışı bizə qəribə görünə bilər. Lakin əsrlər boyu insan öz ətrafında "daimi" prosesləri müşahidə etmişdir: göy cisimlərinin doğulması və batması, buludların hərəkəti, suyun axını... Belə çıxır ki, onların daim davam etməsi üçün heç bir xərc tələb olunmur. Təəccüblü deyil ki, bir çox ixtiraçılar elə bir maşın yaratmaq ideyasına aludə olmuşdular ki, həmin maşın xaricdən heç bir təsir olmadan öz-özünə daimi işləsin.

Əfsus, enerjinin saxlanması qanunu bütün cəhdləri heçə endirdi. Düzdür, "daimi mühərrik"in (bu məqalənin adı latınca məhz bu cür tərcümə olunur) bizə gəlib çatan variantlarının əksəriyyəti bu qanunun məlum olmadığı bir dövrdə ortaya çıxmışdı. Əvəzində bir çox başqa şeyləri bilir və istifadə edirdilər: məsələn, bənddən tökülən suyun təsirilə fırlanan su dəyirmanının təkəri.

Lakin suyun səviyyələri fərqini başqa üsulla da yaratmaq olar. Antik dövrlərdən Arximed vinti kimi qurğu (məsələn, indi ondan ətçəkən maşınlarda istifadə olunur) məlum idi. Arximed vinti təkcə antik suvarma sistemlərini yaxşılaşdırmadı, həm də daimi mühərrikin çoxsaylı proyektlərinin yaranmasına səbəb oldu. Ümumi şəkildə onların konstruksiyası belədir: su təkəri Arximed vintini fırladır və suyu yuxarı qaldırır, həmin su tökülərək bu təkəri hərlənməyə, vinti fırlanmağa məcbur edir və suyun növbəti porsiyasını yuxarı qaldırır...

Bu proyekti XVIII əsrin ortalarında Con Uilkins (1614-1672), yepiskop Çesterski (öz dövrünün bir çox ruhani şəxsləri kimi o həm də yazıçı və alim idi) diqqətlə öyrənmişdilər. Uilkins müəyyən etdi ki, qaldırılan su güclü sel əmələ gətirmir və vinti, hətta ona bir neçə təkər bərkitdikdə belə, fırlada bilmir.

Suyu qaldırmaq üçün başqa mexanizmlər də təklif olunurdu. Bu mexanizmlərdə səthi gərilmə qüvvələrindən istifadə etməyə cəhd edilirdi. Bu cür qüvvələr, məsələn, bərk cisimlə maye sərhədində təsir edir: məhz onlar mürəkkəbi kağızın canına çəkir, suölçən cücünü suyun səthində saxlayır və stəkana tökülmüş suyun səthini onun divarları yanında yuxarıya doğru əyilməyə məcbur edir. Lakin nazik borucuqda (kapillyarda) və ya lifli piltədə suyun qalxmasından istifadə edilən maşın çox sadə bir səbəbə görə daimi mühərrik kimi işləyə bilməz: suyu yuxarı qaldıran həmin səthi gərilmə qüvvələri, su damcılarını piltənin və ya borucuğun ucundan qopmağa qoymur.

"Mayeli" daimi mühərrikin daha bir növü Arximed qanununun tətbiqinə əsaslanır. Bu cür qurğularda, üzərinə sudan yüngül cisimlər (adətən, kürələr) bərkidilmiş halqa şəklində olan ipdən və ya zəncirdən istifadə edirlər. Cisimlərin bir hissəsi suda, bir hissəsi isə sudan kənarda yerləşir. İxtiraçının fikrincə, Arximed qüvvəsi bu zənciri tarazlıqdan çıxarmalıdır. Əfsus ki, belə sistem hərəkətə gələ bilməz: axı suyun sistemdən tökülməməsi üçün, altda suyu saxlayan hər hansı "qapayıcı qurğu", məsələn, klapan nəzərdə tutulmalıdır. Lakin kürənin klapandan keçməsi üçün enerji sərf olunmalıdır, həm də su sütunu yüksək olduqca və suya daxil olan cisimlər böyük olduqca, sərf olunan enerji də bir o qədər çox olmalıdır. İtələmə qüvvəsi (Arximed qüvvəsi) heç buna kifayət etmir.

Lakin, deyəsən, ən "uzunömürlü" daimi mühərrik konstruksiyasının ideyası tarazlaşmamış yüklərdən istifadə olunmasıdır. Bu ideyanın ən sadə variantında təklif olunur ki, kürələrin (daha yaxşısı – silindrlərin) qapalı zəncirini

NÖTER TEOREMİ: SAXLANMA QANUNLARI VƏ SİMMETRİYA XASSƏLƏRİ

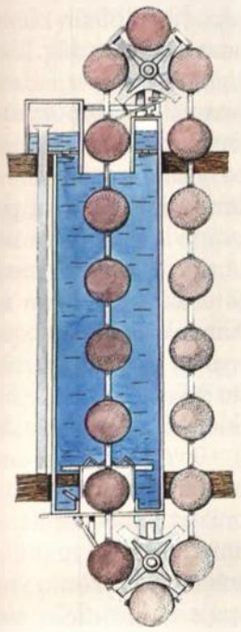
Məlum oldu ki, saxlanma qanunları yalnız mexanika üçün əhəmiyyət kəsb etmir: ümumiləşdirildikdən sonra onlar nisbilik nəzəriyyəsində və kvant mexanikasında da tətbiq olunmağa başlandı. O da məlum oldu ki, saxlanma qanunları universaldır, lakin bunun nə üçün belə olduğu bir müddət qaranlıq qaldı. Saxlanma qanunlarının fundamental simmetriyalarla əlaqəsi olduğunu ilk dəfə 1904-cü ildə Q.Qamel göstərmişdi, lakin onun işi uzun illər ərzində naməlum qalmışdır. Alman riyaziyyatçısı Emmi Nöter (1882-1935) 1918-ci ildə saxlanma qanunlarının simmetriya ilə əlaqəsini göstərən bir teorem isbat etdi.

Nöter teoremi həndəsəni fizika ilə əlaqələndirir. Bu teoremə görə, istə-

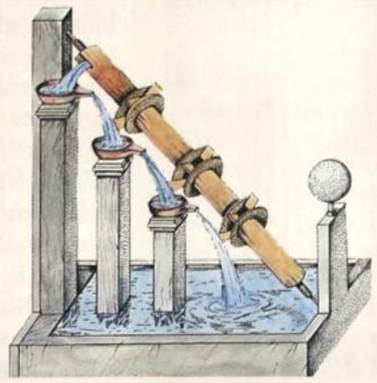
prizma üzərində yerləşdirək. Prizmanın hər bir üzündə müxtəlif sayda kürə yerləşdirmək lazımdır. Onda zəncir sürüşməyə başlamalıdır: ilk baxışdan elə görünür ki, bir tərəfdə 14 kürə, o biri tərəfdə isə yalnız 8 kürə olduğundan onlar bir-birini tarazlaşdıra bilməz.

Ancaq bu mülahizədə fiziki səhv var. Onu Niderland riyaziyyatçısı və mexaniki Simon Stevin (1548-1620) tapmışdır: əgər zəncirin bir hissəsi o biri hissəsini dartırsa, onda kürələr getdikcə daha yeyin hərəkət etməlidir. Deməli, heç bir güc sərf etmədən onlara sonsuz böyük sürət vermək olar ki, bu da açıq-aşkar sağlam fikrə ziddir. Stevin, indi dinamika məsələlərini həll edə bilən istənilən məktəbliyə tanış olan bir nəticəyə gəldi: mexanikada qüvvənin qiyməti yox, onun bizi maraqlandıran istiqamət üzrə proyeksiyası vacibdir. Ona görə hətta iki kürə də qalanlarını tarazlaşdıra bilər. Yeri gəlmişkən, daimi mühərrikin mümkünsüzlüyü ideyası Stevinə antik dövrün ən böyük mexaniklərinin bacarmadıqları bir məsələni həll etməyə kömək etdi. Bu məsələ belə idi: mail müstəvi üzərində yerləşən cismi hansı yükün vasitəsilə sükunətdə saxlamaq olar.

Beləliklə, "Perpetuum mobile", daimi mühərrik əlçatmaz, gözəl və cəlbedici bir arzu kimi qalmaqdadır. Bir çox zirək adamlar daimi mühərrik ideyasının cazibədarlığından istifadə edərək, "özüyeriyən" aqreqatların modellərini nümayiş etdirməklə pul qazanırdılar. Əslində isə onların hər birində ya yaylı saat mexanizmi, ya da nəzərə çarpmadan qoşulan elektrik mühərriki gizlədilirdi. Bunlar isə aqreqatlara daimi yox, yalnız uzun müddət hərəkət etməyə imkan verirdi. Sadəlövh adamları aldatmaq olar, təbiəti isə yox...



◀ Su daimi mühərriki.



Arximed vintinə əsaslanan daimi mühərrik.



Stevin maşını.
MDU-nun fizika fakültəsinin muzeyi.



E.Nöter.

nilən kəsilməz simmetriya çevrilməsinə müəyyən bir saxlanan dinamik kəmiyyət uyğundur. Simmetriya çevrilməsi – bu, müəyyən bir həndəsi kəmiyyəti (bir qayda olaraq, məsafəni) saxlayan çevrilmədir. Simmetriya çevrilmələri diskret (məsələn, əksolunma – inversiya) və kəsilməz olur. Kəsilməz simmetriya çevrilmələri elə çevrilmələrdir ki, bu zaman çevrilməyə qədərki sistem çevrilmədən sonrakı sistemdən sonsuz kiçik kəmiyyət qədər fərqlənə bilər (diskret çevrilmələr zamanı belə ola bilməz). Fəzada paralel köçürmə, zamana görə sürüşmə və fəzada dönmə kəsilməz simmetriya çevrilmələrinə aid misallardır. Bunlardan birincisi fəzanın bircinsliyi, ikincisi zamanın bircinsliyi, üçüncüsü isə fəzanın izotropluğu ilə bağlı simmetriya çevrilmələridir. Fəzanın bircinsliyi o deməkdir ki, koordinat sisteminin paralel köçürülməsinə nəzərən, zamanın bircinsliyi o deməkdir ki, hesablama sisteminin zamana görə sürüşməsinə nəzərən, fəzanın bircinsliyi isə o deməkdir ki, koordinat sisteminin dönməsinə nəzərən fəzanın həndəsi xassələri dəyişmir. Nöter teoreminə görə, kəsilməz simmetriya çevrilmələrinə bəzi dinamik kəmiyyətlərin saxlanması qanunları uyğundur.

İzotropiya (*yun.* "izo" – "bərabər", "eyni", "tropos" – "dönmə", "istiqamət") – fəzanın xassələrinin istiqamətdən asılı olmamasıdır.

1. İzolə olunmuş sistemin tənliklərinin fəzada paralel köçürməyə nəzərən simmetriyasına impulsun saxlanması qanunu uyğundur.

Nyuton mexanikası çərçivəsində bu belə izah olunur: bütün sistemin bir tam kimi boş fəzanın bir oblastından digərinə paralel köçürülməsi zamanı hissəciklərin qarşılıqlı təsirində heç bir dəyişiklik olmamalıdır, çünki fəzanın bütün oblastları fiziki olaraq ekvivalentdir. Sistemin hissəciklərinin qarşılıqlı təsirinin potensial enerjisi dəyişməz qalır və deməli, köçürmə zamanı sistemdə təsir edən qüvvələrin gördüyü iş sıfıra bərabərdir. İxtiyari yerdəyişmə zamanı belə şey yalnız o zaman mümkündür ki, həmin qüvvələrin cəmi sıfıra bərabər olsun – bu şərt impulsun saxlanması şərtidir.

2. İzolə olunmuş potensial sistemin tənliklərinin zamanın sürüşməsinə nəzərən simmetriyasına tam mexaniki enerjinin saxlanması uyğundur.

Zamana görə sürüşmə nəticəsində izolə olunmuş sistemin xassələri dəyişməz qalmalıdır, çünki bütün zaman anları fiziki olaraq ekvivalentdir. Deməli, sistemin potensial enerjisi zamandan asılı olmamalıdır və potensial enerjinin ΔE_p dəyişməsi hissəciklərin sistem daxilində yalnız yerdəyişməsi halında sıfır olmaya bilər. Lakin potensial enerji haqqındakı teoremə uyğun olaraq, bu halda potensial enerji, əks işarə ilə götürülmüş görülən işə bərabər olur. Kinetik enerji haqqındakı teoremə görə isə iş sistemin kinetik enerjisinin ΔE_k dəyişməsinə bərabərdir. Beləliklə, $\Delta E_k = -\Delta E_p$ və deməli, $\Delta(E_k + E_p) = 0$ və $E_k + E_p = \text{const}$. Beləliklə, zamanın bircinsliyindən enerjinin saxlanması qanunu alınır.

3. İzolə olunmuş sistemin tənliklərinin fəza fırlanmalarına nəzərən simmetriyasına impuls momentinin saxlanması uyğundur.

Fizika qanunlarının axtarışı kubiklərlə uşaq oyununa bənzəyir: bu kubiklərdən bütöv bir mənzərə düzəltmək lazımdır. Bizim çoxlu kubiklərimiz var və günbəgün onların sayı getdikcə artır. Bir çoxları kənara atılıb qalıb, guya ki, qalanlarına uyğun gəlmir. Biz haradan bilək ki, onların hamısı eyni bir dəstəyə aiddir? Biz haradan bilək ki, onlar birlikdə tam bir mənzərə əmələ gətirməlidir? Tam əminlik yoxdur və bu da bizi bir qədər narahat edir. Lakin bir çox kubiklərdə nə isə bir ümumiliyin olması bizdə ümid yaradır. Hamısında mavi səma şəkli çəkilib, hamısı növ ağacdan düzəldilib. Bütün fizika qanunları eyni saxlanma qanunlarına tabedir.

(Riçard Feynman.)

İsbatı əvvəlki iki isbata oxşardır. Əgər izolə olunmuş sistemi müəyyən bucaq qədər döndərsək, onda biz onun xassələrində heç bir dəyişiklik aşkar etməyəcəyik, çünki izotrop fəzada bütün istiqamətlər fiziki olaraq ekvivalentdir. Beləliklə, sistemin potensial enerjisinin dəyişməsi və deməli, sistemdə təsir edən qüvvələrin işi sıfıra bərabər olur. Lakin dönmə zamanı qüvvələrin A işi dönmə bucağının yekun qüvvə momenti $\vec{M}$-ə hasilinə bərabərdir. Yuxarıda göstərildiyi kimi, $A = 0$, buradan da $\vec{M} = 0$ alırıq. Axırıncı şərt impuls momentinin saxlanması şərtidir.

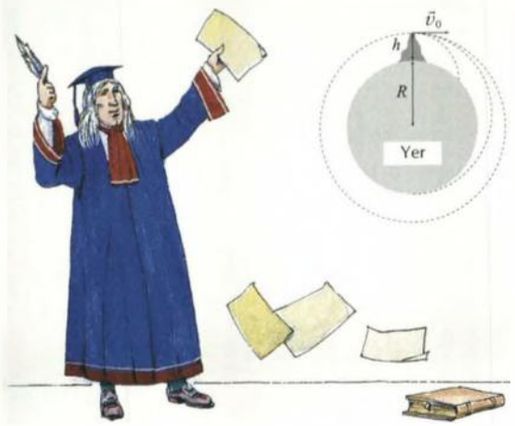
Biz mexanikanın üç fundamental qanunu ilə müfəssəl tanış olduq. Lakin fizikada xeyli miqdarda saxlanma qanunları məlumdur ki, onlar da müxtəlif simmetriyalarla əlaqədardır. Elementar zərrəciklər fizikasında saxlanma qanunları xüsusilə çoxdur, hətta bu obyektlərin təsnifatı cütlük, elektrik yükü, kvarkların rəngi və s. kimi kəmiyyətlərin saxlanması qanunlarının köməyilə alınmış diskret simmetriyalara əsaslanmışdır. Çox vaxt saxlanma qanunları zərrəciklərin xassələri haqqında məlumatların əsas mənbələri vəzifəsini yerinə yetirir. Ona görə də ümumi simmetriyanın axtarışı fizikanın çox mühüm məsələlərindən biridir; bu simmetriyadan saxlanma qanunları nəticə kimi çıxır. Müasir fizika əksər diskret saxlanma qanunlarını fiziki sahələrin kalibrin invariantlığı ilə əlaqələndirir (məsələn, yükün saxlanması elektromaqnit sahəsinin kalibr invariantlığının nəticəsidir), lakin kalibr simmetriyasının həndəsi təbiəti heç də tam aydın deyil.

KOSMİK UÇUŞLARIN DİNAMİKASI

XVII yüzillikdə İsaak Nyuton "Natural fəlsəfənin riyazi başlanğıcları" kitabında yüksək dağda yerləşdirilmiş topdan üfüqi istiqamətdə atılan mərminin hərəkət trayektoriyasını təsvir edən şəkil vermişdir. Alim aşkar etmişdi ki, əgər havanın müqavimətini nəzərə almasaq, onda mərminin başlanğıc sürəti artdıqca, mərmi atəş açılan yerdən getdikcə daha çox uzağa düşəcəkdir. Ona görə də başlanğıc sürətin müəyyən bir qiymətində mərmi "bütün Yer kürəsini əhatə edə bilər, hətta göylərə uça və sonsuzluğa qədər uzaqlaşa bilər".

Bir neçə yüz il keçdikdən sonra Nyutonun baxdığı fantastik vəziyyət reallığa çevrildi. 1955-ci ilin yazında Sovet İttifaqında Baykonur kosmodromunun tikilməsi haqqında qərar qəbul edildi, 1957-ci il oktyabrın 4-də isə oradan raket starta başladı. Bu raketin köməyilə dünyada Yerin ilk süni peyki buraxıldı.

Peykin dairəvi orbit boyunca hərəkət nəzəriyyəsi kifayət qədər sadədir. Nyutonun ikinci qanununa görə, peykin



Hazırda Baykonur kosmodromu Qazaxıstanın ərazisində yerləşir və Rusiya onu icarəyə götürüb.

İKİNCİ KOSMİK SÜRƏT

İkinci kosmik sürəti mexaniki enerjinin saxlanması qanununun köməyilə tapmaq daha əlverişlidir. Cismi ikinci kosmik sürətlə buraxan zaman, cisim–Yer sisteminin tam mexaniki enerjisi qravitasiya qarşılıqlı təsirinin potensial enerjisi ($E_P = -GMm/r$) ilə hərəkətin ($E_K = mv^2/2$) kinetik enerjisinin cəminə bərabərdir. Bu zaman yadda saxlamaq vacibdir ki, cismin kütləsi Yerin kütləsindən çox-çox kiçikdir, ona görə də biz Yerin kinetik enerjisinin dəyişməsini nəzərə almırıq:

$$E_K = \frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{r}.$$

$r \to \infty$ olduqda, potensial enerji sıfıra yaxınlaşır. İkinci kosmik sürətin tərifinə görə sonsuzluqda kinetik enerji də sıfıra bərabərdir: $E_2 = 0$. Enerjinin saxlanması qanununa görə $E_1 = E_2$ və deməli,

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{GMm}{r} = 0, \text{ buradan } v_2 = \sqrt{2\frac{GM}{R}} = \sqrt{2}v_1.$$

m kütləsinin onun a təcilinə hasili peykə təsir edən F qüvvəsinə bərabərdir, yəni $ma = F$. Lakin çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə təcil $a = v^2/r$ düsturundan tapılır, burada $r = R + h$ – çevrənin radiusu, R – Yerin radiusu,



h – orbitin hündürlüyüdür. Ağırlıq qüvvəsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$F = mg = GMm/r^2,$$

burada M – Yerin kütləsidir.

Beləliklə,

$$m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2},$$

buradan

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}} = \sqrt{G\frac{M}{R+h}}.$$

Bu sürət peykin *dairəvi sürəti* adlanır. Yerin R radiusu ilə müqayisədə nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olan h hündürlüyündə onun qiyməti *birinci kosmik sürət* adlanır:

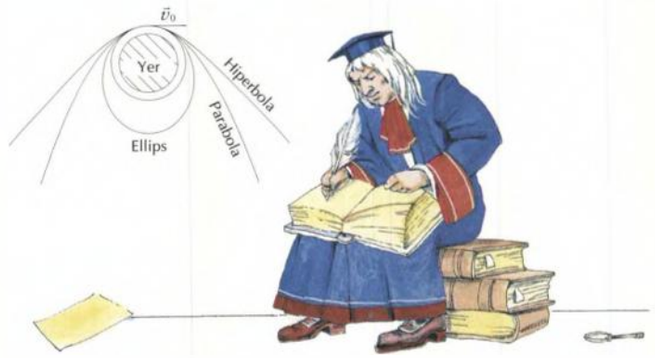
$$v_1 = \sqrt{G\frac{M}{R}} = 7{,}9 \text{ km/san}.$$

Yerin süni peyklərini buraxmaq üçün, peyki lazımi hündürlüyə qaldıran və üfüqi istiqamətdə tələb olunan sürəti verən raketlər tətbiq olunur. Bundan sonra peyk daşıyıcı-raketdən ayrılır və sonrakı hərəkətini planetin qravitasiya sahəsinin təsiri altında davam etdirir.

Əgər peykləri müxtəlif sürətlərlə buraxsaq, onda sürətin artması ilə (birinci kosmik sürətə nəzərən) cisim əvvəlcə fokusu Yerin mərkəzində olan ellipslər boyunca hərəkət edəcəkdir, sonra isə parabolik orbitə keçəcək. Bu halda cisim (kosmik aparat) Yer cazibəsinin hüdudlarını tərk edir və başqa planetə doğru istiqamətlənə bilir.

Cismin qapalı olmayan trayektoriya üzrə hərəkət edərək, planetimizi tərk etməsi üçün Yer səthi yaxınlığında ona veriləcək minimal sürətə *ikinci kosmik sürət* deyilir. İkinci kosmik sürət birinci kosmik sürətdən $\sqrt{2}$ dəfə böyükdür və 11,2 km/san təşkil edir.

İkinci kosmik sürət alan cisim Yerin cazibə oblastından çıxır və Günəşin peykinə çevrilir. Cismin qapalı olmayan trayektoriya boyunca hərəkət edərək, Günəş sistemini tərk etməsi üçün Yer səthi yaxınlığında ona veriləcək minimal sürətə *üçüncü kosmik sürət* deyilir. Əgər kosmik gəmi Yerin orbital hərəkət sürəti istiqamətində buraxılarsa, onda v_3 = 16,6 km/san olur. Yerlə bağlı hesablama sistemində bu sürət cismin hiperbolik trayektoriya boyunca uzaqlaşıb getməsini təmin edir.



YERƏTRAFI FƏZADA HƏRƏKƏT

Bizim dövrdə kosmik aparatların uçuşu adi bir hal alıb. Müxtəlif məqsədli onlarca peyk Yerətrafı fəzada daim hərəkət edir. Onlar Yer səthinin çox böyük ərazisində rabitəni həyata keçirir; havanı qabaqcadan dəqiq xəbər vermək üçün atmosferdə tsiklonların və antitsiklonların yerdəyişmələrinə dair lazımi məlumatları ötürür; yerətrafı fəzada gedən prosesləri izləyir və bir çox digər faydalı işləri yerinə yetirir. Radio və ya telefon kimi, peyk televiziyası və peyk antenası da adiləşmişdir.

Misal üçün peykin *geostasionar* (*yun.* "ge" – "Yer" və *lat.* "stationarius" – "duran", "tərpənməz") *orbitdəki* hərəkətinə baxaq. Bu zaman peyk ekvator müstəvisində hərəkət edərək, Yer ekvatorunun eyni bir nöqtəsi üzərində durur. Belə olduqda peykin hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkildə olur:

$$m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2},$$

burada $v = 2\pi R/T$, T = 24 saat. Yazılmış tənlik geosentrik peykin orbitinin radiusunu təyin etməyə imkan verir:

$$r = \sqrt[3]{T^2GM/4\pi^2} = 42\,300 \text{ km}.$$

Düz xətt boyunca yayılan yüksəktezlikli siqnallar bu cür peyk vasitəsilə Yer səthinin az qala əks tərəflərində yerləşən nöqtələri əlaqələndirə bilər. Ekvatorial orbitdə yerləşdirilmiş üç belə peyk gecə və gündüz qlobal radio və televiziya rabitəsini təmin edir.

Kiçik hündürlüklərdə süni peyklərin hərəkəti Kepler qanunları ilə təsvir olunan trayektoriyalardan fərqlənir. Yerin ox ətrafında fırlanması sayəsində hər bir növbəti dolanmada peyk Yer səthinin müxtəlif nöqtələri üzərindən hərəkət edir. Əgər Kepler qanunları dəqiq ödənsəydi, onda peykin hərəkət *trassı* (*alm.* Trasse), yəni onun orbitinin Yer səthinə proyeksiyası, bunun nəticəsində qərbə tərəf saatda təxminən 15° yerini dəyişdirərdi. Lakin praktikada yerdəyişmə başqa olur. Bunun səbəblərindən biri Yerin qeyri-sferik olmasıdır.

Peykin hərəkət trayektoriyalarının Kepler orbitlərilə müqayisədə dəyişməsinin başqa səbəbi Yer atmosferinin tormozlayıcı təsiridir. Hündürlüyə görə atmosferdə havanın sıxlığının azalmasına baxmayaraq, sürətlərinin böyük olması səbəbindən peyklər 160 km yüksəkliklərə qədər sürtünmə qüvvə-

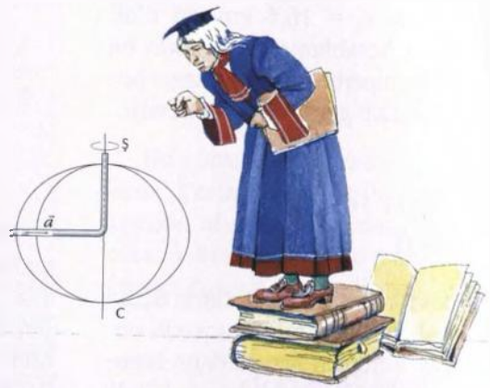
Yer kosmosdan belə görünür.



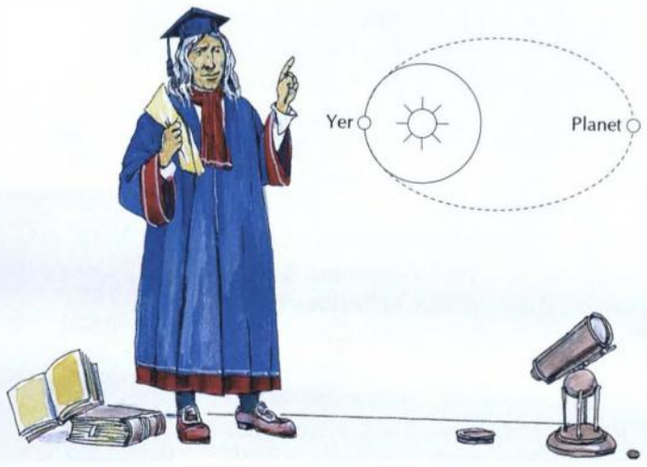
YER KÜRƏ DEYİL

Yerin formasının kürəyəbənzər formadan meyiletmə dərəcəsini ilk dəfə hələ İsaak Nyuton qiymətləndirmişdi. Öz hesablamaları üçün o, aşağıdakı nəzəri eksperimenti aparmışdı. Tutaq ki, düzbucaq altında əyilmiş sulu boru şimal qütbündən keçərək, Yerin mərkəzinə doğru, oradan da ekvatora doğru yönəlir. Boru su ilə elə doldurulmuşdur ki, Şimal qütbündə suyun səviyyəsi Yer səthi ilə eyni olsun. Bu halda ekvatorda olan borudakı suyun səviyyəsi necə olacaqdır? Ox boyunca yerləşən borunun dibində (Yerin mərkəzində) təzyiq borudakı suyun çəkisi ilə şərtlənir. Lakin ekvatorial boruda suyun hər bir elementi Yerlə birlikdə çevrə üzrə fırlanır və ona mərkəzə doğru yönəlmiş əvəzləyici qüvvə təsir edəcək. Bu qüvvə yalnız təzyiqlərin fərqi nəticəsində yarana bilər. Ona görə də Yerin mərkəzində təzyiqlərin bərabərliyini təmin etmək üçün, ekvatorial boruda suyun səviyyəsi ox boyunca olan borudakından hündür olmalıdır.

Nyuton buradan belə nəticə çıxardı ki, Yer kürə deyil. O, qütblərdən bir az basıqdır. Yerin diametrləri fərqinin ekvator diametrinə nisbəti üçün alim $\Delta D/D = 1/298$ qiymətini tapdı. Peyklərin trayektoriyalarının ölçülməsi sayəsində alınmış müasir məlumatlar $\Delta D/D$ üçün 1/298,2 və 1/298,3 arasında yerləşən qiymət verir. Yerin basıqlığı nəticəsində peyk orbitinin müstəvisi uzaq ulduzlara nəzərən öz dəyişməz vəziyyətini saxlaya bilmir. Bu müstəvinin Yer oxu ətrafında peykin fırlanmasının əksi istiqamətində dönməsi baş verir.



lərinin təsiri altında öz enerjilərini çox tez itirir. Belə olduqda, əvvəlcə elliptik orbitdən dairəvi orbitə keçid baş verir, sonra isə trayektoriya sürətlə Yerə yaxınlaşır və peyk Yerin səthinə düşür. Qoruyucu örtüklər və paraşütlər lazım gəldikdə peykin yumşaq enməsini təmin edir. Peyklərin atmosferdə hərəkətinin təhlili, geniş hündürlük intervalında, atmosferin sıxlığı haqqında dəqiq məlumat almağa imkan verir.



BAŞQA DÜNYALARA

Planetlərarası uçuşlar zamanı kosmik gəmini Yerin Günəş ətrafındakı hərəkəti istiqamətində buraxmaq məqsədəuyğundur ki, bu hərəkətin enerjisindən maksimum istifadə olunsun. Yerə nisbətən Günəşdən daha uzaqda yerləşən planetlərə uçuş zamanı hərəkət, sadə halda fokuslarından birində Günəşin yerləşdiyi ellips üzrə baş verir. Uçuş müddətini qısaltmağa çalışaraq, trayektoriyanı elə seçmək olar ki, o, digər planetlərin yaxınlığından keçsin. Onların cazibə qüvvəsi gəminin əlavə sürətlənməsinə gətirib çıxaracaq. Məsələn, Urana uçuş zamanı Yupiterin yaxınlığından keçən trayektoriyadan istifadə olunsa, onda uçuş müddəti üç dəfə azalar.

İnsanın başqa planetlərə uçuşu tam reallaşır və hətta planlaşdırılan hadisəyə çevrilir. Bu cür proyektlər Rusiyada və ABŞ-da artıq çoxdandır ki, işlənib hazırlanır. Ən böyük maraq doğuran Marsdır. Orada çox sərt şəraitin olmasına baxmayaraq, həyatın ən sadə formaları mövcud ola bilər. Onların aşkar edilməsi Yerdə həyatın yaranmasını və təkamülünü yaxşı başa düşməyə imkan verərdi. Marsa uçuş XXI əsrin ilk onilliklərində baş verə bilər.

İnsanın başlıca arzusu həmişə ulduzlara uçuş olmuşdur. Lakin bu məqsədə çatmaq yolunda bir sıra prinsipial çətinliklər yaranır.

Birinci problem zaman faktorudur. Ətrafında fırlanan planetlərdə şüurlu həyatın mövcud ola biləcəyi ən yaxın ulduzlara (əgər belələri varsa) qədər məsafə, ən yaxşı halda, onlarca işıq ili təşkil edir. İşıq ili işığın bir ildə getdiyi məsafəyə, yəni $9{,}46 \cdot 10^{15}$ m-ə bərabərdir. Hətta əgər işıq sürətinə yaxın sürətlə yaxın sürətlə hərəkət etsək və zamanın relyativistik yavaşımasını nəzərə alsaq, fərqi yoxdur, səfər xeyli çox illər davam edəcəkdir. Bütün bunlarla yanaşı, zamanın yavaşıması effekti ciddi əxlaqi-psixoloji aspektə malikdir. Kosmonavtlar Yerə qayıdanda, artıq Yerdə bir neçə yüz il və ya hətta bir neçə min il keçəcəkdir. Əgər nəzərə alsaq ki, son yüzilliklərdə dünya necə dəyişmişdir, onda kosmonavtların qayıtması yeni, tanış olmayan planetə gəlməyə bərabər olacaqdır. Hələ onu demirik ki, onlar öz yaxın adamları üçün həmişəlik itirilmiş olacaqlar.

İkinci prinsipial çətinlik kosmik gəminin kosmosda çox olan qaz və toz buludlarından keçməsindən ibarətdir. Əgər gəmi işıq sürətinə yaxın sürətlə hərəkət edirsə, onda bu buludların təsiri istənilən qoruyucu ekranların buxarlanmasına və gəminin tormozlanmasına gətirib çıxaracaqdır. Bu cür sürətlərdə bu çətinliklərdən yan keçmək mümkün deyildir.



Marsdagedən "Socerner" Marsın səthində (sağdakı böyük daşın yanında). Şəkil enən "Mars pasfaynder" AMS aparatın bortundan çəkilmişdir. ABŞ. 1996-cı il.

Lakin ulduzlararası uçuşların başlıca problemi kosmonavtların daşınması üsulunun özündədir. Bu problemi başa düşmək üçün kosmonavtikanın lap başlanğıclarına qayıdaq. Kosmonavtikanın bünövrəsi məşhur rusiyalı alim Konstantin Eduardoviç Siolkovski (1857-1935) tərəfindən qoyulmuşdur. O, çox qəribə, xəyalpərəst və praktik adam idi. O, öz həyatını yeganə bir məqsədə – ulduzlara uçuşa həsr etmişdi. O, ilk dəfə, planetlərarası uçuşlar üçün raketlərdən istifadə edilməsi ideyasını əsaslandırmış və onların konkret mühəndis həllini vermişdir. Onun 1897-ci ildə aldığı və raketin bu və ya digər sürət alması üçün lazım olacaq yanacaq ehtiyatını hesablamağa imkan verən düsturu kosmodinamikada *Siolkovski düsturu* adlanır.

K.E.Siolkovski.



Siolkovskinin düsturuna görə, raketin start zamanı malik olacağı başlanğıc kütləsinin, onun son (yanacaq yandıqdan sonra) kütləsinə nisbəti m_0/m, raketin qazandığı v sürətinin qazların axma sürətinə w nisbətinin artması ilə çox kəskin artır. Kimyəvi yanacaqla işləyən müasir raketlərdə qazların axma sürəti 4 km/san-ni aşmır. Əgər hətta

DƏYİŞƏNKÜTLƏLİ CİSİMLƏRİN HƏRƏKƏTİ

Dəyişənkütləli cisimlərin ümumi hərəkət nəzəriyyəsi Peterburq Politexnik İnstitutunun professoru İvan Vsevolodoviç Meşşerski (1859-1935) tərəfindən işlənib hazırlanmışdır. Onun əsəri 1897-ci ildə (payızda), Siolkovski düsturunu çıxardığı vaxtda çap olunmuşdur. Bu əsərdə verilmiş tənlik (Meşşerski tənliyi) Siolkovski düsturunu, müəllifin etdiyindən daha sadə üsulla almağa imkan verir.

Raket dəyişənkütləli cisimdir. Əvvəlcə onun hərəkət prinsipini keyfiyyətcə təsvir edək. Tutaq ki, raketə heç bir xarici qüvvə təsir etmir. Yanacaq yanarkən mühərrikdən böyük sürətlə qaz şırnağı çıxır ki, bu da raketin başlanğıc kütləsinin bir hissəsini özü ilə aparır və müəyyən impulsa malik olur. İmpulsun saxlanması qanununa görə raket də, qaz şırnağının impulsunun əksinə yönəlmiş impuls qazanır. Deyə bilərik ki, qaz və raketin qalan hissəsi birbirindən itələnir.

Başqa sözlə, yanacağın yanma məhsulları raketdən, bu raketə nəzərən müəyyən w sürətilə çıxır və raketə öz axma sürətlərinin əksi istiqamətində qüvvə ilə təsir edir (Nyutonun üçüncü qanununa görə). Bu qüvvəyə *reaktiv dartı qüvvəsi* deyilir.

Tutaq ki, m kütləli raket qazı özünə nəzərən sabit w sürətilə olaraq, sükunət halından hərəkətə başlayır. Hərəkət düz xətt üzrə baş verir və w sürəti raketin yerdəyişməsinin əksinə yönəlmiş olur. Kiçik dt zamanı ərzində şırnağın çıxması hesabına raketin kütləsi $m + dm$-ə (kütlə azalır, çünki dm mənfidir), sürəti isə dv-yə bərabər olacaqdır. w sürətilə atılmış (raketə nəzərən) yanacağın yanma məhsullarının kütləsi – dm-ə bərabərdir. Nyutonun üçüncü qanununu tətbiq edək. dt zaman müddətində raketə təsir edən və bu müddətin kiçik olması nəticəsində dəyişməyə macal tapmayan reaktiv dartı qüvvəsi, modulca çölə atılan (çıxan) qaza təsir edən qüvvəyə bərabər, istiqamətcə ona əksdir:

$$F = -(dp_qaz)/dt = wdm/dt.$$

Buradan raketin hərəkət tənliyini (Meşşerski tənliyini) alırıq:

$$mdv/dt = wdm/dt.$$

Bu ifadəni sürətlərin proyeksiyaları üçün yazaq:

$$mdv = -wdm.$$

Kütlədən asılı olan bütün hədləri sol tərəfə, qalanlarını sağ tərəfə yığaraq, alınmış ifadəni inteqrallamaq üçün hazırlayaq:

$$dm/m = -dv/w.$$

Qaz raketdən ona nəzərən sabit w sürətilə atılır (çıxır). Raketin v sürəti sabit kəmiyyət deyil və zamandan asılıdır. Bu şərtləri nəzərə alaraq inteqrallayaraq alarıq:

$$m = m_0 * \exp(-v/w), \qquad (1)$$

burada $e = 2{,}71828...$ – sabit ədəd (natural loqarifmin əsasıdır), m_0 – başlanğıc zaman anında raketin kütləsidir. Yuxarıda alınmış ifadə məhz Siolkovski düsturudur.

(1) düsturu yalnız işığın vakuumdakı sürətindən (c) çox-çox kiçik olan sürətlər üçün doğrudur. Siolkovski düsturunun relyativistik ümumiləşməsi aşağıdakı münasibətdir:

$$\frac{m_0}{m} = \left(\frac{1+v/c}{1-v/c}\right)^{c/2w} \qquad (2)$$

Bu ifadədən görünür ki, gəminin istənilən sonlu start kütləsi üçün, gəmi heç vaxt c işıq sürətini ala bilməyəcəkdir.



İ.V.Meşşerski.

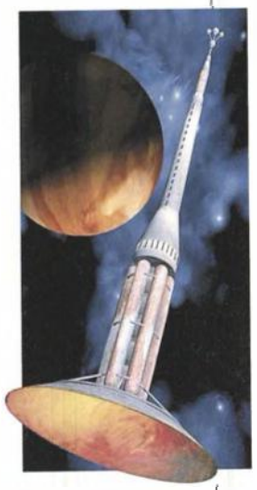


qəsdən artırılmış $w = 10$ km/san qiymətini götürsək belə, start kütləsinin çox böyük olması üzündən bu cür yanacaqla işləyən gəmilərlə ulduzlararası uçuşlar real deyil. Məsələn, gəminin sürətinin işıq sürətinin 1/10-nə ($v = 0{,}1\ c$) çatması üçün Siolkovski düsturundan $m_0/m = 7{,}6 \cdot 10^{1302}$ qiyməti alınır. Müqayisə etmək olar: Qalaktikanın kütləsi "cəmi" 10^{41} kq tərtibindədir. Beləliklə, kosmik gəminin start kütləsi, bizim bütün ulduz sisteminin kütləsindən ağlasığmaz bir ədəd dəfə böyük olmalıdır!

Belə görünə bilər ki, çıxış yolu sadədir – yanacağın yanma məhsullarının sürətini artırmaq lazımdır. Lakin bu sürəti artırmaq dedikcə çətin məsələdir. Hətta nüvə mühərriklərində həmin sürət, çətin ki, 20 km/san-ni aşsın.

İdeal hal $w = c$ olan haldır. Bu foton mühərrikində olardı. Orada qaz şırnağının rolunu, maddə və antimaddənin annihilyasiyası zamanı əmələ gələn güclü işıq seli oynamalıdır. Artıq $m_0/m = 4{,}36$ nisbətində $v = 0{,}9\ c$ sürətinə çatmaq olardı!

Şəkildə foton mühərriki vasitəsilə ulduzlara uçuşun xarakterinin xəyali konstruksiyalarından biri ("foton raketi") verilmişdir. Onun uzunluğu 9,5 km, ekipajının sayı 300-500 adamdır. Buna oxşar ideyaların nə qədər real olacağını gələcək göstərəcəkdir.



Ola bilsin ki, foton kosmik gəmisi belə olacaqdır.

QEYRİ-İNERSİAL HESABLAMA SİSTEMLƏRİ

İndiyədək cisimlərin hərəkəti yalnız inersial hesablama sistemlərində öyrənilirdi. Halbuki praktikada bütün real ölçmələr, inersial hesablama sistemlərinə nəzərən bu və ya digər təcillə hərəkət edən və ona görə də inersial olmayan hesablama sistemlərində yerinə yetirilir. Məsələn, fizik-eksperimentatorların işlədiyi istənilən laboratoriya (Yerlə birlikdə) Günəşə və ulduzlara nəzərən təcillə hərəkət edir. Bəli, insanın adi həyatı da arasıkəsilmədən bir qeyri-inersial hesablama sistemindən digərinə keçidlərdən ibarətdir (məsələn, mənzildən təcillə hərəkət edən liftə, oradan Yerin səthinə, sonra yerindən tərpənən avtobusa və ya tormozlanan avtomobilə və s. keçidlər).

Qeyri-inersial hesablama sistemlərindən istifadə edilməsi dinamikaya yeni nə gətirir?

İRƏLİLƏMƏ HƏRƏKƏTİ

İstənilən adam ətalət qüvvələrinin sadə təzahürləri ilə, məsələn, hərəkət edən liftdə rastlaşmışdır. Əgər yuxarı yönəlmiş təcillə hərəkət edən liftin daxilində yaylı tərəzidən m kütləli yük assaq, onda ona yay tərəfindən $\vec{F}$ elastiki qüvvəsi təsir edəcəkdir. Onda Yerə nəzərən tərpənməz olan sistemdə (inersial sistemdə) yük, liftin $\vec{a}$ təcilinə bərabər olan təcil qazanır və Nyutonun ikinci qanununa görə

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g}.$$

Liftin kabinəsində (qeyri-inersial hesablama sistemində) yerləşən müşahidəçi isə görür ki, yük tərpənməzdir, yəni onun təcili sıfıra bərabərdir, lakin eyni zamanda tərəzi yükün çəkisinin

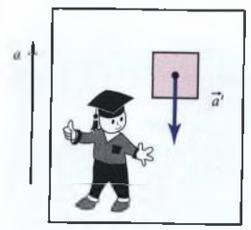


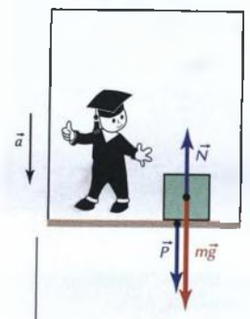
Planetlərarası avtomatik "Kassini" stansiyası. ABŞ.



tərpənməz liftdəkinə nisbətən artdığını göstərir: $F > mg$. Bu niyə baş verdi? Liftdəki sərnişin belə mühakimə apara bilər: fərz etsək ki, hərəkət edən liftlə bağlı hesablama sistemində Nyutonun ikinci qanunu əvvəlki kimi yenə ödənir, lakin yükün çəkisi dəyişmişdir, onda, deməli, aşağıya yönəlmiş daha bir qüvvə əmələ gəlmişdir. Həmin qüvvə ağırlıq qüvvəsilə birlikdə elastiki qüvvəni tarazlaşdırır. Bu yeni qüvvəni *ətalət qüvvəsi* adlandırırlar:

$$\vec{F}_{in} = -m\vec{a}$$





Ancaq belə təəssürat yaranır ki, baxdığımız halda məntiqi tryukdan istifadə olunmuşdur: madam ki, tarazlıq üçün yeni qüvvə lazımdır, onda xəyalımıza gətirməliyik ki, bu qüvvə var. Bəs onda bu qüvvə hansı cisim tərəfindən təsir edir? Belə cisim yoxdur. Yəqin ki, başqa cür də yanaşmaq mümkün idi: məsələn, qeyri-inersial hesablama sistemlərində Nyutonun dinamika qanunlarını dəyişdirmək olardı. Lakin alimlər heç bir konkret cisimlə bağlı olmayan formal (və ya "fiktiv") qüvvə kimi, "ətalət qüvvəsi" anlayışını daxil etməyi qərara almışlar. Bununla belə, start götürən raketdəki kosmonavt üçün ətalət qüvvəsi heç də formal qüvvə deyildir. Bu qüvvə onu kresloya elə sıxır ki, onun reallığına heç bir şübhə qalmır! Lakin kosmodromda dayanmış adamların nöqteyi-nəzərincə kosmonavta yalnız oturacaq tərəfindən çox nəhəng reaksiya qüvvəsi təsir edir.

Daha ümumi hala da, cismin liftə nəzərən müəyyən $\vec{a}'$ təcili ilə hərəkət etdiyi hala da baxmaq olar. Məsələn, cisim aşağı düşür. Düşmə yolunu və müddətini ölçməklə, müşahidəçi müəyyən edir ki,

$$\vec{a}' = \vec{g} - \vec{a}.$$

Bu, təcillərin kinematik toplanması düsturundan başqa bir şey deyil. Onun bütün hədlərini kütləyə vursaq, qeyri-inersial hesablama sistemində cismin sərbəst düşdüyü hal üçün Nyutonun ikinci qanununun ümumiləşmiş ifadəsini alarıq:

$$m\vec{a}' = m\vec{g} + \vec{F}_{in}.$$

Əgər lift $\vec{g}$ təcili ilə düşərsə, onda onun daxilində yerləşən cisim öz çəkisini itirir və çəkisizlik halı baş verir. Bu halda $\vec{F}_{in} = -m\vec{g}$, yəni ağırlıq qüvvəsi ətalət qüvvəsi ilə kompensasiya olunur. Belə kompensasiya liftin daxilindəki bütün nöqtələrdə baş verir, bu da ətalət qüvvələri sahəsinin qravitasiya sahəsinə ekvivalent olmasından danışmağa imkan verir. Onlardan hər biri bütün cisimlərə, onların kütlələrindən asılı olmayan eyni bir təcil verəcəkdir. Ona görə də lift daxilində cisimlərin düşməsinin öyrənilməsinə aid heç bir təcrübə, həmin düşmənin bu sahələrdən hansının təsiri altında baş verdiyini aydınlaşdırmağa imkan vermir.

Albert Eynşteyn bu hökmü qravitasiya qüvvələrilə ətalət qüvvələrinin *ekvivalentlik prinsipi* şəklində ümumiləşdirdi: bütün fiziki hadisələr qravitasiya sahəsində və uyğun ətalət qüvvələri sahəsində tamamilə eyni cür baş verir, bu şərtlə ki, hər iki sahənin intensivlikləri üst-üstə düşsün, başlanğıc şərtlər isə qapalı sistemin bütün cisimləri üçün eyni olsun. (Sahənin gərginliyi – bu sahə tərəfindən kütləsi 1 kq olan maddi nöqtəyə təsir edən qüvvədir.) Qeyd edək ki, ekvivalentlik prinsipi yalnız bircins sahələrə, yəni intensivliyi hər yerdə eyni olan sahələrə aiddir.

AĞIRLIQ QÜVVƏSİ VƏ ÇƏKİ

İnsanlar çəkini ölçməyi ən azı 4000 il bundan əvvəl öyrənmişlər. Tərəzilərin təsvirləri hətta Misir piramidalarında da tapılmışdır. Misir piramidalarının məhz bu qədər yaşı var.

Cismin dayağa və ya asqıya göstərdiyi təsir qüvvəsinə cismin $\vec{P}$ çəkisi deyilir. Qeyd etmək vacibdir ki, bu qüvvə cismin özünə yox, dayağa və ya asqıya tətbiq olunmuşdur, ona görə də çəki cisim üçün yazılmış Nyutonun ikinci qanununun sağ tərəfinə bilavasitə daxil olmur.

Cismin çəkisini Nyutonun üçüncü qanununun köməyilə tapmaq olar: cismin öz dayağına göstərdiyi təsir qüvvəsi (və ya asqını dartdığı qüvvə) dayağın reaksiya (asqının gərilmə) qüvvəsinə modulca bərabər, istiqamətcə əksdir:

$$\vec{P} = -\vec{N}, \quad P = N.$$

Çəki ilə cismə təsir edən ağırlıq qüvvəsinin eyniləşdirilməsi geniş yayılmış səhvlərdəndir. Yadda saxlamaq lazımdır ki, bu qüvvələr müxtəlif cisimlərə tətbiq olunmuşdur və çox vaxt müxtəlif mütləq qiymətlərə malik olur. Əgər cisim sükunətdədirsə və ya inersial hesablama sisteminə nəzərən bərabərsürətli düzxətli hərəkət edirsə, onda onun çəkisi həm modulca, həm də istiqamətcə ağırlıq qüvvəsinə bərabərdir, lakin onların tətbiq nöqtəsi müxtəlif olaraq qalır. Lakin əgər cisim təcillə hərəkət edirsə, onda bu bərabərlik pozulur.

Tutaq ki, m kütləli cisim, Yerə nəzərən $\vec{a}$ təcili ilə hərəkət edən liftdədir. Əgər təcil şaquli olaraq yuxarı yönəlibsə, onda liftin döşəməsindəki cisim üçün Nyutonun ikinci qanunu aşağıdakı ifadəni verir:

$$ma = N - mg,$$

buradan

$$P = N = m(g + a) > mg.$$

Bu halda çəki ağırlıq qüvvəsindən böyük olur. Kosmonavtlar çəkinin bu cür artımına – *əlavə yüklənməyə* – kosmik gəminin startı zamanı məruz qalırlar, belə olduqda onların çəkisi bir neçə dəfə artır. Əlavə yüklənmə xoşagəlməz, bəzən hətta ağrılı hisslər doğura bilər. Çoxmərtəbəli binanın liftində də əlavə yüklənməni azca da olsa, hiss etmək olar.

Əgər lift şaquli aşağı yönələn və modulca g-dən böyük olmayan təcillə hərəkət edirsə, onda Nyutonun ikinci qanunu

$$ma = mg - N_2,$$

buradan

$$N_2 = N = m(g - a) < mg.$$

Belə hərəkət zamanı cismin çəkisi azalır, $a = g$ olduqda isə (lift sərbəst düşdükdə) çəki sıfıra bərabər olur: $P = 0$. Bu hal *çəkisizlik* adlanır. Kosmik gəmi-peykdə əşyalara Yer tərəfindən ağırlıq qüvvəsi təsir etməsinə baxmayaraq, onlar çəkisizlik halında olur. Çəkisizlik gəminin dairəvi orbit üzrə "düşməsi" sayəsində yaranır və hərəkət g-yə bərabər təcillə (mərkəzəqaçma təcili) baş verir.

Əgər aşağı yönəlmiş təcil g-dən böyük olarsa, onda liftdəki əşyalar döşəmədən ayrılaraq, müəyyən müddətdən sonra tavanda olacaqlar. Dayağın (indi isə tavanın) reaksiya qüvvəsi istiqamətcə ağırlıq qüvvəsilə üst-üstə düşür və Nyutonun ikinci qanunu aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$ma = mg - N_2,$$

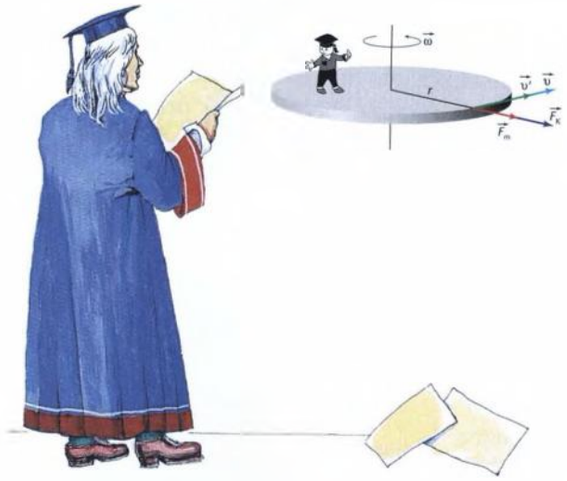
buradan

$$N_2 = N = m(a - g).$$

Maraqlıdır ki, döşəmədən tavana qədər uçuş müddətində əşyalar çəkisizlik halında olacaqdır.

"Döşəmənin" "tavana" və əksinə bu cür çevrilməsi $a > g$ mərkəzəqaçma təcili ilə hərəkət edən təyyarənin cızdığı "ölü ilgəyin" yuxarı nöqtəsində baş verir.

Yer səthində olan cismin çəkisi coğrafi enlikdən asılıdır. Ekvatorda o, minimumdur, qütblərdə maksimumdur və ağırlıq qüvvəsinə bərabərdir, qalan en dairələrində isə aralıq qiymətlər alır. Ekvatorda Yer səthində duran cisim planetin gündəlik fırlanmasında iştirak edir və onun təcili mərkəzəqaçma təcili olur. Bu təcil $a = \omega^2 R$ bərabər olub, Yerin mərkəzinə doğru yönəlmişdir. Nyutonun ikinci qanununa görə, $ma = F - N$ və deməli, $P = N = F - ma < F$. Lakin ekvatorda çəkinin bu cür azalması az nəzərə çarpandır: bu azalma qütbdəki çəkiyə nəzərən yalnız 0,3% təşkil edir.



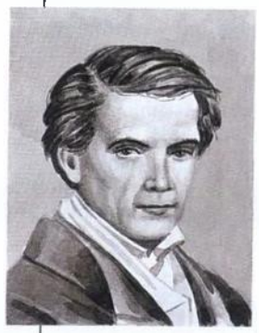
Ümumi halda, qeyri-inersial hesablama sistemində cismə ətalət qüvvəsindən başqa, istənilən "real" qüvvə $\bar{F}$ də təsir edə bilər. Belə olduqda, bu cür sistemdə Nyutonun ikinci qanununu aşağıdakı kimi yazmaq gərəkdir:

$$m\bar{a}' = \bar{F} + \bar{F}_{in}.$$

Ətalət qüvvəsi üçün $\bar{F}_{in} = -m\bar{a}$ ifadəsi yalnız irəliləmə hərəkəti üçün, yəni fırlanma olmadıqda və hesablama sisteminin bütün nöqtələri (inersial hesablama sisteminə nəzərən) eyni təcillə hərəkət etdikdə doğrudur. Fırlanan hesablama sistemləri üçün bu, artıq belə deyil və ətalət qüvvələri onun müxtəlif nöqtələrində müxtəlif olur.

Qustav Qaspar Koriolis – nisbi hərəkət nəzəriyyəsi ilə məşğul olan fransız alimidir.

FIRLANAN HESABLAMA SİSTEMLƏRİ



Q.Q.Koriolis.

Misal üçün ω bucaq sürətilə bərabərsürətli fırlanma hərəkəti edən disklə bağlı hesablama sisteminə baxaq. Tutaq ki, hər hansı bir zərrəcik diskin kənarı ilə sabit υ sürətilə hərəkət edir. Onda inersial hesablama sistemindəki müşahidəçiyə nəzərən bu zərrəcik $v = v + \omega r$ sürəti və

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(v' + \omega r)^2}{r} = \frac{v'^2}{r} + 2\omega v' + \omega^2 r.$$

təcili ilə hərəkət edəcəkdir.

Disk üzərində olan müşahidəçinin nöqteyi-nəzərincə, zərrəcik $a = v^2/r$ təcili ilə hərəkət edəcəkdir. Bu ifadəni əvvəlki bərabərlikdə yerinə yazıb taparıq:

$$a = a - 2\omega v - \omega^2 r.$$

Bunu, zərrəciyin m kütləsinə vursaq, alarıq:

$$ma = ma - 2m\omega v - m\omega^2 r.$$

Alınmış tənliyin sağ tərəfini təhlil edək. Nyutonun ikinci qanununa görə, $ma = F$, burada F – nöqtəni çevrə üzərində saxlayan real qüvvədir. Qalan iki toplanan mənfidir, yəni uyğun qüvvələr $\bar{F}$-in əksinə (diskin mərkəzindən kənara tərəf) yönəlmişdir. Onlardan birincisi, yəni $F_K = 2m\omega v$ *Koriolis qüvvəsi*, ikincisi isə, yəni $F_m = 2m\omega^2 r$ – *mərkəzdənqaçma qüvvəsi* adlanır. Mərkəzdənqaçma qüvvəsi zərrəciyin fırlanan sistemə nəzərən sürətindən asılı deyil, Koriolis qüvvəsi isə ancaq hərəkətdə olan ($v \neq 0$) zərrəciyə təsir edir. v sürətinin istiqaməti ixtiyari olanda Koriolis qüvvəsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\bar{F}_K = 2m[\bar{v}' \times \bar{\omega}],$$

burada $\bar{\omega}$ bucaq sürəti vektoru fırlanma oxu boyunca yönəlmişdir və fırlanma istiqamətilə sağ burğu qaydası ilə əlaqədardır. Vektorial hasilin tərifindən çıxır ki, $\bar{F}_K \perp \bar{v}'$. Ona görə də Koriolis qüvvəsi iş görmür və maddi nöqtənin enerjisini dəyişmir, ancaq sürətinin istiqamətinə təsir edir. Bu mənada o, maqnit sahəsində yüklü zərrəciyə təsir edən Lorens qüvvəsinə çox bənzəyir.

Mərkəzdənqaçma qüvvələri həmişə cismi fırlanma oxundan periferiyaya

"TİLSİMLİ" KÜRƏDƏ

Amerikada bir sahibkar adamları əyləndirmək üçün küreyabənzər fırlanan otaq şəklində çox məzəli və ibrətamiz karusel qurmuşdu. Adamlar onun daxilində, bizim yalnız yuxuda və ya sehrli nağılda mümkün hesab etdiyimiz qeyri-adi hisslər keçirirlər.

Fırlanan platformada yerləşən adama iki qüvvə təsir edir: fırlanma oxundan kənara yönəlmiş mərkəzdənqaçma qüvvəsi və ağırlıq qüvvəsi. Əvəzləyici qüvvə fırlanma oxuna müəyyən bucaq altında aşağı yönələcəkdir. Əgər platformaya elə əyrilik versək ki, sürətin müəyyən qiymətində onun səthi əvəzləyici qüvvəyə perpendikulyar olsun, onda platformada yerləşən adam, onun hər bir nöqtəsində özünü üfüqi müstəvi üzərindəki kimi hiss edəcəkdir. Hesablamaq olar ki, bu cür əyrixətli səth fırlanma paraboloidi olacaqdır. Bu səth parabolanı öz simmetriya oxu ətrafında fırladanda əmələ gəlir. Yarısına qədər su ilə doldurulmuş stəkanı sürətlə fırlatsaq, həmin səthi almaq olar: su kənarlarda yuxarı qalxır, mərkəzdə isə aşağı enir və suyun səthi paraboloid formasını alır.

İndi "tilsimli" kürə qurğusunu asanlıqla anlamaq olar. Kürənin dibi paraboloid forması verilmiş böyük fırlanan platformadan ibarətdir. İnsanlarda başgicəllənməsi yaranmasın deyə, platformanı qeyri-şəffaf divarlı böyük kürənin daxilində yerləşdirirlər; kürə də platformanın sürətinə bərabər sürətlə fırladılır. Siz kürə daxilindəki platformada yerləşəsiniz, nə hiss edərsiniz? O fırlanan zaman siz hansı nöqtədə – döşəmənin həqiqətən üfüqi olduğu oxun yanında və ya döşəmənin 45° bucaq altında meyilli olduğu kənarda – olursunuz olun, döşəmə sizin ayaqlarınızın altında üfüqidir. Göz çöküklüyü aydın görür, ancaq tarazlıq hissi isə onu göstərir ki, sizin altınızdakı düz yerdir. Əgər siz platformanın bir kənarından o birinə keçsəniz, onda sizə elə gələcəkdir ki, sizin bədəninizin ağırlığı altında nəhəng kürə sabun köpüyü yüngüllüyü ilə digər yarı üzərinə aşır: axı hər bir nöqtədə siz özünüzü üfüqi müstəvi üzərindəki kimi hiss edirsiniz. Platformada meyilli duran digər adamların vəziyyətləri sizə olduqca qeyri-adi görünəcəkdir: həqiqi mənada sizə elə gələcəkdi ki, insanlar, milçəklər kimi, divarda yeriyirlər. "Tilsimli" kürənin döşəməsinə tökülən su döşəmənin səthində eyni qalınlıqlı təbəqə şəklində axır. Sizə elə gəlir ki, burada su gözləriniz qarşısında meyilli divarda durur.

Cazibənin qanunlarına dair adi təsəvvürlər bu məzəli kürədə, sanki, aradan qalxır və biz möcüzələrin nağıl aləminə düşürük.

(Y.İ.Perelmanın "Əyləncəli fizika" kitabı üzrə)

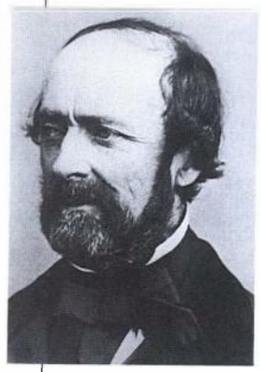


doğru sürüşdürməyə çalışır və bucaq sürətinin, fırlanma oxundan olan məsafənin artması ilə artır. Bu səbəbdən ağır və tez fırlanan maşın hissələrini (turbinlərin rotorunu, vertolyotların vintlərinin pərini) çox möhkəm düzəltmək lazım gəlir. Əgər mərkəzdənqaçma qüvvələri bu cür detalların möhkəmlik həddini aşırsa, onda onları hissələrə dağıda bilər. Buna oxşar proses sentrifuqada, paltarı sıxan vaxt baş verir: torlu baraban böyük sürətlə fırlanarkən su damcıları parçadan qoparaq, yarıqlardan çölə atılır.

Gündəlik fırlanmasına görə, Yer də qeyri-inersial hesablama sistemidir. Onun fırlanma bucaq sürəti kiçik olsa da, mərkəzdənqaçma qüvvələrinin və Koriolis qüvvələrinin təzahürlərini praktikada müşahidə etmək olar.

Yer gecə-gündüz (gündəlik) hərəkətində qeyri-inersial sistem olur. Onun bucaq sürətinin kiçik olmasına baxmayaraq, praktikada mərkəzdənqaçma qüvvələrini və Koriolis qüvvəsini müşahidə etmək olar. Ekvatorda mərkəzdənqaçma təcili $a_m = \omega^2 R \cong$ $\cong 0{,}034$ m/san^2-yə bərabərdir. Bu təcil, ekvatordakı sərbəstdüşmə təcilinin $g_e = 9{,}78$ m/san^2 qiymətinə görə kiçikdir, buna baxmayaraq, o, cismin ekvatordakı çəkisinə qütbdəki çəkisilə

Jan Bernar Leon Fuko (1819-1868). Fransız fizikidir. İşığın suda və havada sürətini təyin etmiş, Yerin gündəlik fırlanmasını sübut etmişdir (Fuko rəqqası ilə təcrübə).



J.B.Leon Fuko.

müqayisədə gözəçarpacaq dərəcədə dəyişməsinə gətirir. Məsələn, kütləsi 10 kq olan cismi yaylı tərəzidə çəksək, onda ekvatorda onun çəkisinin mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri hesabına azalması 35 q-a yaxın olur.

Koriolis qüvvəsi əyani olaraq *Fuko rəqqasının* hərəkətində təzahür edir. Fuko rəqqası uzun ipdən asılmış ağır kürədir. İpin burulmasının qarşısını almaq üçün onun asqısı fırlanmaya qabildir. Belə rəqqasın köməyilə rəqs müstəvisinin Yerin gündəlik fırlanması sayəsində yaranan dönməsini müşahidə etmək olar. Ən sadə halda, əgər rəqqası Şimal qütbündə yerləşdirsək, onda hesab etmək olar ki, onun sürəti həmişə Yerin oxuna perpendikulyardır. Belə olduqda, $\vec{v}'$ və $\vec{\omega}$ vektorları qarşılıqlı perpendikulyar, Koriolis qüvvəsi isə $F_k = 2mv'\omega$-yə bərabər olur. Bu qüvvə üfüqi müstəvidə yerləşir və rəqqasın hərəkətinə nəzərən sağa yönəlir. Əgər rəqqası meyil etmiş vəziyyətindən buraxsaq, onda rəqslərin trayektoriyası Koriolis qüvvəsinin təsiri altında itiucluqlu rozetka şəklini alar. Rəqs müstəvisi Yerə nəzərən saat əqrəbi istiqamətində, sutkada bir dövr etməklə dönür. Əgər belə rəqqasın rəqslərini qütbdə yox, φ en dairəsində müşahidə etsək, onda Koriolis qüvvəsinin qiymətini tapmaq üçün Yerin ω bucaq sürəti əvəzində, onun verilmiş məhəllədə şaquli istiqamətdəki $\omega\sin\varphi$ proyeksiyasını götürmək lazımdır. Beləliklə, sutka ərzində rəqs müstəvisinin dönmə bucağı $2\pi\sin\varphi$-yə bərabər olur. Ekvatorda Koriolis qüvvəsi Yer səthinə perpendikulyar yönəlir və Fuko rəqqasının rəqslərinin müstəvisini döndərmir.

İlk dəfə belə təcrübələr fransız alimi Jan Fuko tərəfindən 1851-ci ildə Paris rəsədxanasında aparılmışdır. Burada rəqqas, uzunluğu 67 m olan ipdən asılmış 28 kq kütləli metal kürədən ibarət olmuşdur. Onun rəqslərinin periodu 16,4 san təşkil edirdi. Fuko təcrübələri Yerin gündəlik fırlanmasının təzahürünü müşahidə etməyə imkan verdi və Yerlə bağlı hesablama sisteminin qeyri-inersial olduğunu sübut etdi.

Koriolis qüvvəsinin təsiri cisimlərin Yerdəki hərəkəti ilə bağlı olan bir çox digər hadisələrdə də gözə çarpır. Məsələn, Şimal yarımkürəsində çaylarda su axını baxılan qüvvə vasitəsilə sağ sahilə sıxılır ki, bu da sahilin aşınmasına səbəb olur. Ona görə də belə çayların sağ sahili sol sahilə nisbətən adətən daha dik olur. Koriolis qüvvəsinin təsiri altında dəmiryol xətlərində, əgər hər yolda qatarlar yalnız bir istiqamətdə gedirsə, sağ rels daxildən yeyilir.



BƏRK CİSİMLƏRİN HƏRƏKƏTİ

Bərk cisimlər mövcuddurmu? Bu sual təəccüb doğura bilər, axı bizi əhatə edən ətraf aləm bərk cisimlərlə doludur, məsələn, taxta lövhə, polad çubuq. Buna baxmayaraq, taxta lövhə onun üzərində oturmuş adamın ağırlığı altında, azca da olsa, əyilir. Polad çubuğu əllə dartmaq çətindir, lakin qeyri-mümkün deyil: sənətkar metal simləri gərərək, royalı kökləyir. Əgər cisim öz formasını saxlayırsa, *bərk cisim* adlanır. Yəni bərk cismin, onunla nə baş verirsə versin, istənilən iki nöqtəsi arasındakı məsafə dəyişməz qalır.

Təbiətdə mütləq bərk cisimlər yoxdur, lakin bir çox hadisələri təsvir edərkən formanın dəyişməsini nəzərdən atmaq və bərk cisim modelindən

istifadə etmək olar. Hamımıza tanış model maddi nöqtədir. Hətta ən kiçik obyekti də, əgər o fırlanırsa, maddi nöqtə hesab etmək olmaz: nöqtə fırlana bilməz.

FIRLANMANIN NƏTİCƏLƏRİ

Qalileo Qaliley "tamamilə düzgün formaya malik, bərk bürüncdən düzəlmiş hamar kürəni mail müstəvi üzrə düşməyə" məcbur etməklə sübut etmişdi ki, havanın müqaviməti olmasaydı, bütün cisimlər, kütlələrindən asılı olmadan, eyni bir təcillə düşərdi. O hesab edirdi ki, bu cür düşmə sərbəst düşmənin xüsusi halıdır, çünki mail müstəvini, divar kimi, şaquli qoysaq, sərbəstdüşmə alınar. Əgər kürəcik düşməyib, mail müstəvi boyunca diyirlənərsə, onda bəs nə baş verəcəkdir?

Təcrübə üçün lövhə (onun bir ucunu qaldırmaqla, mail müstəvi alarıq) və iki silindr lazım olacaqdır. Diyirlənmənin olduğu təcrübədə silindrlər kürəciklərdən yaxşıdır, çünki onların seçilmiş oxu var və onları bu ox ətrafında asanlıqla fırlanmağa məcbur etmək olar. Tutaq ki, silindrlərdən biri bütöv, digərinin içi boşdur. Yaxşı olardı ki, silindrlər eyni ölçülərə və təxminən eyni kütlələrə malik olsun. Əgər onlar müxtəlif materiallardan, məsələn, ağacdan və metaldan düzəlmişdirsə, onda bu mümkündür; həm də bütöv silindri, içi boş silindrə nəzərən, daha yüngül materialdan hazırlamaq lazımdır.

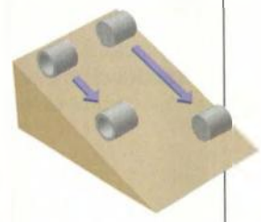
İndi hər iki silindri mail müstəvi üzərinə qoyaq və eyni zamanda buraxaq. Lövhə və silindrlərin səthi çox hamar, meyil bucağı isə kifayət qədər böyük olduqda, onlar müstəvi üzrə fırlanmadan sürüşməyə başlayacaq (Qalileyin dediyi kimi, "düşəcək") və aşağı nöqtəyə eyni zamanda çatacaqdır. İndi ona nail olaq ki, silindrlər sürüşməyib, diyirlənsinlər. Budur gözlənilməz nəticə: bütöv silindr həmişə finişə boş silindrdən, hətta onların ölçüləri və çəkiləri üst-üstə düşdükdə də, tez çatır. Nə üçün? Təsvir etdiyimiz təcrübə Qalileo Qalileyin apardığı təcrübədən yalnız onunla fərqlənir ki, cisimlər lövhədən düşərək, fırlanır. Deməli, hər şeyin "günahkarı" fırlanmadır.

Fırlanma Qalileyin nəticələrini necə olur ki, dəyişdirir? Misal üçün, təpəcikdən M kütləli və R radiuslu içi boş silindrin diyirlənməsinə baxaq (sadəlik





Burulma (yuxarıda) və əyilmə deformasiyaları.



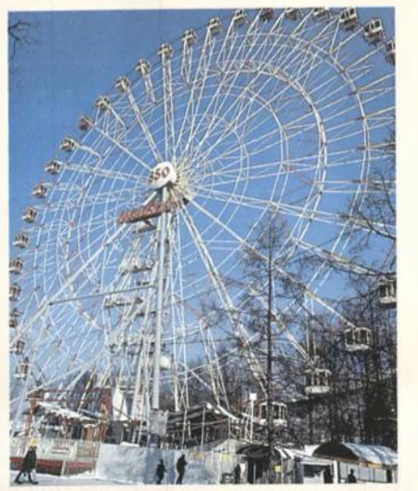
BƏRK CİSİMLƏRİN HƏRƏKƏTİNİN NÖVLƏRİ

Bərk cismin irəliləmə hərəkəti, elə hərəkətə deyilir ki, bu zaman cismin bütün nöqtələri eyni trayektoriyalar üzrə hərəkət edir. Bu halda cismin ixtiyari iki nöqtəsini birləşdirən parça öz-özünə paralel yerini dəyişir. Bu cür hərəkətə misal "Müşahidə çarxı" attraksionunun kabinələrinin yerdəyişməsidir, yəni irəliləmə hərəkəti vacib deyil ki, düzxətli olsun.

Təkərin çənbərinin nöqtələri fırlanma hərəkəti edir ki, bu zaman onların hamısı çevrələr üzrə hərəkət edir. Bu çevrələrin mərkəzləri fırlanma oxu adlanan bir düz xətt üzərindədir.

Əgər bütün nöqtələrin trayektoriyaları paralel müstəvilərdə yerləşirsə, (mail müstəvidən diyirlənən silindrdə olduğu kimi, hər bir nöqtə öz müstəvisində yerini dəyişir), bu, müstəvi hərəkətdir. Eyler prinsipinə uyğun olaraq, müstəvi hərəkəti həmişə sonsuz sayda üsulla irəliləmə və fırlanma hərəkətlərinə ayırmaq olar.

Əgər kürəcik düşürsə və ya mail müstəvi boyunca sürüşürsə, o, yalnız irəliləmə hərəkəti edir, kürəcik diyirlənən zaman isə o, həm də fırlanır.

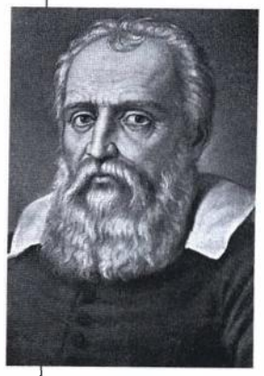


üçün hesab edəcəyik ki, onun divarlarının qalınlığı çox kiçikdir). Bu silindrin diyirlənməsini, onun oxunun mail müstəvi boyunca $\vec{v}$ sürətilə irəliləmə hərəkəti və bu ox ətrafında $\vec{\omega}$ bucaq sürətilə fırlanması kimi təsəvvür etmək olar.

Çənbərin i-ci nöqtəsinin yalnız fırlanma hərəkətilə şərtlənən sürəti $v_{fir} = \omega R$ bərabərdir, onun tam sürəti isə cismin həqiqi hərəkətinin ayrıldığı irəliləmə və fırlanma hərəkətlərin sürətlərinin vektorial cəmi ilə təyin olunur: $\vec{v} + \vec{v}_{i_{fir}}$. Silindrin kinetik enerjisi, onun bütün nöqtələrinin kinetik enerjiləri cəminə bərabərdir, yəni

$$E = \sum_i \frac{m_i(\vec{v} + \vec{v}_{i_{fir}})^2}{2} =$$

$$= \sum_i \frac{m_i(v^2 + 2\vec{v}\vec{v}_{i_{fir}} + v_{i_{fir}}^2)}{2}.$$



Q.Qaliley.
Qravüra.

$\sum_i$ işarəsi yazılmış ifadənin bütün nöqtələr üzrə cəmləndiyini göstərir. Silindrin bir-birinin əksinə yerləşmiş nöqtələrin kütlələri bərabər olduğundan, onların fırlanma ilə şərtlənən sürətləri isə qiymətcə bərabər olub, istiqamətcə əks tərəflərə yönəldiyindən,

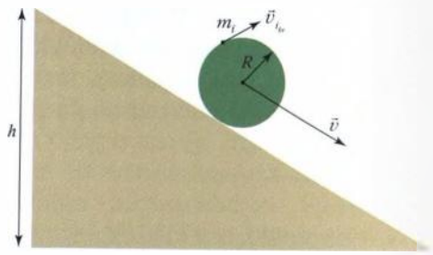
$$\sum_i m_i \vec{v}\,\vec{v}_{i_{fir}} = 0$$

olacaqdır. Nəzərə alsaq ki, $\sum_i m_i = M$ – silindrin tam kütləsidir, onda diyirlənən içi boş silindrin kinetik enerjisi

$$E = \frac{Mv^2}{2} + \frac{Mv_{fir}^2}{2}$$

ifadəsinə bərabər olur.

Əgər silindr fırlanmadan sürüşsə idi, onda onun kinetik enerjisi yalnız birinci hədlə təyin olunardı. Silindrin



mail müstəvinin başlanğıcında malik olduğu mgh potensial enerjisi fırlanma zamanı irəliləmə hərəkətinin kinetik enerjisi ilə fırlanmanın kinetik enerjisi arasında paylanmış olur. Ona görə də fırlanan silindr finişə kiçik irəliləmə sürətilə çatacaqdır.

Fırlanma enerjisi nədən asılıdır? Axırıncı həddi belə yazaq:

$$\frac{Mv_{fir}^2}{2} = \frac{M\omega^2R^2}{2} = \frac{I\omega^2}{2}.$$

$I = MR^2$ kəmiyyətinə cismin *ətalət momenti* deyilir. Bu kəmiyyət cismin hansı oxa nəzərən fırlanmasından və bu ox boyunca kütlənin necə paylanmasından asılıdır. Fırlanma oxundan verilmiş kütləli nöqtəyə qədər məsafə böyük olduqca, ω bucaq sürətinə qədər fırladılmış cismin ətalət momenti və kinetik enerjisi bir o qədər böyük olur.

İki silindrlə aparılmış təcrübənin sirri bundadır. Onların kütlələri bərabərdir, lakin içiboş silindrin bütün kütləsi, demək olar ki, onun R radiusuna bərabər məsafədə (əgər divarın qalınlığını nəzərə almasaq), bütöv silindrdə isə kütlənin bir hissəsi fırlanma oxuna yaxın yerləşmişdir. Ona görə də verilmiş oxa nəzərən bütöv silindrin ətalət momenti kiçicikdir və deməli, tam enerjinin fırlanmaya gedən hissəsi də kiçikdir, enerjinin irəliləmə hərəkətinə gedən hissəsi isə böyükdür. Deməli, bütöv silindr həmişə finişə içiboş silindrdən tez çatacaqdır.

ƏTALƏT MOMENTİNİ NECƏ HESABLAMALI

Nazik divarlı silindr misalında olduğu kimi, əgər cismin bütün nöqtələri hər hansı bir oxdan eyni R məsafəsindədirsə, onda I ətalət momentini həmin oxa nəzərən hesablamaq daha sadədir. Belə halda bu cismin kütləsini yalnız məsafənin kvadratına vurmaq lazımdır: $I = MR^2$. O_x-dan l_i məsafələri məlum olan m_i kütləli nöqtələr sistemi üçün də ətalət momentini hesablamaq çətin deyil:

$$I = \sum_i m_i l_i^2.$$

$\sum$ – işarəsi hər biri i indeksi ilə işarələnmiş bütün nöqtələr üzrə cəmi göstərir. Məsələn, uzunluğu l olan çəkisiz ipdən asılmış m kütləli maddi nöqtənin (riyazi rəqqas) asılma nöqtəsinə nəzərən ətalət momenti $I = ml^2$. Kütləsi m olan çənbər və ya nazikdivarlı silindr də öz oxuna nəzərən belə bir ətalət momentinə malik olacaqdır: doğrudan da, fikrən çənbəri nöqtələrə bölə bilərik və bu nöqtələrdən hər biri oxdan eyni bir l məsafəsində yerləşəcək, onların tam kütləsi isə çənbərin kütləsinə bərabər olacaqdır.

Oxdan nöqtələrə qədər olan məsafə kəsilməz dəyişən zaman (bütöv silindr halında olduğu kimi), ətalət momentini hesablamaq üçün cismi fikrən dm kütləli ayrı-ayrı nöqtələrə bölmək və bu kütlələrin oxa qədər məsafələrinin kvadratına hasilini cəmləmək lazım gəlir. Burada, əlbəttə, cəm deyəndə inteqral başa düşülür:

$$I = \int R^2 dm.$$

Misal üçün uzunluğu l olan m kütləli bircins çubuğun onun ucundan keçən oxa nəzərən ətalət momentini hesablamaq olar. Çubuğu hər birinin uzunluğu dr olan kiçik parçacıqlara bölək. Hər belə parçacıq fırlanma oxundan r məsafəsində yerləşir. Çubuğun vahid uzunluğunun kütləsi $\frac{m}{l}$-ə və deməli, dr uzunluqlu parçacığın kütləsi isə $\frac{m}{l}\,dr$-ə bərabərdir. Parçacığın ətalət momenti $\frac{m}{l}dr \cdot r^2$ təşkil edir, burada fırlanma oxundan olan r məsafəsi 0-dan l-ə qədər dəyişir. Bütün çubuğun ətalət momenti

$$I = \int_0^l \frac{m}{l} r^2 dr = \frac{m}{l}\int_0^l r^2 dr = \frac{ml^2}{3}$$

olacaqdır.

İndi də çubuğun, onun ortasından keçən oxa nəzərən ətalət momentini hesablayaq. Oxdan eyni bir r məsafəsində hər birinin kütləsi dm olan iki parçacıq vardır, lakin məsafənin özü indi 0-dan $l/2$-yə qədər dəyişir. Ətalət momenti isə aşağıdakı ifadəyə bərabər olacaqdır:

$$I = 2\int_0^{l/2} \frac{m}{l} r^2 dr = \frac{ml^2}{12}.$$

Çubuğun öz ortasına nəzərən ətalət momenti, ucuna nəzərən ətalət momentindən kiçik alındı. Bu o deməkdir ki, çubuğu ucundan yox, ortasından tutaraq fırlatmaq asandır.

Hər iki oxa nəzərən ətalət momentləri nə qədər fərqlənir?

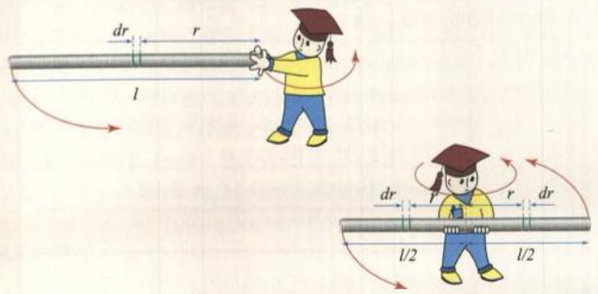
$$\frac{ml^2}{3} - \frac{ml^2}{12} = \frac{ml^2}{4} = m\left(\frac{l}{2}\right)^2.$$

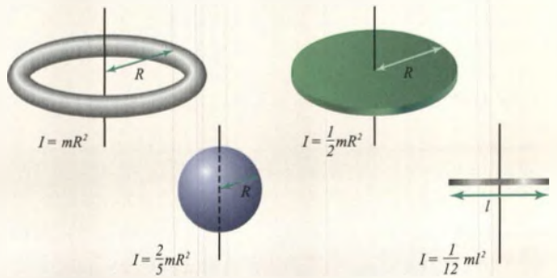
Lakin $l/2$ – bu, çubuğun uzunluğunun yarısı, yəni oxlar arasındakı məsafədir! Deməli, hər hansı oxa nəzərən I ətalət momentini hesablayaraq, bu oxdan a məsafəsində duran və ona paralel olan istənilən başqa oxa nəzərən I' ətalət momentini hesablamaq olar:

$$I' = I + Ma^2.$$

Bu hökm Şteyner teoremi adlanır.

Şəkildə qeyd olunmuş oxlara nəzərən çənbərin ətalət momenti (nazikdivarlı silindrdə olduğu kimidir), diskin (bütöv silindriki kimidir), kürə və çubuğun ətalət momentləri göstərilmişdir. Şteyner teoreminin köməyilə verilmiş oxa paralel olan istənilən digər oxa nəzərən ətalət momentlərini hesablamaq olar.







Jukovski skamyası.

AVTOPİLOTA ETİBAR EDƏK?

Siz avtopilotda tez-tezmi nə isə etməli olmusunuz? Bu cür ifadəni heç vaxt işlətməmiş çətin ki, bir adam tapılsın. Bəs, ümumiyyətlə, avtopilot nə edir? Avtopilotun vəzifəsi – verilmiş kursu saxlamaq və hava gəmisinin ondan kənara çıxmasına imkan verməməkdir. Mexaniki qurğu hər hansı bir istiqaməti necə saxlaya bilər? Bu, xüsusən, ona görə qəribədir ki, fəzada bütün istiqamətlər tam bərabərhüquqludur və deməli, elə bir seçilmiş istiqamət yoxdur ki, dönmə bucağını həmin istiqamətə nəzərən hesablamaq mümkün olsun.

Əgər sizin evdə fırlanan stul varsa, onda siz asanlıqla sadə təcrübə apara bilərsiniz. Stulda (bu təcrübədə onun, elmi adı var – "Jukovski skamyası") oturun və yanlara açılmış əllərinizdə hər hansı ağır yüklər, məsələn, bir cüt hantel tutun. Ayağınızla itələyərək, stulla birlikdə özünüzü fırladın. Fırlanaraq, hantellərlə birlikdə əllərinizi sinənizə sıxın. Nə baş verəcək? Fırlanma sürətiniz nəzərəçarpacaq dərəcədə artacaqdır. Əllərinizi yanlara açmaqla, siz yenidən sürəti azaldacaqsınız. Bu nə üçün baş verir?

Bu eksperimentdə mühüm olan adamın bədəni boyu keçən fırlanma oxundan həmin iki hantelə qədər olan məsafələrin dəyişməsidir. Hantellərdən fırlanma oxuna qədər məsafə az olduqca, fırlanma sürəti bir o qədər böyük olur. Prinsipcə, əllərinizi sadəcə yanlara açmaqla və sinənizə sıxmaqla hantellərsiz də keçinmək olar.

Fiqurlu sürüşmə zamanı məhz belə edirlər: əlləri geniş açaraq fırlanmağa başlayır və sonra, onları yığaraq, öz fırlanmasını sürətləndirirlər. Yerini dəyişən kütlə böyük olduqca, fırlanma

V.Pauli və N.Bor "tip-top" ("fırfıra") oyuncağı ilə.



İKİ HƏRƏKƏT ARASINDA ANALOGİYA

Maraqlıdır ki, cismin irəliləmə hərəkətini təsvir edən istənilən fiziki kəmiyyətə qarşı, fiziki mənaca ona oxşar fırlanma hərəkətini təsvir edən kəmiyyət göstərmək olar. Məsələn, dönmə bucağı koordinata uyğundur; deməli, kiçik zaman intervalında onun dəyişməsinin bu intervala nisbəti, fiziki olaraq, koordinatın dəyişməsinin kiçik zaman intervalına nisbətinə, yəni sürətə analojidir. Doğrudan da, bu cür daxil edilən kəmiyyət bucaq sürətidir, yəni dönmə bucağının dəyişmə sürətidir.

Yeni fiziki hadisəni təsvir edən hər hansı bir kəmiyyətin oxşar fiziki mənalı hadisəni təsvir edən kəmiyyətlərə analoji olaraq daxil edilməsi yeni kəmiyyətləri mənalandırmağa və yadda saxlamağa kömək edir. Daha bir misala baxaq. İrəliləmə hərəkəti zamanı cismin ətalət xassələri onun kütləsilə xarakterizə olunur. Kütlə böyük olduqca, bu cismi, deyək ki, verilmiş zaman ərzində verilmiş sürətə qədər yeyinlətmək üçün (verilmiş təcili vermək üçün) bir o qədər çox qüvvə tətbiq olunur. Eynilə, cismi verilmiş zaman ərzində verilmiş bucaq sürətinə qədər (bu irəliləmə hərəkətinin sürətinə analojidir) fırlatmaq üçün cismin ətalət momenti böyük olduqca, bir o qədər çox qüvvə momenti tətbiq etmək lazımdır.

Beləliklə, ətalət momenti kütləyə analoji fiziki kəmiyyətdir. Bunu müəyyən etməklə, xüsusi çətinlik çəkmədən fırlanan cismin kinetik enerjinin ifadəsini yazmaq olar. Bunun üçün kinetik enerjinin yaxşı məlum olan $E_k = mv^2/2$ düsturunda, bu düstura daxil olan bütün kəmiyyətləri analoji kəmiyyətlərlə əvəz etmək lazımdır. $E_k = I\omega^2/2$ alınır. İrəliləmə hərəkətini təsvir edən digər məlum kəmiyyətlərlə fırlanma hərəkətini təsvir edən naməlum kəmiyyətlər arasında özünüz analogiya müəyyən edə bilərsiniz. Aldığınız nəticəni cədvəldə verilənlərlə müqayisə etməyə dəyər.

Seçilmiş hesablama sistemində hərəkət edən nöqtənin koordinatı x	Hərəkət edən nöqtənin koordinat oxu ətrafında dönmə bucağı α_x
İrəliləmə hərəkətinin sürəti $v_x = dx/dt = \dot{x}$	Bucaq sürəti $\omega_x = d\alpha_x/dt = \dot{\alpha}_x$. Fırlanma mərkəzindən R məsafəsində olan nöqtənin xətti və bucaq sürətləri arasında əlaqə $v_x = \omega_x R$
Təcili $a = dv/dt = \ddot{x}$	Bucaq təcili $\varepsilon_x = d\omega_x/dt = \ddot{\alpha}_x$
İrəliləmə hərəkətində cismin inersiya xassəsini m kütləsi təyin edir: eyni qiymətli xarici qüvvənin F_x təsiri altında böyük kütləli cisim kiçik təcil əldə edir: $F_x = ma_x$	Cismin fırlanma hərəkətinin inersiya xassəsini təyin edən $I = \sum m_i r_i^2$ ətalət momenti, qüvvə momentinin M_x eyni qiymətində cismin inersiya momenti böyük olduqda, o kiçik bucaq sürəti əldə edir: $M_x = I\varepsilon_x$
İrəliləmə hərəkətində kinetik enerji $E_K = mv^2/2$	Fırlanma hərəkətinin kinetik enerjisi $E_K = I\omega^2/2$
İlmpuls $p_x = mv_x$	İmpuls momenti $L_x = I\omega_x$
Qüvvə $F_x = dp_x/dt$	Qüvvə momenti $M = \vec{r} \times \vec{F}$; $\vec{M} = d\vec{L}/dt$

İMPULS MOMENTİNİN SAXLANMASI QANUNU

Ümumi halda impuls momenti vektoru vektorial hasil ilə təyin edilir: $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$. Bu hasilin nəticəsi vurulan hər iki vektora perpendikulyar olan vektordur; onun istiqaməti sağ vint (və ya burğu) qaydası ilə təyin olunur. Sağ vintin birinci vuruqdan ikinciyə tərəf ən kiçik qövs üzrə fırladılması onun hansı istiqamətdə hərəkətinə səbəb olursa, vektorial hasil də həmin istiqamətdə yönəlir. Alınan vektorun modulu vektorial vuruqların modulları hasilinin onlar arasındakı bucağın sinusun hasilinə bərabərdir: $|\vec{L}| = |\vec{r}| \cdot |m\vec{v}| \cdot \sin(\vec{r}, m\vec{v})$, $\vec{L}$ həmişə $\vec{r}$ və $m\vec{v}$ vektorlarının yerləşdiyi müstəviyə perpendikulyardır. $\vec{r}$ -in başlanğıcı fırlanma oxu üzərində götürülmüş hər hansı bir nöqtədə yerləşir.

Hansı şərtlər daxilində impuls momenti saxlanır? Bu suala cavab vermək üçün onun kiçik zaman aralığında dəyişməsinə baxmaq (törəməsini tapmaq) və nə zaman bu dəyişmənin sıfıra bərabər olduğunu görmək lazımdır ki, bu da impuls momentinin müəyyən bir qiymətinin saxlanması deməkdir. Hasildən törəmə alma qaydasından istifadə edərək alırıq:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times m\vec{v}) = \frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v} + \vec{r} \times \frac{d}{dt}(m\vec{v}) =$$

$$= \vec{v} \times m\vec{v} + \vec{r} \times \frac{d}{dt}(m\vec{v}).$$

Bu nəticənin sağ tərəfindəki birinci toplanan sıfıra bərabərdir, çünki o, iki paralel $\vec{v}$ və $m\vec{v}$ vektorlarının vektorial hasilindən ibarətdir. (Vektorial hasilin xassələrindən biri paralel vektorların hasilinin sıfıra bərabər olmasıdır.) İkinci toplanan – bu, ətalət momentini hesablayarkən götürdüyümüz həmin radius-vektorun impulsun kiçik zaman ərzindəki dəyişməsinin vektorial hasilinə, yəni qüvvəyə bərabərdir:

$$\frac{d}{dt} m\vec{v} = \vec{F}.$$

$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ kəmiyyəti $\vec{r}$ vektorunun çəkildiyi nöqtəyə nəzərən qüvvə momenti adlanır.

Əgər o sıfıra bərabərdirsə, onda impuls momentinə daxil olan $\frac{d\vec{L}}{dt}$ törəməsi də sıfır olur və deməli, impuls momenti dəyişməz qalır. Beləliklə, hər hansı nöqtəyə nəzərən impuls momenti o zaman saxlanır ki, xarici qüvvələrin həmin nöqtəyə nəzərən momenti sıfıra bərabər olsun. Xüsusi halda, xarici qüvvələr heç yoxdursa və sistem qapalıdırsa, impuls momenti saxlanır.

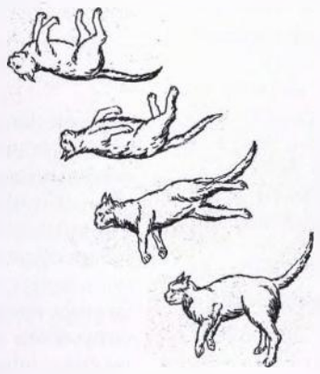
Başlanğıcda fırlanmaya malik olmayan (impuls momenti sıfır olan) cismi xarici qüvvələrdən istifadə etmədən fırlanmağa məcbur etmək lazım gəldiyi zaman çox maraqlı vəziyyətlərə rast gəlinir. Cismin ayrı-ayrı hissələrini əks tərəflərə fırlanmağa məcbur etməklə buna nail olmaq mümkündür. Onda cismin hər bir hissəsi məxsusi impuls momenti qazanır, lakin yekun impuls momenti əvvəlki kimi sıfıra bərabər olur.

DÜŞƏN PİŞİK

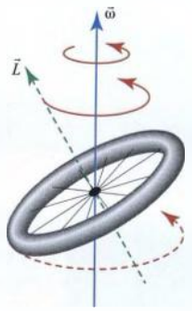
Hamı bilir ki, pişiyi necə atırsan at, o, həmişə ayaqları üstə düşəcək. İlk baxışda bu qəribə görünür. Əgər pişik atılıbsa və lap əvvəlcədən ona fırlanma və deməli, impuls momenti verilməyibsə, onda necə olur ki, pişik pəncələri aşağı çevrilə bilir? Axı bunun üçün o, aşağı düşə-düşə, müəyyən müddət ərzində fırlanmalı, yəni bucaq sürəti qazanmalıdır, baxmayaraq ki, onun impuls momenti həmişə sıfıra bərabər olmalıdır. Pişik impuls momentinə malik olmadan, necə olur ki, bucaq sürəti qazanır?

Hər şey pişiyin qəribə çevikliyi ilə izah olunur. Tutaq ki, pişik əvvəlcə qabaq ayaqlarını büküb altına yığır və boynunu qabağa uzadaraq, dal ayaqlarını aralayır və bədənini buraraq bədənin qabaq hissəsini döndərməyə başlayır. Əlbəttə, bütövlükdə pişiyin impuls momenti, başlanğıcda olmadığı kimi, meydana çıxmayacaqdır. Lakin onun dal ayaqlarının kütləsi fırlanma oxundan uzağa aralandığından, pişiyin bədəninin arxa yarısının çox kiçik bucaq sürəti, onun qabaq yarısının böyük bucaq sürətinin verdiyi impuls momenti qədər impuls momenti verəcəkdir, çünki qabaq ayaqların kütləsi fırlanma oxuna yaxın sıxılmışdır. Bu fırlanmaların istiqamətləri bir-birinə əksdir və hər iki impuls momenti qarşılıqlı ixtisar olunur və sıfıra bərabər tam momenti verir. Lakin bu vaxt pişiyin qabaq yarısı bir istiqamətdə, arxa yarısının əks istiqamətdəki dönməsindən xeyli güclü surətdə dönür.

Sonra pişik qabaq ayaqlarını aralayır, arxa ayaqlarını isə sıxır və əks tərəfə burulur. İndi arxa ayaqları böyük bucaq sürətilə, qabaq ayaqları isə kiçik bucaq sürətilə hərəkət edir, çünki arxa ayaqlar fırlanma oxuna yaxınlaşdırılır, qabaq ayaqlar isə ondan uzaqlaşdırılır. Bu ikinci mərhələdə, əlbəttə, pişiyin qabaq hissəsi arxa hissəsindən xeyli az dönəcəkdir. Bu mərhələnin sonunda pişik arxa ayaqlarını aralayıb, qabaq ayaqlarını isə sıxan vaxt, onun vəziyyəti lap əvvəldəki kimi olacaq, yalnız bütövlükdə pişik gözəçarpan bucaq qədər dönmüş olacaqdır. Bu cür hərəkətləri bir-birinin ardınca cəld təkrarlayaraq, pişik özünü fəzada düzgün istiqamətləndirir və ayaqları üzərində yerə enir.



(Q.Bondinin "Nisbilik və sağlam fikir" kitabı üzrə.)



sürətinin dəyişməsi də bir o qədər çox olur.

Nöqtədən fırlanma oxuna qədər məsafənin bu nöqtənin kütləsinə və hərəkət sürətinə, hasilinə, yəni məsafənin impulsa hasilinə bərabər olan $L = rp = rmv$ kəmiyyətinə baxılan nöqtənin verilmiş oxa nəzərən *impuls momenti* deyilir. Bərk cisim nöqtələr çoxluğundan ibarətdir. Onların sürətləri yalnız irəliləmə hərəkəti zamanı bərabər olur. Fırlanma zamanı nöqtənin sürətinin modulu fırlanma oxuna qədər olan r məsafəsilə düz mütənasibdir:

$$v = \omega r,$$

burada ω – bucaq sürətidir. v xətti sürətindən fərqli olaraq, ω bucaq sürəti bərk cismi əmələ gətirən bütün nöqtələr üçün eynidir, ona görə də impuls momentini ω ilə ifadə etmək daha yaxşıdır:

$$L = rmv = rm(\omega r) = mr2\omega = I\omega.$$

Burada I – ətalət momentidir. Baxdığımız təcrübədə impuls momenti saxlanır və ona görə də m kütləli hantelləri sinəsinə sıxmaqla (bununla r məsafəsini və I ətalət momentini azaldırıq), insan ω sürətini artırmış olur.

İmpuls momenti öz istiqamətini "saxlaya" bilər, çünki o, vektorial kəmiyyətdir. İkitəkərli velosipedin sükanı, əgər təkər fırlanmırsa, o tərəf-bu tərəfə asanlıqla dönür (bu zaman təkəri döşəmədən azca yuxarı qaldırmaq lazımdır ki, sükan sərbəst dönə bilsin). Əgər təkəri əvvəlcədən sərbəst əlimizlə fırlatmışıqsa, onda "sükanı döndərmək" qeyri-mümkündür.

Əgər sükanı yox, velosipedin ramasını döndərməyə çalışsaq, onda

FİZİKİ RƏQQAS

Tarazlıq vəziyyəti ətrafında ona təsir edən qüvvələrin təsiri altında rəqs edən bərk cismə rəqqas deyilir. Əgər rəqslər ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə baş verməlidirsə, onda rəqqasın oxu, onun ağırlıq mərkəzindən keçə bilməz. Əgər rəqqas ipdən asılmış yükdən ibarətdirsə və ipin kütləsi yükün kütləsi ilə müqayisədə nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçikdirsə, həm də bu zaman yükün ölçüləri ipin uzunluğundan nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olarsa, yəni yükə maddi nöqtə kimi baxmaq mümkün olarsa, onda belə rəqqas riyazi rəqqas adlanır. Bu şərtlər ödənmədikdə, rəqqas fiziki rəqqas adlanır.

Riyazi rəqqasın rəqslərinin periodu $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ hər bir məktəbliyə yaxşı tanışdır. Asqısının kütləsini nəzərdən atmaq mümkün olmayan fiziki rəqqasın periodunu necə hesablayaq? Bir ucundan şarnirin köməyilə bərkidilmiş bir cins sərt (xüsusi halda, metal) çubuq belə rəqqasa misal ola bilər. Çubuğu tarazlıq vəziyyətindən α bucağı qədər meyil etdirdikdə, mg ağırlıq qüvvəsi onu ilk halına qaytarmağa çalışır. Asılma nöqtəsinə nəzərən ağırlıq qüvvəsinin momentini hesablamaq olar. Çubuq bircins olduğundan, onun ağırlıq mərkəzi – ağırlıq qüvvəsinin tətbiq nöqtəsi – çubuğun ortasında yerləşir və ağırlıq qüvvəsinin qolu $l/2\sin\alpha$ bərabərdir. Beləliklə,

$$M = -mg\frac{1}{2}\sin\alpha.$$

"Mənfi" işarəsi ona görə meydana çıxdı ki, ağırlıq qüvvəsi rəqqası tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa, yəni α bucağının artma istiqamətinin əksi istiqamətində döndərməyə çalışır. Qüvvə momenti impuls momentinin dəyişməsini doğurur: $\frac{dL}{dt} = M$, lakin $L = I\omega$. Deməli,

$$M = I\frac{d\omega}{dt} = I\alpha''.$$

"İkiştrix" işarəsi burada zamana görə ikinci törəməni göstərir. Bircins çubuğun, onun ucuna (rəqqasın asılma nöqtəsinə) nəzərən ətalət momenti $I = \frac{ml^2}{3}$ bərabərdir. Bu qiyməti və ağırlıq qüvvəsi momentinin qiymətini yerinə yazaraq, aşağıdakı tənliyi alaraq:

$$-mg\frac{l}{2}\sin\alpha = \frac{ml^2}{3}\alpha''$$

və ya ixtisar etdikdən sonra,

$$\alpha'' + \frac{3}{2}\frac{g}{l}\sin\alpha = 0.$$

Tarazlıq vəziyyətindən kiçik meyil bucaqları zamanı $\sin\alpha \approx \alpha$ (əgər α radianlarla ifadə olunarsa). Belə sadələşməni edərək, harmonik rəqslərin tənliyinə gəlib çıxmaq olar:

$$\alpha'' + \frac{3g}{2l}\alpha = 0.$$

Bu tənlikdə α-nın qarşısında duran əmsal tsiklik tezliyin kvadratına bərabərdir. Buradan:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2}{3}\frac{l}{g}}.$$

Riyazi rəqqasın bütün kütləsi onun çəkisiz l uzunluqlu ipdə toplanıb, onda belə rəqqasın ətalət momenti $I = ml^2$, ağırlıq qüvvəsinin asılma nöqtəsinə nəzərən momenti isə $M = -mg\sin\alpha$. Bu ifadələri

$$M = I\frac{d\omega}{dt} = I\alpha''$$

tənliyində yerinə yazsaq, alarıq:

$$\alpha'' + \frac{g}{l}\sin\alpha = 0.$$

Əgər rəqsləri kiçik hesab edərək, sinusu onun arqumentilə əvəz etsək, nəticədə harmonik rəqslərin tənliyini alarıq:

$$\alpha'' + \frac{g}{l}\alpha = 0.$$

Belə rəqslərin periodu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

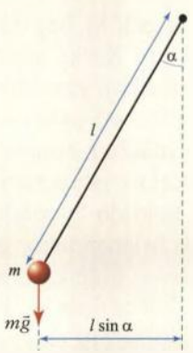
Əgər çubuğun uzunluğu riyazi rəqqasın çəkisiz ipinin uzunluğundan 3/2 dəfə böyükdürsə, onda periodların ifadələri bərabər olacaqdır.

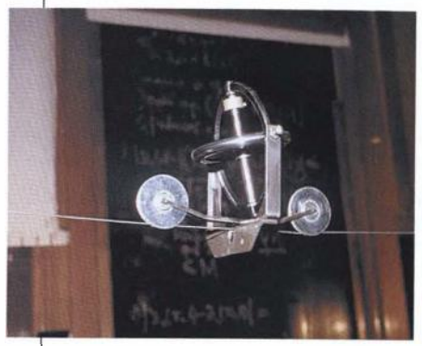
Bu, bircins çubuğun fiziki rəqqasın rəqslərinin xüsusi halı idi. Ümumi halda ağır asqı istənilən formaya malik ola bilər. Tutaq ki, C lövhəsinin ağırlıq mərkəzi asılma nöqtəsindən s məsafəsində yerləşir. Belə rəqqasın rəqslərinin periodu kiçik meyil bucaqlarında

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgs}}$$

ifadəsinə bərabərdir, burada I – asılma nöqtəsinə nəzərən ətalət momenti, s – asılma nöqtəsindən ağırlıq mərkəzinə qədər olan məsafədir. Fiziki rəqqas, uzunluğu $l = I/ms$ olan riyazi rəqqasın periodu ilə bərabər periodla rəqslər edir. Bu kəmiyyətə *rəqqasın gətirilmiş uzunluğu* deyilir.









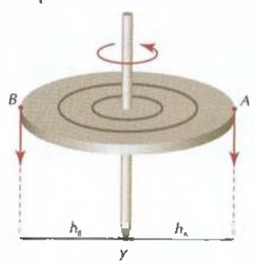
Fırlanan jiroskoplu arabacıq yıxılmır, baxmayaraq ki, onun ağırlıq mərkəzi məftildən yuxarıda yerləşib.

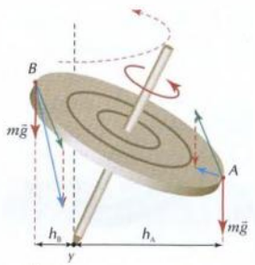
fantastik bir şey aşkar edərik: sükan təkəri fırlatdığımız andakı istiqaməti saxlamağa çalışaraq, öz-özünə dönəcəkdir. Təkərin fırlandığı müstəvi, onu döndərmək cəhdinə qarşı "müqavimət göstərir". Bu ona görə baş verir ki, fırlanan təkərin impuls momenti təkcə qiymətini (modulunu) yox, həm də istiqamətini saxlamağa çalışır. Bəs impuls momenti hara yönəlib? Fırlanan velosiped təkərinə baxdığımız halda impuls momenti təkərin oxu boyunca yönəlib və fırlanma istiqamətilə sağ burğu əmələ gətirir. ω bucaq sürəti də fırlanma oxu boyunca yönələn və onunla sağ burğu əmələ gətirən vektordur. Ona görə də impuls momentilə bucaq sürəti arasındakı əlaqə vektorial şəkildə aşağıdakı kimidir:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}.$$

Lakin, təəssüf ki, heç də həmişə bu cür sadə olmur. Xarici qüvvələr tətbiq etməklə (məsələn, yastıqlara bərkidilmiş ox tərəfindən) istənilən cismi elə fırlanmağa məcbur etmək olar ki, $\vec{L}$ və $\vec{\omega}$ vektorları istiqamətcə üst-üstə düşməsin. Şəkildə "yerindən çıxmış" ox ətrafında fırlanan təkər göstərilmişdir. Bu təkərin impuls momenti vektoru fəzada konus cızacaq, lakin onunla bucaq sürəti vektoru arasındakı əlaqə, əvvəlki kimi, $\vec{L} = I\vec{\omega}$ tənliyilə verilməyəcəkdir. Ümumi halda $\vec{L}$ və $\vec{\omega}$ vektorlarının istiqamətləri üst-üstə düşmədiyindən, aydındır ki, onları birləşdirən ətalət momenti I daha skalyar kəmiyyət olmayacaqdır. Ola bilsin ki, o, üç $\{I_x, I_y, I_z\}$ komponentlərindən ibarət vektordur? Bu da doğru deyil, çünki bu halda vektor hasilin qanunlarına görə vurulan vektorlar və nəticədə alınan vektor qarşılıqlı perpendikulyar olardı, lakin $\vec{L}$ və $\vec{\omega}$ vektorları bir-birinə nəzərən istənilən bucaq altında yönələ bilər.

Üfüqi yerləşmiş ox ətrafında fırladılmış jiroskop, hətta onu oxunun ucundan assaq belə, öz vəziyyətini saxlayır.





Ətalət momenti tenzorial kəmiyyətdir. Ümumi halda o, doqquz komponentdən ibarətdir və aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix}.$$

Bu və ya digər ox ətrafında fırlanma zamanı tenzorun uyğun komponentləri "işləyir", onlar da $L = I\omega$ yazılışında nəzərdə tutulmuşdur. Cismi başqa ox ətrafında fırlatmaq istədikdə başqa komponenti götürmək lazımdır.

Nə üçün ətalət momenti belə mürəkkəb kəmiyyətdir? Fiziki obyekt *anizotropikdirsə* (*yun.* "anizos" – "qeyri-bərabər" və "tropos" – "xassə"), fəza oxları X, Y, Z ilə verilən müxtəlif istiqamətlər boyunca xassələrin müxtəlifliyinə malik olan zaman, tenzorlar daxil etmək zərurəti yaranır. Tenzor, $\vec{L}$ və $\vec{\omega}$ vektorlarında olduğu kimi, modulca mütənasib, lakin istiqamətcə fərqlənə bilən iki vektorial kəmiyyəti öz aralarında birləşdirir. Bu halda anizotropiya cismin forması ilə şərtlənir. Əgər bərk cisim X, Y, Z oxlarından hər hansı birinə nəzərən simmetriyaya malik olarsa, onda ətalət tenzorunun uyğun komponentləri bir-birinə bərabər olur.

KELT DAŞININ SİRRİ

E.ə. I minillikdə Qərbi Avropada kelt tayfaları məskunlaşmışdılar. Arxeoloji qazıntılarda tapılmış daşlar (hesab edirlər ki, keltlər onlardan balta kimi istifadə edirmişlər) maraqlı xassəyə malikdir: kelt daşı bir tərəfə asanlıqla fırlanır, amma o biri tərəfə fırlanmaqdan "imtina edir". Əgər onu "düzgün olmayan" istiqamətdə bursaq, onda bir neçə dövr edərək, tez dayanır, bir neçə saniyə ləngər vurur və "düzgün" istiqamətdə fırlanmağa başlayır.

Kelt daşını özümüz düzəldə bilərik. Ellipsoidin yarısını götürmək (yumurtanın yarısı formasında olan cisim və ya, hətta dəstəyi qopardılmış xörək qaşığı da yarayar) və ona paralelepiped formasında hər hansı bir cismi elə bərkitmək lazımdır ki, bu cisimlərin uzununa oxları bir-birinə nəzərən 5-10° sürüşmüş olsun. Paralelepiped əvəzində metal mildən istifadə etmək olar. Kelt daşlarına təbiətdə, məsələn, xırda çay çınqıllarında rast gəlmək olur.

Kelt daşının sirri nədədir? İş ondadır ki, istənilən bərk cismin, onun kütlə mərkəzindən keçən üç qarşılıqlı perpendikulyar oxu var ki, cisim, onların hər biri ətrafında, digərləri ətrafında fırlanmadan, sərbəst fırlana bilər. Onlara baş oxlar deyilir. Cisim simmetriya oxlarına malik olduqda, baş oxlar onlarla üst-üstə düşür. Cismin I ətalət momentinin ən böyük və ən kiçik qiymətləri üç baş oxdan ikisi ilə üst-üstə düşən oxlar üçün alınır. Şəkildə Z oxu paralelepipedin ən böyük ətalət momentinə, X – ən kiçik, Y – aralıq ətalət momentinə uyğundur. Doğrudan da, cismin hissələri uyğun oxdan nə qədər uzaqda yerləşirsə, ətalət momenti bir o qədər böyük olur. Məsələn, paralelepipedin A və B hissələri Y oxuna nisbətən Z oxundan uzaqda, X oxuna nisbətən isə Y oxundan uzaqda yerləşir.

Baxmayaraq ki, cisim istənilən baş ox ətrafında sərbəst fırlana bilir, bu heç də həmişə dayanıqlı fırlanma olmur. Real şəraitdə istənilən hərəkət böyük olmayan həyəcanlanmalara məruz qalır. Məlum olur ki, cismin ən böyük və ən kiçik ətalət momentli baş oxları ətrafındakı fırlanması dayanıqlıdır. Cismi aralıq ətalət momentli ox ətrafında fırlanmağa məcbur etmək isə, karandaşı iti ucu üstündə durmağa məcbur etmək qədər çətindir (baxmayaraq ki, bu, sırf nəzəri mümkündür); belə hərəkət dayanıqsızdır.

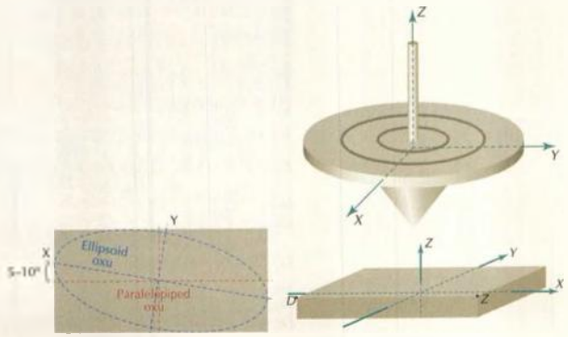
Əgər cisim, məsələn, oyuncaq fırfıra kimi, dairəvi simmetriyaya malikdirsə, onda onun yalnız bir oxu dayanıqlı fırlanmaya uyğun olur. Maksimal ətalət momentli bu ox fırfıranın oxu ilə üst-üstə düşür, digər iki ox isə heç nə ilə fərqlənmir və ixtiyari seçilir. Onların ətrafında fırlanma dayanıqsız olacaqdır.



Kelt daşı ellipsoidin yarısı formasında olan oturacağı üzərində fırlanır. Ellipsoidin üç simmetriya oxundan yalnız biri – şaquli ox – bütün daşın baş oxunun istiqamətilə üst-üstə düşür. Digər iki baş ox simmetriya oxlarından kənara, üstdə duran paralelepipedin sürüşdüyü tərəfə sürüşmüşdür. Əgər dib sfera olsaydı, bunun heç bir əhəmiyyəti olmazdı. Lakin ellipsoid iki baş oxu istiqamətində müxtəlif əyrilik radiuslarına malikdir. Şaquli ox ətrafında fırlanma dayanıqsızdır. "Düzgün olmayan" istiqamətdə fırlanma zamanı kiçik həyəcanlanmalar sürətlə böyüyür və ellipsoidi Y oxu ətrafında rəqs etməyə məcbur edir. Sürtünmə qüvvələri bir istiqamətdə fırlanmanı tormozlayır və sonra əks tərəfə fırlanma doğurur. Fırlanma başlayan kimi, sürtünmə qüvvələri rəqsləri söndürür. "Düzgün olan" istiqamətdə fırlanma zamanı analoji proses həyəcanlanır, lakin indi rəqslər X oxu ətrafında baş verməlidir. Əgər daş belə tez dayanmasaydı, onda daşın fırlanmasının istiqamətinin tez-tez dəyişdiyini müşahidə etmək olardı.



Kelt daşı.





FIRFIRANIN SİRRİ

Oyuncaq fırfıranın davranışı yüksək dərəcədə təəccüblüdür. Əgər o hərlənmirsə, onda onu oxu üzərində durmağa məcbur etmək qeyri-mümkündür: fırfıra yıxılır. Əgər elə fırlada bilsək ki, fırfıranın fırlanma oxu tam şaquli olsun, onda fırlanma zamanı o nəinki yıxılmır, əksinə, öz oxunun vəziyyətini dəyişmək cəhdlərinə qəribə müqavimət göstərir. Ona görə də fırlanan fırfıranı, zərbənin onu yıxacağından ehtiyat etmədən qamçılamaq olar. Lakin əgər fırfıranın oxunu bir qədər əyib, onu fırlatsaq, onda ox fırfıra istiqamətində fırlanacaq, ancaq kiçik bucaq sürətilə. Nə üçün belə olur?

Fırfıra ciddi şaquli olaraq fırlanırsa, onda onun *A* və *B* əks nöqtələrinə təsir edən ağırlıq qüvvələri qiymətcə bərabərdir və fırfıranın *O* dayaq nöqtəsindən keçən fırlanma oxuna nəzərən bərabər qollara malikdir. Ona görə də ağırlıq qüvvəsi hər cüt nöqtə üçün eyni aşırıcı təsirlər – dayaq nöqtəsinə nəzərən qüvvə momentləri yaradır. Nəticədə impuls momentinin saxlanması qanunu sayəsində fırfıra şaquli və dayanıqlı fırlanmaqda davam edir.



Fırfıra, oxu meyilli olmaqla fırlanan zaman məsələ başqa cürdür. *A* və *B* nöqtələrinə təsir edən ağırlıq qüvvələri, əvvəlki kimi, qiymətcə bərabərdir, lakin onların *O* dayaq nöqtəsindən keçən şaquli xəttə nəzərən qolları indi fərqlidir! Bu qüvvələrin əvəzləyici momenti oyuncağı aşırmağa çalışır və o, demək olar ki, nail olur: *A* və *B* nöqtələrinin impulsuna, onların fırlanması ilə şərtlənən və onunla müqayisədə böyük olmayan, aşağı yönəlmiş impuls əlavə olunur. Əvəzləyici impuls fırfıranın oxunu şaquli ox ətrafında, fırfıranın özünün fırlandığı tərəfə fırlanmağa məcbur edir. Xarici qüvvənin təsiri ilə fırfıra oxunun bu cür hərəkəti *presessiya* (*lat.* praecessio – "önündə getmə") adlanır.

Presessiya fırfıranın yeganə mümkün hərəkəti deyildir. Presessiya təmiz şəkildə yalnız o zaman müşahidə olunur ki, təkər çox şəliqə ilə, təkanlarsız işə salınsın. Əks halda, təkərin oxu presessiya edərək, əlavə tsikloid (avtomobil təkərinin sürüşməsiz hərəkəti zamanı, təkər nöqtəsinin cızdığı əyri) də cızır. Fırfıranın rəqsə bənzəyən belə hərəkəti *nutasiya* (*lat.* nutatio – "yırğalanma", "rəqs") adlanır. Adətən bu çox sürətli və göz üçün seçilməz bir hərəkətdir (ona görə də biz onu uşaq fırfırasında müşahidə etmirik), bir də ki oxun bərkidildiyi nöqtədə labüd olan sürtünmə hesabına tez sönür.

Yer kürəsi də qütblərindən bir qədər basılmış böyük fırfıradır. Onun fırlanma oxu Yer orbiti müstəvisinə 23°27' bucaq altında meyillidir və presessiya edir. Presessiyanın periodu – bizim planetin oxunun tam konus cızmasına sərf olunan zaman müddəti – 26 min ildir. Göstərilən vaxtın yarısı – 13 min il ərzində Yer oxu əks tərəfə meyil etmiş olacaqdır.

Bu, o deməkdirmi ki, Şimal yarımkürəsində yaşayan gələcəyin şagirdləri yay tətillərini yanvarda keçirməlidirlər? Əlbəttə, yox. Təqvimdə Yer orbiti boyunca ilin fəsillərinin sürüşməsi nəzərə alınır. Bunun üçün uzun illər daxil edilir (lakin heç də hər dördüncü il yox; məsələn, 1900-cü il uzun il olmamışdı), 1998-ci ildə isə biz tam bir əlavə saniyə yaşadıq. Ümumiyyətlə, təqvim çox mürəkkəb şeydir və ən çoxu da ona görə ki, Yer özünü fırfıra kimi aparır.

Lakin bəzi dəyişikliklər hər halda baş verəcəkdir. Məsələn, Yer orbiti bir az uzunsov olduğuna görə, Yer yanvarda iyula nisbətən Günəşə bir neçə milyon kilometr daha yaxındır; ona görə də Şimal yarımkürəsində yay Cənub yarımkürəsinə nisbətən sərin, qış isə istidir. 13 min ildən sonra əksinə olacaqdır. Biz ulduzlara görə istiqamət götürəndə bilirik ki, Kiçik Ayı bürcü "parçının dəstəyində" yerləşən Qütb ulduzu şimalı göstərir. Qədim yunanlara isə şimalı Qütb ulduzu yox, Böyük Ayı bürcünün β ulduzu göstərirdi. Bir neçə min il keçəcək və Qütb ulduzunun yerini Lira bürcündəki baş ulduz – Veqa tutacaqdır. Bunun hamısı ona görədir ki, presessiya gedişində Yerin oxu müxtəlif ulduzları "seçir".



Lakin ən böyük məyusluq horoskop həvəskarlarını gözləyir. "Yer fırfırasının" presessiyaları nəticəsində Günəşin bu və ya digər bürcdən keçmə tarixləri yavaş-yavaş, lakin həmişə dəyişir. Ona görə də Orta əsr astroloqlarının Zodiakın müəyyən işarələri ilə əlaqədar olan öncəgörmələri indi o dövrdəkinə nisbətən təqvimin başqa tarixlərinə aiddir.

HƏRƏKƏTƏ MÜQAVİMƏT VƏ SÜRTÜNMƏ QÜVVƏLƏRİ

ARİSTOTEL HAQLIDIRMI?

"Hər bir cisim öz sükunət halını və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət halını, başqa cisimlərin təsiri ilə bu halı məcburi dəyişmə qədər saxlayır". Bu hökm tərpənməz cisimlər üçün aydındır – o, kənardan kömək olmadan heç yerə tərpənən deyil.

Lakin təcrübə təsdiq edir ki, əgər özbaşına buraxılmış cisim hərəkətə başlayıbsa, onda o, gec və ya tez dayanacaqdır. Belə çıxır ki, Aristotel haqlıdır: cismin bərabərsürətli hərəkət etməsi üçün onu həmin hərəkətin istiqamətində dartmaq və ya itələmək lazımdır. Yalnız Qaliley və Nyuton cismin istənilən "sərbəst" hərəkətinin müşahidə olunan yavaşımasını, *müqavimət qüvvələrinin* ona təsirilə izah etdilər. Aristotelin hərəkəti mühafizə etmək üçün zəruri saydığı qüvvə əslində yalnız müqavimət qüvvələrini neytrallaşdırır.

İsaak Nyuton ətalət prinsipini birdəfəlik isbat etmək üçün "əbədi hərə-



Aristotelin "Fizika haqqında" əsəri. Yunan əlyazması. XV əsr.

Mühitin müqaviməti yalnız ətalət prinsipinin yox, həm də ümumdünya cazibə qanununun başa düşülməsini "pərdələyir". Adi şəraitdə polad kürəcik quş lələyinə nisbətən Yerə xeyli tez düşür. Bu cisimlərin yalnız havası sorulmuş şüşə boruda eyni zamanda düşməsi Qalileyin və Nyutonun haqlı olduqlarını inandırıcı surətdə sübut edir.

kətə" nümunə axtarırdı. O, diqqətini göy cisimlərinə yetirdi, axı onlar vakuumda, praktik olaraq, müqavimətsiz hərəkət edir. Məsələn, Yer özünün mövcud olduğu müddətdə Günəşin ətrafında milyardlarla dövr etmişdir. Bununla belə, onun orbiti, demək olar ki, dəyişməmişdir. Göy cisimlərinin hərəkətini təsvir etmək üçün İsaak Nyutona ümumdünya cazibə qanununu müəyyən etmək "lazım gəldi". Belə çıxır ki, müqavimət qüvvələrinin mövcudluğunun özü mexanikanın inkişafını stimullaşdırmışdır.

ÖN MÜQAVİMƏT

Bizim planetdə hər cür yerdəyişmə ya havada, ya da suda baş verir və hərəkət edən cismə həmişə, onun ətraf mühitə nəzərən hərəkət istiqamətinin əksinə yönələn qüvvə təsir edir. Bu qüvvə *ön müqavimət* adlanır. Məhz onun ucbatından istənilən nəqliyyat vasitəsinin düzxətli hərəkətini mühafizə etmək (qorumaq) üçün mühərrikin işləməsi gərəkdir: mühərriki söndürsək, cisim sürətini itirər və dayanar.

Ön müqavimət cismin forma və ölçülərindən, mühitin xassələrindən və ən vacibi nisbi hərəkətin sürətindən asılıdır. Cismin kiçik ölçülərində və yavaş hərəkətində $F_{müq}$ müqavimət qüvvəsi v sürətilə mütənasibdir:

$$\vec{F}_{müq} = -\beta\vec{v} = -C_1\eta l\vec{v}.$$

Əgər maye və ya qaz hərəkət edən cismi səlis əhatə edərək axırsa, onda müqavimət qüvvəsinin bu asılılığı ödənir. C_1 əmsalı cismin forması ilə, l "effektiv uzunluğu" isə onun ölçülərilə təyin olunur. Kiçik kürəcik üçün l onun radiusuna bərabərdir və $C_1 = 6\pi$-dir. Beləliklə, $\vec{F}_{müq} = -6\pi\eta r\vec{v}$ (Stoks düsturu). η – sabiti cismin hərəkətinə mühitin müqavimət göstərmə qabiliyyətini xarakterizə edir və *özlülük* (və ya *daxili sürtünmə*) adlanır. Özlülük mayenin (qazın) bir-birinə nəzərən sürüşən qonşu təbəqələri arasındakı sürtünməni xarakterizə edir (bu barədə daha ətraflı "Maye və qazların mexnikası" bölməsində danışılmışdır).

Əgər hərəkət edən cismin sürəti müəyyən böhran qiymətini aşarsa, onda onun ön müqaviməti artıq sürətin birinci dərəcəsilə deyil, kvadratı ilə mütənasib olacaqdır:

$$\vec{F}_{müq} = -\alpha v\vec{v} = -C_2\rho Sv\vec{v}.$$

Bu ifadədəki C_2 əmsalı C_1-ə nisbətən xeyli çox cismin formasından asılıdır. Müqavimət qüvvəsinin qiyməti $F_{müq}$, mühitin ρ sıxlığının cismin en kəsiyinin S sahəsinə hasili ilə düz mütənasibdir. Bu halda müqavimət

PARAŞÜT

Ön müqavimət sayəsində insan paraşütdən istifadə etməklə yüksək hündürlükdən tullana bilər. Uzun sürən tullanış zamanı paraşütü dərhal açmırlar. Tullanışın ilkin mərhələsində havanın müqaviməti insan bədəninin forma və ölçülərilə təyin olunur. Eksperimental ölçmələrə görə bu halda α əmsalı təxminən 0,2 kq/m təşkil edir. Tutaq ki, adamın kütləsi 70 kq-a bərabərdir, onda onun düşmə sürəti 60 m/san olacaqdır. Bu cür sürət paraşütçü 500 m-ə yaxın məsafə düşdükdən sonra qərarlaşır. Lakin o, belə sürətlə axıra qədər düşməkdə davam etsəydi, onda o, yerə dəyib aldığı zərbədən məhv olardı.

Paraşütün xüsusi forması və en kəsiyinin böyük sahəsi 6 m/san-yə qədər düşmə sürətini azaldır. Bu sürət tamamilə təhlükəsizdir: 2 m-ə yaxın hündürlükdən paraşütsüz tullanan adam yerə həmin sürətlə enir.



MAYE VƏ QAZLARDA SÜRTÜNMƏNİN TƏBİƏTİ

Mayenin hər bir molekulu hər tərəfdən onun diametri tərtibində məsafələrdə yerləşən öz yaxın qonşuları ilə sıx əhatə olunmuşdur. Molekul tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqs edir, sonra isə cəld yeni rəqs mərkəzinə sıçrayır. Bir saniyə ərzində molekul oturaq həyat yerini təxminən 100 mln dəfə dəyişməyə macal tapır və sıçrayışlar arasında 1 mindən 100 minə qədər rəqs edir. Molekullararası qarşılıqlı təsir güclü olduqca, molekulların mütəhərrikliyi bir o qədər aşağı, mayenin özlülüyü isə bir o qədər çox olur.

Əgər rəqs edən molekula sabit xarici qüvvə təsir edirsə (deyək ki, hərəkət edən qonşu təbəqə tərəfindən), onda bu qüvvənin istiqamətində, əks istiqamətə nisbətən, zərrəcik daha çox sıçrayışlar edəcək.

Ona görə onun xaotik gəzintisinə

$$v = (N_1 - N_2)\delta,$$

sürətlə baş verən nizamlı yerdəyişmə də əlavə olunacaqdır, burada δ – bir sıçrayışın uzunluğu, N_1 və N_2 – bir saniyədə uyğun olaraq qüvvə istiqamətindəki və əks istiqamətdəki sıçrayışların orta sayıdır. Tətbiq olunan qüvvə baxılan zərrəciyin aralarına girdiyi molekulları aralamaq üçün iş görür. Son nəticədə bu iş molekulların nizamsız istilik hərəkəti sürətinin artmasına sərf olunur. Nizamlı hərəkət sürəti v zaman keçdikcə dəyişmir, yəni xarici qüvvənin təsirinə baxmayaraq, mayenin axını bərabərsürətli olur. Deməli, tətbiq olunan qüvvəni məhz özlülüklə təyin olunan müqavimət qüvvəsi tarazlaşdırır.

Temperaturu artıranda molekulların mütəhərrikliyi artır. Bu müqavimət qüvvəsinin azalmasına gətirib çıxarır, çünki qızmış mayedə zərrəciklərin tətbiq olunan qüvvə istiqamətində yerdəyişməsi üçün daha tez əlverişli şərait yaranır. Bu ona bənzəyir ki, tərpənməz izdihama nisbətən nizamsız hərəkət edən insanlar izdihamında adamın özünə yol tapması daha asandır.

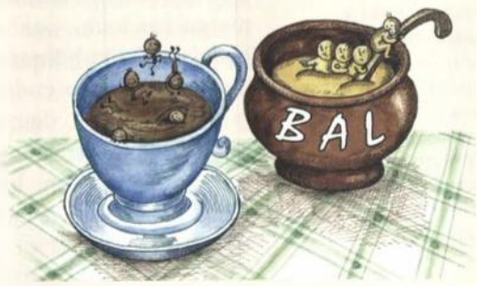
Qazlar dad özlülüyə malikdir, lakin o, mayelərdəkindən fərqli səbəblərlə şərtlənmişdir. Qaz molekulları arasındakı orta məsafə adətən xeyli böyükdür və onlar vaxtlarının çox hissəsində sərbəst yerini dəyişir, nadir hallarda bir-birilə toqquşur. Molekulların ardıcıl toqquşmaları arasındakı məsafə (sərbəst qaçış yolunun uzunluğu) min dəfələrlə onların ölçülərindən böyükdür.

Qazın qonşu təbəqələri bir-birinə nəzərən sürüşərkən, onlar arasında molekullarla mübadilə baş verir ki, bunun nəticəsində yavaş təbəqələr sürətlənməli, sürətli təbəqələr isə yavaşımalıdır. Paralel yollarla eyni istiqamətdə hərəkət edən iki dəmiryol platformasının hərəkətinə baxmaqla, bu prosesin mahiyyətini anlamaq olar. Platformalardan biri yeyin, digəri yavaş hərəkət edir. Onlar bir platformadan digərinə sıçrayan sərnişinləri daşıyır. "Yavaş" platformadan "yeyin" platformaya sıçrayan adama platforma hərəkət istiqamətində müəyyən qüvvə ilə təsir etməlidir ki, onu sürətləndirsin və onun sürətini öz sürətinə bərabərləşdirsin. Bu zaman platformanın özü də adamın əks təsirinə məruz qalır; bu əks təsir platformanın hərəkətini yavaşıdır. Əksinə, "yeyin" platformadan "yavaş" platformaya düşən adam onu sürətləndirir. Beləliklə, sərnişinlərlə mübadilə platformaların sürətlərinin bərabərləşməsinə səbəb olur.

Qazın özlülüyü aşağıdakı münasibətlə ifadə olunur:

$$\eta = \frac{1}{6}\rho\lambda v_t,$$

burada v_T – qaz molekullarının istilik hərəkətinin orta sürətidir. Qazın sıxlığı böyük olduqca, sərbəst qaçış yolunun uzunluğu bir o qədər kiçik olur ($\lambda \sim 1/\rho$), ona görə də qazın özlülüyü sıxlıqdan və onunla mütənasib olan təzyiqdən asılı deyil. Bununla bərabər, molekulların orta kinetik enerjisi $\frac{mv_t^2}{2}$ qazın mütləq temperaturu T ilə mütənasibdir. Deməli, vT istilik sürəti (onunla bərabər η özlülük) $\sqrt{T}$ ilə mütənasibdir; $\eta \sim \sqrt{T}$. Beləliklə, mayelərdən fərqli olaraq, qazları qızdırdıqda onların özlülüyü artır.



maye təbəqələrinin qarşılıqlı sürtünməsi sayəsində yox, cismin önündə və arxasındakı təzyiqlər fərqi nəticəsində yaranır. Cismin önündəki (burada maye sükunətdədir) təzyiq, onun arxasındakı (burada maye burulğanlar şəklində böyük sürətlə hərəkət edir) təzyiqdən $\frac{\rho v^2}{2}$ kəmiyyəti qədər böyükdür.

Böyük sürətlərdə ön müqavimət Arximed qüvvəsi ilə eyni təbiətə malik





Mühitin müqavimət qüvvəsinin cismin hərəkət sürətindən asılılıq qrafiki.

olur. Sonuncu da cismin altındakı və üstündəki təzyiqlər fərqinin nəticəsidir, ancaq burada təzyiqlər fərqi, sürətlər fərqi hesabına yox, ağırlıq qüvvəsinin təsiri hesabına yaranır.

Beləliklə, ön müqavimət sürətdən belə asılıdır:

$$\vec{F}_{muq} = \begin{cases} -\beta\vec{\upsilon}, \ \upsilon < \upsilon_{böh} \\ -\alpha\upsilon\vec{\upsilon}, \ \upsilon > \upsilon_{böh} \end{cases},$$

burada, $\upsilon_{böh}$ – sürətin böhran qiymətidir; sürətin bu qiymətində bir qanunauyğunluq digərini əvəz edir. $\upsilon_{böh}$ qiyməti cismin forma və ölçüləri ilə, həmçinin mayenin (və ya qazın) özlülüyü və sıxlığı ilə təyin olunur. Deməli, $\upsilon_{böh}$ qiyməti $\frac{\eta}{\rho}$ nisbətindən asılıdır; bu nisbət *kinematik özlülük* adlanır. Eyni bir cisim üçün böhran sürəti havadakı hərəkəti zamanı sudakından 14 dəfə böyük olur. Bu o deməkdir ki, $F_{müq}$ və υ arasındakı düz mütənasiblik, sudakı hərəkətə nisbətən, havadakı hərəkət zamanı, xeyli böyük sürətlər üçün saxlanır.

$F_{müq}$ (υ) asılılığının qrafiki koordinat başlanğıcından keçir, çünki tərpənməz cisimlərə müqavimət qüvvəsi təsir etmir. Bu *mayeli sürtünmənin* əsas əlamətidir; onun sayəsində üzən cisim hətta ən kiçik təsir nəticəsində də hərəkətə gəlir. Məsələn, zəif külək nəhəng aysberqlərin hərəkətini müha-



fizə edə bilər; aysberqlər hətta sakit havada da okeanda yavaş-yavaş dreyf edərək, dəniz gəmiləri üçün böyük təhlükə yaradır ("Titanik"in faciəsini yada salmaq kifayətdir).

Mühitin hərəkət edən cisimlərin sürətini "yeyən" müqaviməti heç də həmişə mənfi rol oynamır. O, məsələn, Yeri meteoritlərin axınından qoruyur, çünki meteoritlər atmosferin sıx qatlarında yanır.

QURU SÜRTÜNMƏ VƏ SÜKUNƏT SÜRTÜNMƏSİ

Heç də yalnız özlü mühit hərəkətə müqavimət göstərmir. Bir bərk cisim digər bərk cismin səthi üzrə sürüşən zaman da müqavimət yaranır. Əgər bərk səthlər və ya cisimlər arasındakı bərk təbəqələr (oksid təbəqələri, polimer örtüklər) toxunursa, onda sürtünmə *quru sürtünmə* adlanır.

Bərk cisimlərin toxunma səthləri boyunca təsir edən sürtünmə qüvvəsi cismin sürüşməsinin əksinə yönəlib. Lakin elə fikirləşmək lazım deyil ki, sürtünmə həmişə hərəkətə mane olur – çox vaxt o hərəkətə kömək edir.

Avtomobil təkərləri fırlanarkən şinin yer səthilə sürtünmə qüvvəsi, təkərlərin sürüşməsinə mane olur, yol tərəfindən şinə təsir edir və avtomobilin irəliləmə hərəkətini təmin edərək, irəli yönəlir. Sürtünmə çox olduqca, uyğun sürtünmə qüvvəsi də böyük olur, ona görə də sürtünməni azaltmağa yox, artırmağa çalışırlar, yol örtüyünü kələ-kötürlü edirlər, şinlərin səthinə relyefli xətlər (protektorlar) çəkirlər. Yadınıza salın ki, sürüşkən yolla getmək nə qədər çətindir, ya da buz üzərində və ya bataqlıqda duran avtomobil təkəri yerində necə sürüşür: baxmayaraq ki, mühərrik təkərləri müntəzəm fırladır.

Quru sürtünmənin qiymətini nə təyin edir? Gündəlik təcrübə təsdiq edir: cisimlərin səthlərini bir-birinə nə qədər güclü sıxsaq, onların qarşılıqlı sürüşməsini doğurmaq və davam etdirmək bir o qədər çətin olur (məsələn, stolun üstündə duran qalın kitabın səhifələri arasına qoyulmuş kağız vərəqi, kitabın aşağı hissəsinə nisbətən, yuxarı hissəsindən dartıb çıxarmaq daha asandır). Qonşu cisim tərəfindən sürtünən səthə təsir edən sıxıcı qüvvə bu səthə perpendikulyardır və *normal təzyiq qüvvəsi* adlanır.

1781-ci ildə Şarl Kulon o dövrdə mexanizmlərin mühüm hissələri olan detalların və iplərin sürtünməsini öyrənərək, eksperimental olaraq müəyyən etmişdir ki, sürtünmə qüvvəsi sıxıcı qüvvə N ilə düz mütənasibdir:

$$F_{sür} = \mu N.$$

Mütənasiblik əmsalı μ – *sürtünmə əmsalı* – toxunan səthləri kələ-kötürlüyü ilə təyin olunur; daha hamar səthlər üçün o, kiçik olur. Məsələn, xokkey ağacı ilə zərbədən sonra sürüşən şayba taxta döşəmə üzərində, buz üzərindəkinə nisbətən tez dayanır.

Quru sürtünmənin mayeli sürtünmədən ən mühüm fərqi sürətin sıfıra qədər azalması zamanı onun davranışıdır. Əgər stol üzərində duran çox ağır kitaba böyük olmayan üfüqi qüvvə tətbiq etsək, kitab yerindən tərpənməyəcək. Bu o deməkdir ki, hərəkət olmadıqda da cismə $F^0_{sürt}$ sükunət sürtünmə qüvvəsi təsir edir və o, qalan qüvvələrin təsirini kompensasiya edir. Səth boyu yönələn xarici təsir böyük olduqca, bu qüvvə də bir o qədər böyük olur. Lakin o, heç də sonsuz artmır (əgər cisim yapışdırılmayıbsa), normal təzyiq qüvvəsindən asılı olan limitə çatır:

$$\max\{F^0_{sürt}\} = \mu_0 N,$$

burada μ_0 *sükunət sürtünmə əmsalı*, μ sürüşmə sürtünmə əmsalından bir qədər böyükdür. Əgər xarici qüvvələr bu maksimal qiymətdən böyük olarsa, onda cisim təcillə hərəkət etməyə başlayır. Beləliklə, sükunət sürtünmə qüvvəsi aşağıdakı bərabərsizliklə məhdudlanmış olur:

$$F_{sürt}(\upsilon = 0) \le \mu_0 N.$$

O, təsir edən qüvvələrdən asılı olaraq sıfırdan $\mu_0 N$-ə qədər istənilən qiymət ola bilər.

Quru sürtünmənin özülü sürtünmədən daha bir maraqlı fərqi var: bu qüvvə sürtünən səthlərin toxunan sahələrindən asılı deyil. Əgər kərpic maili dam üzrə aşağı sürüşürsə, onda onun təcili, kərpicin yanı üstə, dikinə və ya arxası üstə hərəkət etməsindən asılı deyil. Bu cür gözlənilməz davranışın səbəbi nədir?

Sürtünmə cisimlərin toxunan hissələrinin qarşılıqlı təsiri sayəsində yaranır. Hətta cilalanmış bərk səthdə də nizamsız yerləşmiş mikroskopik çıxıntı və çuxurlar vardır. Onların hündürlüyü (və ya dərinliyi) yüzlərcə atom diametri tərtibindədir; əgər onlar daha kiçik olsaydı, onda bir-birinə toxunan səthlər molekullararası cazibə nəticəsində yapışardı. Həqiqətdə bərk cisimlərin toxunması bütün səth üzrə yox, yalnız ayrı-ayrı "təmas ləkələrində", yəni çıxıntıların təpələrində baş verir. Yekun real təmas sahəsi ümumi "toxunma sahəsindən" 100-1000 dəfə kiçikdir.





Şinin səthində relyef cizgiləri sürtünməni artırmağa xidmət edir.

SÜRTÜNMƏ VƏ AVTOMOBİL

Avtomobil sürətini artıran zaman, mühərrikin fırlatma təsiri müəyyən qüvvə momentləri şəklində aparıcı təkərlərə ötürülür. Bu momentin təsiri altında onlar dönür, onların yol ilə toxunma nöqtələri isə geri sürüşməyə çalışır. Nəticədə irəli, mümkün sürüşmənin əksinə yönələn sürtünmə qüvvəsi yaranır. Avtomobili məhz o sürətləndirir.

Arzuedilən sürət əldə olunduqdan sonra, sürücü qazı buraxır, yəni təkərlərə ötürülən momenti minimuma qədər, ön müqavimətini yastıqlardakı və şinlərdəki diyirlənmə sürtünməsini dəf etməyə kifayət edən minimuma qədər azaldır.

Sürəti azaltmaq və ya avtomobili tamam dayandırmaq üçün təkərlərin diskinə kələ-kötürlü tormoz qəliblərini sıxırlar. Bu zaman sürüşmə sürtünmə qüvvəsinin təkərlərin fırlanmasını yavaşıdan momenti meydana çıxır. Çox vaxt tormozlanma olduqca təhlükəli hadisə ilə – kənara atılma ilə müşayiət olunur (məsələn, təcrübəsiz sürücü axıra qədər tormozu basır və təkərlər diyirlənmədən sürüşməyə başlayır). Kənara atılma zamanı hətta kiçicik təsadüfi təsir belə cismi əsas sürüşmə istiqamətinin eninə hərəkət etməyə məcbur edə bilər.

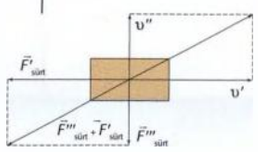
Sürüşən cismə təsir edən qüvvələrə baxsaq, onda kənara atılmanın (zanosun) nə üçün baş verdiyini anlamaq olar. Tutaq ki, tormozlanma zamanı avtomobil yolda $\vec{v}'$ sürətilə sürüşür. Ona təsir edən $\vec{F}'_{sürt}$ sürüşmə sürtünmə qüvvəsi $\vec{v}'$ vektorunun əksinə yönələcəkdir. Əgər əsas, uzununa sürüşmə ilə yanaşı, kiçik $\vec{v}''$ sürətilə yana əlavə sürüşmə də meydana çıxarsa (məsələn, yolun meyilliyi nəticəsində), onda eninə sürüşmənin əksinə yönələn əlavə $\vec{F}''_{sürt}$ qüvvəsi yaranır. Lakin tam sürtünmə qüvvəsi $\vec{F}_{sürt} = \vec{F}'_{sürt} + \vec{F}''_{sürt}$ yekun $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}''$ sürətinin əksinə yönəlməli və μN-dən böyük olmayan qiymətə malik olmalıdır. Ona görə də uzununa sürtünmə qüvvəsi $\vec{F}'_{sürt}$ bir qədər azalır, eninə sürtünmə isə v sürətilə mütənasib olub, quru sürtünmədən daha çox mayeli sürtünməyə bənzəyəcəkdir.

Avtomobil təkərləri bataqlıq yolda yerində fırlanan zaman da kənara atılma (zanos) ola bilər. Təkərlərin fırlanma sürətini və sürətin artması ilə isə sürüşmə sürtünmə qüvvəsini artıraraq (yavaş da olsa), irəliyə hərəkət etmək olar. Əgər sərnişinlər və ya yoldan keçənlər arxadan avtomobili itələməklə bu hərəkətə kömək etməyə çalışarlarsa, onda avtomobil təsadüfi təsirlər nəticəsində yoldan çıxmağa və ya o tərəf-bu tərəfə "vurnuxmağa" başlayır.

Bəzi maşınlarda qəlibləri tormoz diskinə sıxan, F qüvvəsini avtomatik tənzimləyən və təkərlərin təcrid edilməsinə yol verməyən əks-sürüşmə qurğusu var. Bunun sayəsində tormoz momenti, sürücü pedalı hansı qüvvə ilə sıxır sıxsın, böhran qiymətini (diyirlənmədən sürüşmənin baş verdiyi) aşa bilməz.

Avtomobildə sürtünmə heç də yalnız tormozlanma və sürət artırma zamanı işləmir. Qabaq təkərləri döndərərək, sürücü hərəkət istiqamətini dəyişdirən sürtünmə qüvvəsini "işə salır". Sürtünmə təkərlərin yol örtüyü ilə ilişməsini təmin edir və təkərlərin fırlanma hərəkətini avtomobilin irəliləmə hərəkətinə çevirir.



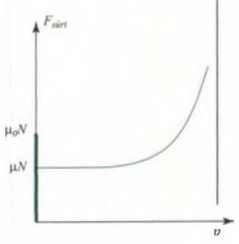


Bir halda ki, təmas zonasının sahəsi kiçikdir, onda sıxıcı qüvvənin yaratdığı təzyiq çox böyük olur və çıxıntılar yastılanır. Onların ümumi sahəsi artır və hər kontakt sahəsinə olan təzyiq azalır. Ümumi sahə böyük olduqca, təpəciklər bir o qədər çox olur və onların hər birinə ümumi ağırlığın bir o qədər az hissəsi düşür. Ona görə də ayrıca "təmas ləkəsinin" deformasiyası azalır. Beləliklə, cisimlərin real toxunma sahəsi səthlərin ümumi sahəsindən yox, yalnız bu cisimləri bir-birinə sıxan qüvvədən asılıdır.

Sürüşmə yarananda sonra "yapışma ləkələrindəki" çıxıntılar hərəkət istiqamətində əyilir. Beləliklə, onlar bir-birlərini basıb əzir, kontakt zonalarında yaranan "körpücüklər" isə arasıkəsilmədən dağılır və yenidən əmələ gəlir. Hər bir "təmas ləkəsi" – *friksion rabitə* – qısa vaxt ərzində mövcud olur. Bərk cisimlər sürüşərkən mikro kələ-kötürlüklər dağılır, sürtü-







Quru sürtünmə qüvvəsinin toxunan səthlərin nisbi sürüşmə sürətindən asılılığı.

Bu asılılığın ən xarakterik xüsusiyyəti $v = 0$ olduqda "pillənin" olmasıdır. Bu zaman sürtünmə qüvvəsi $-\mu_0 N$ və $\mu_0 N$ arasında istənilən qiymət ala bilər. Kiçik sürətlərdə sürüşmə sürtünmə qüvvəsi sükunət sürtünmə qüvvəsindən kiçik olur. Ona görə də ağır cismi yerindən tərpətmək, onu sürüşdürməkdən çətindir.

nən səthlər daha hamar olur – cilalanır və pardaqlanır.

Quru sürtünmə səthlərin qızmasına gətirib çıxarır, çünki çıxıntıların deformasiyası zamanı ayrılan istilik maddənin dərinliklərinə yayılmağa macal tapmır. Bu nazik səth təbəqəsinin yumşalmasına səbəb olur, yumşalmış təbəqə sürtünməni azaldan sürtkü yağına çevrilir.

Xüsusi halda məhz buna görə buz üzərində konki və qar üzərində xizək asanlıqla sürüşür.

SÜRÜŞMƏ SÜRTÜNMƏSİ

Əgər taxta kubu stolun üstündə duran kitabın üzərinə qoysaq və kitabın bir ucundan, onun səthinin stol müstəvisinə α meyil bucağını tədricən artıraraq qaldırsaq, onda kub dərhal aşağı sürüşməyəcəkdir. Bucağın, kubun hərəkətə başladığı andakı α_{kr} kritik qiymətini necə hesablamaq olar? Sükunət sürtünmə qüvvəsi cismə təsir edən bütün qüvvələrin tarazlığı şərtindən tapılır. Kub sükunətdə olduqda, ona şaquli aşağı yönəlmiş $m\vec{g}$ ağırlıq qüvvəsi təsir edir. Yerin cazibə qüvvəsi kitab tərəfindən kuba təsir edərək, yuxarı yönələn və qiymətcə ona bərabər olan $\vec{R}$ qüvvəsilə kompensasiya olunur. Bu $\vec{R}$ qüvvəsini iki komponentin: reaksiya qüvvəsi $\vec{N}$ və sürtünmə qüvvəsi $\vec{F}_{sürt}$ -nin vektorial cəmi hesab etmək olar. Nəzərə alsaq ki, sükunət halında $R = mg$-dır, onda

$$N = mg\cos\alpha, \quad F_{sürt} = mg\sin\alpha$$

olar.

Sükunət sürtünmə qüvvəsi $F_{sürt} \leqslant \mu_0 N$ olduğundan, $\alpha_{böh}$ təyin etmək üçün aşağıdakı bərabərsizliyi alırıq:

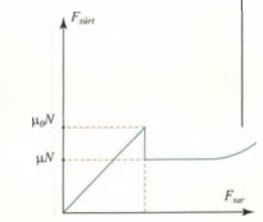
$$mg\sin\alpha \leqslant \mu_0 mg\cos\alpha, \text{ yəni } \operatorname{tg}\alpha \leqslant \mu_0.$$

Meyil bucağı $\alpha_{böh} = \operatorname{arctg}\mu_0$ qiymətinə çatanda kiçik həyəcanlanma belə kubu hərəkətə gətirəcəkdir. Bu zaman sükunət sürtünmə qüvvəsi $\mu_0 N$, sürüşmə sürtünmə qüvvəsilə əvəz olunur; sürüşmə sürtünmə qüvvəsi də yamac boyunca yuxarı yönəlir, lakin bir qədər kiçik $\mu N = \mu mg\cos\alpha (\mu \leqslant \mu_0)$ qiymətinə malik olur.

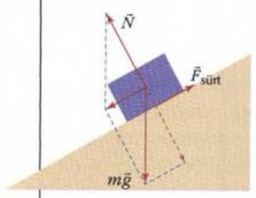
DİYİRLƏNMƏ SÜRTÜNMƏSİ

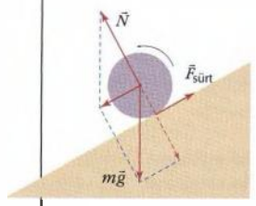
Cisimlər yalnız irəliləmə hərəkəti etmir, həm də bu və ya digər ox ətrafında fırlana bilər. İstənilən qüvvənin fırlanma təsiri bu qüvvənin *momenti* ilə təyin olunur. Qüvvə momenti fırlatma oxu ilə qüvvənin təsir xətti (qüvvənin boyunca yönəldiyi düz xətt) arasındakı məsafədən asılıdır.

Mail müstəvidə yamac boyunca yuxarı yönəlmiş sükunət sürtünmə qüvvəsi sürüşməyə mane olur və cismi tərpənməz saxlayır. Əgər müstəvi üzərinə kub yox, R radiuslu kürəcik qoysaq, onda toxunma yalnız bir nöqtədə baş verəcəkdir. Mail müstəvi tərəfin-



Quru sürtünmə qüvvəsinin cismə tətbiq olunmuş xarici qüvvədən asılılığı.





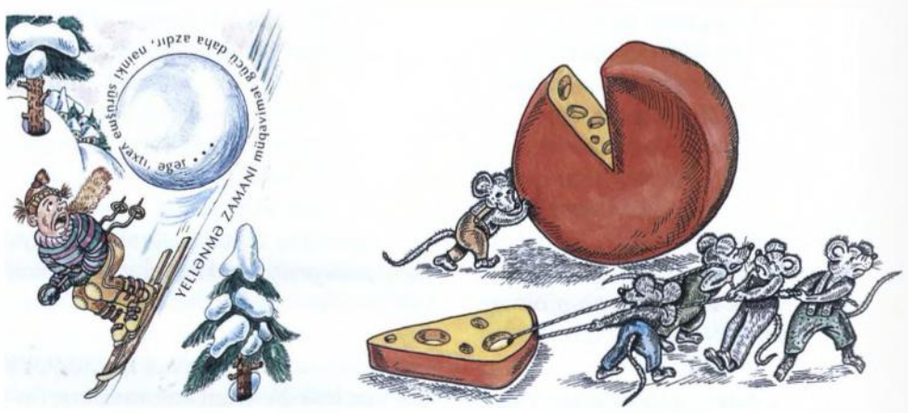
dən təsir edən qüvvəni yenə də toxunma nöqtəsində cismə tətbiq olunmuş normal təzyiq qüvvəsinə və sürtünmə qüvvəsinə ayırmaq olar. İki: $\bar{N}$ və $m\bar{g}$ qüvvələrinin vektorial cəmi yamac üzrə aşağı yönəlmişdir. Əgər sürtünmə olmasaydı ($\mu = 0$), onda kürəcik bu yekun $\bar{N}$ və $m\bar{g}$-nin qüvvənin vektorial cəminin təsiri altında yalnız irəliləmə hərəkəti edərək sürüşərdi. Sürtünməsiz fırlanma yarana bilməz, çünki hər iki $m\bar{g}$ və $\bar{N}$ qüvvələri kürəciyin mərkəzindən keçir və onların momentləri sıfıra bərabərdir. Yox, əgər sürtünmə mövcuddursa, onda sürtünmə qüvvəsi sürüşmənin əksinə yönəlir. Bu qüvvənin $F_{sürt}R$ momenti cismi saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırlatmağa çalışır. Heç bir kompensasiyaedici moment yoxdur və kürəcik, eyni zamanda irəliləmə və fırlanma hərəkətləri edərək, yamacla diyirlənir.

Diyirlənmənin mühüm xüsusiyyətini qeyd etmək lazımdır. Əgər iki eyni polad kürəcik mail müstəvidən düşürsə, ancaq onlardan biri bərk səth üzrə, digəri isə yumşaq və elastiki (məsələn, rezin üzrə) hərəkət edirsə, onda birinci kürəcik daha tez düşəcəkdir. Deməli, yumşaq səth, bərk səthə nisbətən böyük müqavimət göstərir, çünki diyirlənmə sürtünməsi "ilişmə körpücüklərinin" dağılmasından çox, toxunan səthlərin deformasiyası üçün görülən işin kiçikliyi ilə şərtlənir. Yumru cismin üzərində hərəkət etdiyi müstəvi yükün ağırlığı altında əyilir, ona görə də cisim öz hərəkəti zamanı onun altında əmələ gələn çuxurdan daim yuxarı çıxır. Cismin özü də dayağın reaksiyası sayəsində yastılanır ki, bu da onun hərəkətini əlavə olaraq yavaşıdır.

Toxunan səthlərin deformasiyası böyük olduqca, hərəkət edən cismin enerji itkisi də bir o qədər çox olacaqdır. Ona görə diyirlənmə sürtünmə əmsalı toxunan səthlərin hamarlığından yox (sürüşmə sürtünmə əmsalından fərqli olaraq), bərkliyindən asılıdır.

Diyirlənmə sürtünməsi hansı deformasiyanın – elastiki və ya qeyri-elastiki deformasiyanın baş verməsindən və diyirlənmənin sürətindən asılıdır.

Diyirlənmə müqavimət qüvvəsi sürüşmə müqavimət qüvvəsindən yalnız o vaxt xeyli kiçik olur ki, yumru cismin özü və onun üzərində diyirləndiyi səth kifayət qədər bərk olsun. Pis (yumşaq) yolda təkərli nəqliyyat sürətlə hərəkət edə bilməz. Yolsuz yerdə hərəkət etmək üçün tırtıllı maşınlar, tanklar və traktorlar kəşf olunub. Onlar özlərilə bərk örtük "daşıyır" və onu təkərlərdən qabaqda yerə sərir.



SÜRÜŞMƏNİN ƏVƏZİNƏ DİYİRLƏNMƏ. TƏKƏR VƏ YASTIQCIQ

Bərk cisim tərpənməz bərk səth üzrə sürüşərkən μN sürtünmə qüvvəsi onu yavaşıdır, burada adsız μ əmsalı toxunan səthlərin hamarlığından asılıdır. Diyirlənmə zamanı fırlanmanı $M = \mu^* N$ qüvvə momenti tormozlayır, yəni diyirlənmə sürtünmə əmsalı μ^* uzunluq ölçüsünə malik olmalıdır. Bərabərsürətli sürüşmə üçün cismə, sürtünmə qüvvəsini tarazlaşdıran qüvvə tətbiq etmək lazımdır. Yumru cismin bərabərsürətli diyirlənməsini F qüvvəsinin köməyilə təmin etmək olar, bu şərtlə ki, F-in momenti tormozlayıcı diyirlənmə sürtünmə qüvvəsinin momentini tarazlaşdırsın.

Toxunma səthinə eyni N təzyiq qüvvəsi yaradan iki cismin eyni sürətlərlə sürüşməsini və diyirlənməsini təmin etmək üçün enerji sərflərini müqayisə edək. Sırf diyirlənmə zamanı bucaq sürəti $\omega = \frac{v}{R}$, sürüşmə və diyirlənmə güclərinin ($W = Fv$) nisbəti

$$\frac{W}{W'} = \frac{\mu N v}{\mu^* N \omega} = \frac{\mu R}{\mu^*}$$

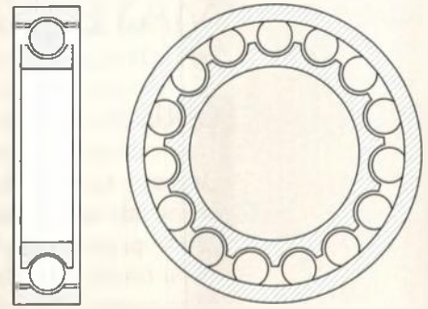
təşkil edəcəkdir.

Məsələn, $R = 50$ sm radiuslu təkər üçün $\mu = 0{,}5$ və $\mu^* = 0{,}05$ sm bu nisbət

$$\frac{W}{W'} = \frac{0{,}5 \times 50}{0{,}05} = 500.$$

Deməli, cismi diyirləmək, onu dartmaqdan 500 dəfə asandır. Lakin təkər oxunun yan səthi boyu sürüşmə sürtünmə qüvvəsi təsir etməkdə davam edir. Onu azaltmaq üçün oxu yağlayırlar (quru sürtünməni mayeli sürtünmə ilə əvəz edirlər) və ya yastıqcıqlardan istifadə edirlər. Yastıqcıqlarda sürüşmə sürtünməsi diyirlənmə sürtünməsilə əvəz edilir. Kürəcikli yastıqcıq aralarındakı fəza eyni kürəciklərlə və ya silindrciklərlə (roliklərlə) doldurulmuş ortaq oxlu iki halqadan ibarətdir. Daxili halqa oxa çox kip taxılır, xarici halqa isə gövdəyə bərkidilir və onunla birlikdə fırlanır. Hər bir kürəcik eyni zamanda daxili halqanın qabarıq səthi üzrə və xarici halqanın çökük səthi üzrə diyirlənir.

Halqaları və kürəcikləri bərk materiallardan hazırlamaqla, toxunma nöqtələrində onların deformasiyasını azaldırlar. Yastıqcıqlar üzərində çox böyük ağırlıqlar olan zamanı (məsələn, ağıryüklü avtomobillərdə) kürəciklərə və halqalara düşən təzyiq nəhəng qiymətlərə çatır, çünki onların kontakt oblastı çox kiçik sahəyə malikdir. Belə hallarda kürəciklər əvəzinə halqalarla bir nöqtədə yox, düz xətt parçası (silindrin doğuranı) boyunca toxunan silindrik roliklər tətbiq edirlər. Toxunma səthi artır, təzyiq azalır.



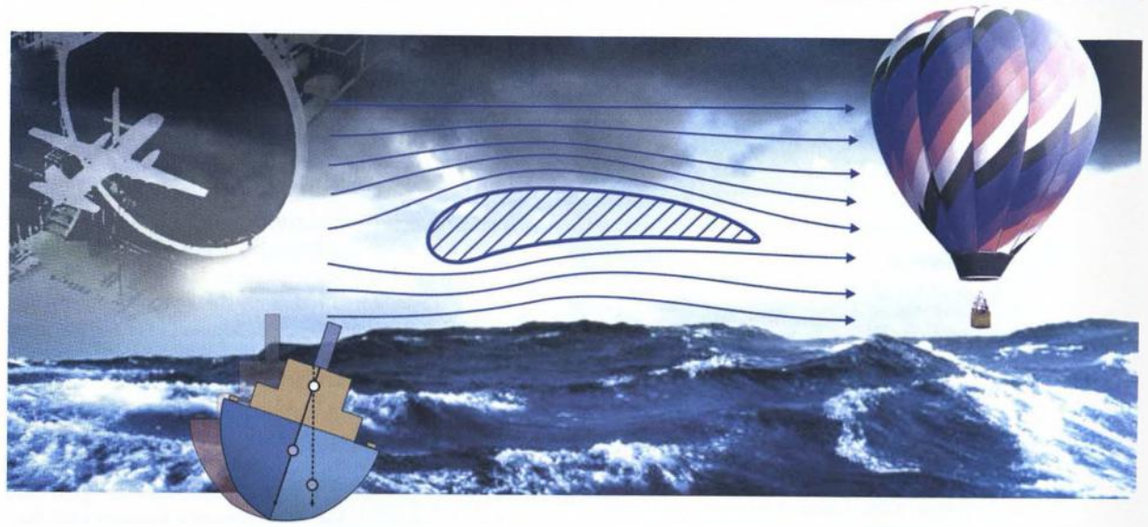
Yastıqcığın sxemi.

SÜRTÜNMƏ QÜVVƏSİ VƏ ZAMANIN DÖNMƏZLİYİ

Əgər sürtünmə olmasa idi, onda cisimlərin hərəkəti dönən olardı. Deməli, cismin sürətinin yalnız istiqamətini dəyişərək, bütün aralıq halları əks ardıcıl surətdə keçməklə, onu son vəziyyətindən başlanğıc vəziyyətinə qayıtmağa məcbur edə bilərdik. Lakin sürtünmə qüvvələri bu vəziyyəti dəyişdirir. Məsələn, cismin mail müstəvidən sürüşməsinə baxaq. Mail müstəvinin aşağı ucunda elastiki divar – əksetdirici qoyulmuşdur. Aşağı hərəkət edən cisim divarla toqquşur, ondan əks olunaraq geri sıçrayır və mail müstəvi üzrə yuxarı qalxır. Sürtünmə olmasa idi, cisim hərəkətə başladığı hündürlüyə qalxardı. Lakin həqiqətdə sürüşmə sürtünmə qüvvəsi onun kinetik enerjisini udur. Bu qüvvənin işini asanlıqla hesablamaq olar: qüvvənin qiyməti $F_{sürt} = \mu mg\cos\alpha$-ya bərabərdir, istiqaməti yerdəyişmənin əksinədir, cismin getdiyi yol isə $s = \frac{h}{\sin\alpha}$ təşkil edir, burada h – cismin hündürlüyünün dəyişməsidir. Beləliklə, sürtünmə qüvvəsinin işi

$$A = -F_{sürt}s = \mu mgh\operatorname{ctg}\alpha.$$

Sürüşən cismin enerjisi məhz bu kəmiyyət qədər azalır. Əks-istiqamətdə cisim başlanğıc nöqtəyə özünü çatdıra bilmədiyinə görə, onun mail müstəvi üzrə sürüşməsi dönməyəndir. Fiziki baxımdan dönməzlik enerjinin qeyri-mexaniki formalara (istiliyə) çevrilməsinin, onun ətraf fəzada səpilməsinin (enerjinin dissipasiyasının) nəticəsidir. Belə hallarda mexaniki enerjinin saxlanması qanunu "işləmir" və enerjinin ümumi saxlanması qanununu tətbiq etmək lazım gəlir. Lakin bu termodinamikanın cəlb edilməsini tələb edir və bizi mexanika aləmindən kənara çıxarır.



MAYE VƏ QAZLARIN MEXANİKASI

GİRİŞ

Qayanın içindən tunel çəkərkən ən həyəcanlı an – yeraltı yolun üz-üzə gələn parçalarının birləşdirilməsidir. Qarşı tərəfdən işin əvvəlcə zorla eşidilən səs-küyü getdikcə daha da güclənir, sonda qayalı qruntun divarı dağılır və hər iki hissə bir ümumi tunel şəklində birləşir. Çox güman ki, XIX əsrdə qazların kinetik nəzəriyyəsinin müddəaları termodinamika çərçivəsində alınmış eksperimental nəticələrlə üst-üstə düşən zaman alim-fiziklər buna bənzər hisslər keçirmişlər. İki fiziki yanaşma – makroskopik (termodinamik) və mikroskopik (molekulyar – kinetik) yanaşmalar bir-birini tamamladılar. Maddənin molekul və atomlardan ibarət olmasına dair ideya öz inandırıcı təsdiqini tapdı.

Belə çıxırdı ki, maddəni tədqiq etməyin yolu tapılmışdır: bütün əşyalar molekullardan, onlar da atomlardan təşkil olunduğundan, bu atomların xassələrini bilmək kifayətdir ki, onlardan təşkil olunmuş maddənin fiziki xassələrini müəyyən etmək olar, belə ki, müxtəlif kimyəvi elementlərin sayı cəmisi yüzə yaxındır. Kinetik nəzəriyyə əsasında qazların bəzi xassələrini müəyyən etmək, məsələn, qazın halını təsvir edən parametrləri öz aralarında əlaqələndirən tənliyi – qazın hal tənliyini çıxarmaq mümkün oldu. Beləliklə, hal tənliyinin eksperimental üsulla çıxarılışına ehtiyac qalmadı.

Məlum oldu ki, həqiqətdə hər şey heç də belə sadə deyil. Kinetik nəzəriyyənin köməyilə qazların istilikkeçirmə, özlülük və diffuziya əmsalları kimi mühüm xarakteristikalarını təyin etmək üçün ciddi çalışmaq lazımdır. Kondensə olunmuş mühitlər – mayelər, bərk cisimlər və sıxılmış qazlar üçün nəticələr almaq daha da çətindir, çünki nəzərə almaq lazım idi ki, molekullar öz aralarında heç də yalnız toqquşma vaxtı qarşılıqlı təsirdə olmur. Ona görə də eksperiment köhnəlib və

makroaləmin bütün fiziki hadisələri molekulyar-kinetik təsəvvürlər əsasında izah oluna bilər kimi düşünmək lazım gəlmir.

* * *

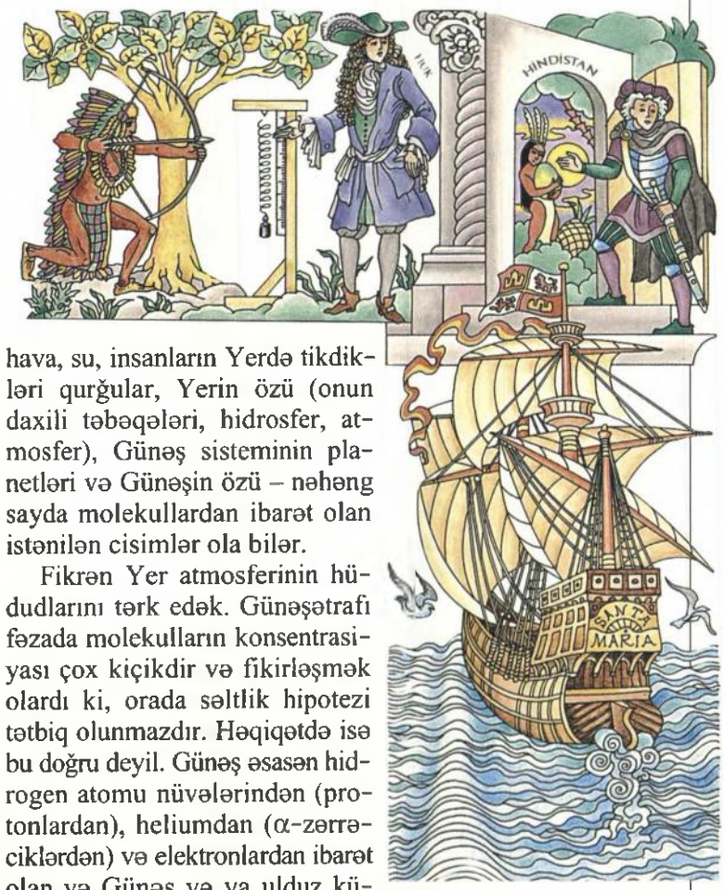
Dəqiq desək, maddə bütöv (səlt) mühit deyil – o, molekul və atomlardan ibarətdir. Əgər səlt mühitlərə təbiətdə rast gəlinmirsə, bəs onda səlt mühitlər mexanikası nəyi öyrənir?

Maddənin diskret (bütöv olmayan) quruluşu yalnız XIX əsrin axırında aşkar olundu. Molekulların mövcudluğunu sübut edən təcrübələr isə 1908-ci ildə fransız fiziki Jan Batist Perren (1870-1942) tərəfindən aparılmışdır. Belə görünə bilərdi ki, bu andan sonra maddənin kəsilməz olaraq fəzanı doldurduğuna dair fərziyyə öz mənasını itirməli idi.

Əslində isə, maddə quruluşunun diskret strukturunun aşkar olunması səlt mühitlər mexanikasının tətbiq olunma sərhədlərini müəyyən etməyə imkan verdi. Səlt mühitlər mexanikası yalnız o hallarda işləyir ki, həmin hallarda sistemi, statistik (makroskopik) qanunauyğunluqlara tabe olsun deyə, hər birinə yenə də kifayət qədər böyük sayda zərrəciklər (molekullar, atomlar) daxil olan kiçik (onun öz ölçülərilə müqayisədə) həcmlərə (mühit elementlərinə) bölmək olar.

Onda mühitin elementləri termodinamik tarazlıq halında olur və ona görə də onların xassələri az miqdarda makroskopik parametrlərlə təsvir olunur. Bu cür kiçik həcmdəki dəyişikliklər kifayət qədər yavaş baş verməlidir ki, termodinamik tarazlıq saxlansın.

Əgər bütün bu şərtlər ödənirsə, onda mühitin səltliyi haqqındakı hipotez doğru olur. Bu hipotez səlt mühitlər mexanikasının əsasında dayanır. Fizikanın baxılan bölməsinin tədqiqat mövzusu bizi əhatə edən hər bir şey:



hava, su, insanların Yerdə tikdikləri qurğular, Yerin özü (onun daxili təbəqələri, hidrosfer, atmosfer), Günəş sisteminin planetləri və Günəşin özü – nəhəng sayda molekullardan ibarət olan istənilən cisimlər ola bilər.

Fikrən Yer atmosferinin hüdudlarını tərk edək. Günəşətrafı fəzada molekulların konsentrasiyası çox kiçikdir və fikirləşmək olardı ki, orada səltlik hipotezi tətbiq olunmazdır. Həqiqətdə isə bu doğru deyil. Günəş əsasən hidrogen atomu nüvələrindən (protonlardan), heliumdan (α-zərrəciklərdən) və elektronlardan ibarət olan və Günəş və ya ulduz küləyi adlanan külək buraxır. Bu zərrəciklərin ölçüləri çox kiçik olsa da, onlar, sanki, onların ölçülərini artıran yükə malikdir. Lakin ən vacib olan odur ki, belə zərrəciklər, onların qarşılıqlı təsir məsafələrini artıran enerji kvantları şüalandırır. Belə bir vəziyyəti təsəvvürünüzə gətirin ki, avtobus çoxsaylı sərnişinləri daşımalıdır. Əgər əhvalat yayda baş verirsə, onda ayaq üstə duran adamları çox da narahat etmədən salonda gəzmək olar. Əgər bir o qədər adam həmin avtobusda, hamısı isti kürk geyib, qışın şaxtasında gedirsə, onda boş yer az olacaqdır. Əgər kimsə salonun ortasından çıxışa keçməyə çalışarsa, onda yalnız bu adamın ətrafında yox, həm də bütün



avtobusda hərəkət başlayacaqdır – sərnişinlər bir-birini itələyəcəklər. Kinetik nəzəriyyə baxımından avtobusdakı kürklü adamlar səlt mühit təşkil edir – avtobusun bir hissəsindəki həyəcanlanma sürətlə bütün salona yayılır. Bu cür kürk rolunu hərəkət edən yüklü zərrəciklərin yaratdığı elektrik sahəsi və elektromaqnit dalğaları oynayır. Deməli, yalnız bərk cismi, maye və qazı yox, həm də, hətta ulduz küləyi kimi, çox seyrək olan plazmanı da səlt mühit hesab etmək olar. Belə mühitin həcm elementindəki zərrəciklərin sayı çox deyil, ancaq yüklü zərrəciklər arasındakı qüvvələrin böyük təsir radiusu sayəsində makroskopik parametrlər elementdən elementə kəsilməz dəyişir.

Elmi tədqiqatı coğrafi kəşflə müqayisə etmək olar. Xristofor Kolumb Hindistana gedən yeni yol axtararaq, Amerikaya gəlib çıxdı. Kinetik nəzəriyyənin və termodinamikanın, yəni mikroskopik və makroskopik yanaşmaların metodlarının birləşdirilməsi fizikada "dünyanın bütöv bir hissəsini" – səlt mühitlər mexanikasını öyrənmək üçün yeni yol açdı.

Amerika kimi, o da iki böyük "materikdən" – deformasiya edən bərk cisim mexanikasından, maye və qazların mexanikasından ibarətdir. Panama boğazı kimi onları ümumi qanunlar və anlayışlar birləşdirir. Bu "materikləri" ilk kəşf və tətqiq edənlər müxtəlif ölkə və dövrün alimləri olmuşlar.

Maddi nöqtənin – nisbi kiçik ölçülü cismin vakuumda necə hərəkət etməsi İsaak Nyutonun vaxtından bəri təfsilatı ilə məlumdur. Məsələn, üfüqə bucaq altında atılmış cisim parabola üzrə hərəkət edir. Onun havada, suda və ya digər mühitdəki hərəkətini təsvir etmək daha çətindir. Hətta dahi Nyuton havanın müqavimətini nəzərə aldıqda cismin trayektoriyası necə olacaqdır sualına dəqiq cavab vermək iqtidarında olmamışdır. Bu halda hərəkət trayektoriyası parabolaya bənzəyir, lakin onunla üst-üstə düşmür. Amma Nyuton bu cür məsələləri necə həll etmək lazım olduğunu aydınlaşdırmaq üçün bir çox faydalı işlər gördü. O, Arximed və Leonardo da Vinçi, Paskal və Bernulli ilə yanaşı, hidroaeromexanika və ya maye və qazların mexanikası adlanan "kontinentin" ilk tədqiqatçılarından biri olmuşdur.

Digər "kontinentin" – deformasiya edən bərk cisim mexanikasının – ilk kəşf edəni, yəqin ki, cismin mexaniki gərginliyi və deformasiyası arasındakı əlaqəni müəyyən etmiş ingilis təbiətşünası, ixtiraçısı və arxitektoru Robert Huk (1635-1703) sayılmalıdır.

Mənşəcə isveçrəli olan riyaziyyatçı, mexanik və astronom Leonard Eylerin (1707-1783) və fransız riyaziyyatçısı və mexaniki Jozef Lui Laqranjın (1736-1813) işlərindən sonra alimlər deformasiya olunmayan bərk cismin hərəkəti məsələsini necə həll etmək lazım olduğuna dair təsəvvür əldə etdilər. Lakin deformasiya oluna bilən real cisim özünü necə aparır sualına cavab vermək üçün deformasiya olunan bərk cisim mexanikası tələb olunur. XIX əsrin birinci yarısına doğru fransız alimləri Simeon Deni Puassonun (1781-1840), Oqyusten Lui Koşinin (1789-1857) və Ademar Jan Klod Sen-Venanın (1797-1886) səyləri sayəsində elmin bu bölməsinin ciddi tədqiqinə başlanıldı.

Burada biz səlt mühit mexanikasının bir hissəsi olan hidroaeromexanika ilə daha ətraflı tanış olacağıq.

HİDROAEROMEXANİKA NƏYİ ÖYRƏNİR

Su (*yun.* "hidor") və hava (*yun.* "aer") bizim həyatımızda çox mühüm rol oynayır. Biz atmosfer adlanan nəhəng hava okeanının dibində yaşayırıq. Yer planetinin səthinin təxminən 2/3 hissəsi su ilə örtülüdür. Hava və suyun xassələri – bir çox təbiət hadisələrinin səbəbidir. Bu xassələr, demək olar ki, bütün texniki qurğularda istifadə olunur və ya, ən azı, nəzərə alınır.

Qaz (hava) və maye (su) – maddənin müxtəlif faza hallarıdır. Deformasiya edən bərk cisim mexanikası səlt mühit mexanikasının ayrıca bir hissəsi olduğu kimi, onları mexanikanın müxtəlif bölmələrində tədqiq etmək təbii olardı.

Lakin axıcı maddələrin mexanikası – hidroaeromexanika üçün maye və qaz arasında elə bir böyük fərq yoxdur. Mayelər daha ağırdır, lakin qazların da çəkisini tez-tez nəzərə almaq lazımdır. Qazlar çox asanlıqla sıxılır, lakin onların sıxılması yalnız axının nisbi böyük sürətlərində özünü göstərir. Ona görə də mexanika üçün daha vacibi qazların və mayelərin ümumi xassəsidir, yəni asanlıqla formasını dəyişmək qabiliyyətidir.

Beləliklə, fizikanın maye və qazların mexaniki xassələrini, onların öz aralarında və onlarla həmsərhəd olan bərk cisimlərlə qarşılıqlı təsirini öyrənən bölməsi *hidroaeromexanika* adlanır. Hidroaeromexanika da bir neçə bölmədən ibarətdir. Səs sürətindən çox kiçik sürətli hərəkəti *hidrodinamika* öyrənir – belə sürətlərdə mühitin sıxılan olması praktiki olaraq özünü büruzə vermir və maddənin sıxlığı sabit hesab olunur. Havada adi şəraitdə səsin sürəti təxminən 330 m/san-yə bərabərdir (ilk dəfə bu kəmiyyət hələ Nyuton tərəfindən təyin olunmuşdur). Havanın sıxlığının hiss olunacaq dərəcədə dəyişməsi 60 m/san (≈ 220 km/saat)-dan böyük sürətlərdə başlayır; kiçik sürətlərdə havanın sıxılan olmasını nəzərə almağın mənası yoxdur. Əgər hava (və ya havadakı cisim) səs sürətilə müqayisə olunan sürətlə və ya ondan böyük sürətlə hərəkət edirsə, onda belə hərəkəti *qaz dinamikası* tədqiq edir. Bundan başqa, hidroaeromexanikada, atmosferdə uçan aparatların və ya cisimlərin (məsələn, meteoritlərin) hərəkətini, həşəratların və quşların uçuşunu öyrənən bölməni – *aeromexanikanı* ayırmaq olar. Əlbəttə, hidroaeromexanikanın bütün bölmələri arasında sərhədlər şərtidir və kəskin deyildir. Onları məqsəd birləşdirir: uçan aparatların, gəmilərin, avtomobillərin formasını yaxşılaşdırmaq; maye və ya qazdan istifadə edən qurğuların (reaktiv təyyarələrin mühərriklərinin və ya daxiliyanma mühərriklərində yanacaq) ən böyük effektivliyinə nail olmaq; maye və qazların istifadəsilə bağlı olan istehsal proseslərini (örtüklərin aerozol üsulu ilə çökdürülməsi, optik liflərin yaradılması və s.) opti-



Orbitdən Yerin görünüşü.

mallaşdırılmaq. Hidroaeromexanikanın qanunları yalnız texnikada yox, sənayedə də faydalıdır – onlar havanın və suyun dinamik xassələrilə bağlı olan bir çox təbiət hadisələrini qabaqcadan xəbər verməyə və ya heç omlasa, izah etməyə kömək edir. Hidroaeromexanika, praktiki olaraq, insan fəaliyyətinin bütün sahələrində işləyir.

Səlt mühit mexanikası üç ən mühüm qanuna – kütlənin saxlanması qanununa, enerjinin saxlanması qanununa və Nyutonun ikinci qanununa əsaslanır. Lakin maddi nöqtə mexanikasından fərqli olaraq, enerjinin saxlanması qanununda potensial və kinetik enerjilərlə yanaşı, daxili enerji də, impulsun dəyişməsi qanununda isə adi həcmi qüvvələrdən – ağırlıq, elektromaqnit və ətalət qüvvələrindən başqa, maddəyə əlavə olaraq səth qüvvələri (səthi gərilmə) də təsir edir. Hidroaeromexanika halında səth qüvvəsinə misal təzyiq – normal gərginlikdir.

Qazda və mayedə p təzyiqi molekulların xaotik toqquşmaları hesabına yaranır və maddə halının digər parametrlərilə – məsələn, T temperaturu və ρ sıxlığı ilə – hal tənliyi vasitəsilə əlaqədardır. İdeal qaz üçün belə hal tənliyi Klapeyron-Mendeleyev tənliyidir:

$$p = \frac{\rho RT}{M},$$

burada R – qaz sabiti, M – molyar kütlədir. Mayenin az sıxılan olduğunu nəzərə alaraq, maye üçün bu münasibətin əvəzinə adətən sıxılmazlıq şərtindən istifadə olunur ki, bu da hidroaeromexanikanın tənliyini xeyli sadələşdirir:

$$\rho = \text{const}.$$

Daxili enerji u da hal tənliyilə təyin olunur. Temperaturun böyük olmayan diapazonunda hesab etmək olar ki, 1 mol maddənin daxili enerjisi temperaturdan xətti asılıdır:

$$u = c_v T,$$

burada c_v – sabit həcmdə maddənin molyar istilik tutumudur.

MAYELƏRİN VƏ QAZLARIN TARAZLIĞI

Hidroaeromexanika mürəkkəb elmdir və onunla tanışlığa, onun ən sadə hissəsi olan *hidrostatikadan* (*yun.* "statike" – "tarazlıq haqqında təlim") başlamaq lazımdır. Hidrostatika hərəkətin olmadığı və ya sürətin nəzərə alınmaz dərəcədə kiçik olduğu halları tədqiq edir.

Hidrostatika, bir elm kimi, hələ antik dövrlərdə yaxşı məlum idi, çünki o, insanların praktiki fəaliyyətilə sıx bağlıdır. Qayıqlar və gəmilər, quyular və müxtəlif hidravlik aparatlar (məsələn, porşenli nasoslar) qurmaq üçün hidrostatikanın əsaslarını bilmək lazımdır.

Hidrostatika, təzyiq kimi, mühüm bir hidrodinamik kəmiyyətin bəzi xassələrini başa düşməyə imkan verir. Dayağa həm bərk, həm də dənəvər maddələr təzyiq göstərir, lakin bu təzyiq hidrostatik təzyiqdən fərqlənir. Bərk cismin təzyiqi onun çəkisilə, mayenin təzyiqi isə onun dərinliyilə təyin olunur. Mayenin qabın dibinə p təzyiq qüvvəsi onun formasından asılı deyildir, *hidrostatik düsturuna* uyğun olaraq yalnız qaba tökülmüş mayenin səviyyəsi ilə təyin olunur:

$$p = p_0 + \rho g h$$

burada ρ – mayenin sıxlığı, g – sərbəstdüşmə təcili, h – batma dərinliyi, p_0 – atmosfer təzyiqidir.

Dənəvər cisimlər, maye və qazlar kimi, yan səthə təzyiq göstərə bilər, lakin belə təzyiq üçün Paskal qanunu ödənilmir. *Paskal qanunu* hökm edir

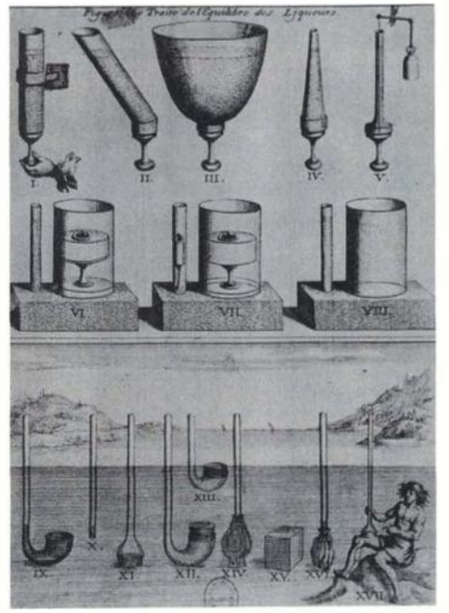
Paskal kürəsi üzərində kiçik deşikləri olan və içərisində porşen hərəkət edən silindrik dəstəyə birləşdirilmiş, su ilə doldurulan kürədən ibarətdir. Porşenin göstərdiyi xarici təzyiq mayenin bütün nöqtələrinə eyni ötürülür. Ona görə də üfüqi müstəvidə yerləşən deşiklərdən çıxan su şırnaqları döşəmədə bərabər uzunluqlu izlər qoyur.



ki, sükunətdə olan mayenin və ya qazın istənilən yerində bütün istiqamətlərdə təzyiq eynidir, həm də təzyiq mayenin və ya qazın bütün həcmi boyu eyni sürətlə ötürülür. Paskal qanununda mayenin və ya qazın çəkisi nəzərə alınmır.

Hidrostatikanın əsas qanunlarına, hidrostatik düsturla və Paskal qanunu ilə yanaşı, *Arximed qanununu* da aid etmək olar: mayeyə (və ya qaza) batırılmış cismə qiymətcə onun sıxışdırıb çıxardığı mayenin (və ya qazın) çəkisinə bərabər olan, ağırlıq qüvvəsinin əksinə yönələn və sıxışdırılmış həcmin ağırlıq mərkəzinə tətbiq olunmuş itələmə qüvvəsi təsir edir.

Arximed qanununu və hidrostatik düsturu, səlt mühit mexanikası üçün standart olan və bəzən SAƏT adlanan qaydanın köməyilə çıxarmaq çətin deyil. SAƏT – *Seyrəldək*, *Ataq*, *Əvəz edək*, *Tarazlaşdıraq* alqoritminin baş hərflərinə uyğun edilmiş ixtisardır. Baxılan alqoritm əsasında hidrostatik düsturu çıxaraq.



B.Paskalın "Mayelərin tarazlığına dair traktat"ından illüstrasiyalar. 1663-cü il.

Seyrəldək. Hündürlüyü h, sahəsi S və üfüqi dibi olan silindrin daxilindəki suyun həcmini fikrən fiksə edək.

Ataq (yenə fikrən). Bu silindrdən xaricdə olan bütün mayeni atırıq (qeyd edək ki, ancaq kütləsi ρhS olan mayeni saxlayırıq).

Bərk cismin təzyiqi ilə mayenin təzyiqi arasındakı fərqi Blez Paskal təcrübədə çox effektiv izah etmişdir: su ilə dolu, ağzıbağlı çəlləklə birləşdirilmiş hündür nazik borucuğa tökülmüş cəmi bir stəkan su o qədər əlavə təzyiq yaratmışdır ki, su yarıqlardan xaricə fışqırmışdır.

FIRLANAN STƏKANDA MAYE SƏTHİNİN FORMASI

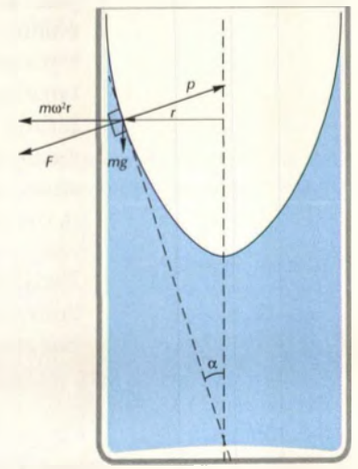
Belə görünə bilərdi ki, bu məsələnin hidrostatikaya heç bir aidiyyəti yoxdur; çünki maye hərəkət edir. Lakin stəkanla bağlı olan qeyri-inersial hesablama sisteminə keçsək, onda həmin sistemə nəzərən maye sükunətdə olacaqdır.

Ancaq indi p təzyiqi yalnız h dərinliyini artıranda yox, həm də fırlanma oxuna qədər olan r məsafəsini də artıranda artır, çünki belə koordinat sistemində maye elementinə əlavə olaraq $m\omega^2 r$ ətalət qüvvəsi təsir edir (ω – fırlanmanın bucaq sürətidir).

Sabit qalan və dərinlikdən asılı olmayan ağırlıq qüvvəsindən fərqli olaraq, ətalət qüvvəsi, fırlanma oxuna qədər olan r məsafəsilə mütənasib artır. Bu qüvvələrin əvəzləyicisi F mayenin səthinə perpendikulyar olmalıdır, səthə toxunan ilə fırlanma oxu arasındakı bucağın tangensi isə fırlanma oxundan maye elementinə qədər olan məsafə ilə tərs mütənasibdir:

$$\text{tg}\alpha = \frac{mg}{m\omega^2 r}.$$

Belə xassəyə parabola malikdir (əgər dəqiq desək, səth fırlanma paraboloidindən ibarətdir). Stəkanda çayı qarışdıran zaman paraboloidə çox oxşayan səth alınır – formanın təhrif olunması yalnız stəkanın divarlarının yaxınlığında müşahidə olunur, çünki burada mayedəki sürtünmə sürəti azaldır.



YER ATMOSFERİNDƏ NƏ QƏDƏR HAVA VAR?

Qazlar sıxılan olduğuna görə, hava və qazlar üçün hidrostatik düsturun şəkli bir qədər dəyişir. Qazların ρ sıxlığı təzyiqdən, Klapeyron-Mendeleyev tənliyinə uyğun olaraq, $\rho = \frac{pM}{RT}$ kimi asılıdır. Onlar üçün ifadəni kəmiyyətlərin dəyişməsi şəklində yazmaq lazımdır: sükunətdəki qazda ağırlıq qüvvəsi hesabına təzyiqin Δp qədər azalması hündürlüyün Δh qədər dəyişməsilə şərtlənmişdir:

$$\Delta p = -\rho g \Delta h.$$

Fizikada, həmişə olduğu kimi, törəmə anlayışı bu cür ifadəni daha dəqiq yazmağa imkan verir: hündürlükdən asılı olaraq, təzyiqin azalma sürəti aşağıdakına bərabərdir:

$$\frac{dp}{dh} = -\rho g = -\frac{gM}{RT}p.$$

Bu diferensial tənliyin həlli, üstü $-\frac{gM}{RT}p$ olan eksponensial funksiyadır:

$$p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}.$$

Təzyiqin hündürlükdən asılılığını belə yazmaq olar:

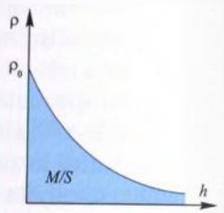
$$p = p_0 e^{-\frac{h}{h_0}},$$

burada p_0 – Yerin səthində təzyiq, $h_0 = \frac{RT}{Mg}$ – standart atmosfer hündürlüyü adlanan hündürlükdür. h_0 hündürlüyü qədər yuxarı qalxanda, təzyiq e dəfə azalır.

Havanın ümumi kütləsi – bu elementlərin – təbəqələrin kütləsi cəmi (və ya inteqralıdır):

$$M = S\int_0^{\infty} \rho dh = S\int_0^{\infty} \rho_0 e^{-\frac{h}{h_0}} dh.$$

İnteqrallanma nəticəsində alırıq: $M = \rho_0 h_0 S$, burada S – Yer səthinin sahəsi, ρ_0 – səth yaxınlığında havanın sıxlığıdır. Başqa sözlə, əgər istənilən hündürlükdə atmosferin sıxlığı Yer səthindəki sıxlığa bərabər olsaydı, onda atmosferin hündürlüyü cəmi 7,8 km-ə çatardı – bax Yerin standart atmosferi üçün h_0-ın təxmini qiyməti belədir. Atmosferin M kütləsi təxminən $5 \cdot 10^{15}$ t-dur.



Atılmış mayenin təsirini təzyiqin təsirilə elə əvəz edək ki, qalan mayenin tarazlıq halı saxlansın, yəni bütün qüvvələri *Tarazlaşdıraq*. Bizim ayırdığımız silindrik həcmə şaquli istiqamətdə $mg = \rho hSg$ ağırlıq qüvvəsi və təzyiq qüvvələri təsir edir. Mayenin yan səthlərə təzyiqi kompensasiya olunur, çünki əks halda qüvvənin üfüqi toplananı meydana çıxardı ki, bu da tarazlıq şərtinə ziddir. Təzyiq qüvvələrinin şaquli toplananı silindrin oturacağına edilən təsir nəticəsində yaranır. Yuxarı oturacağa (fərz edək ki, o, mayenin səthilə üst-üstə düşür) $p_0 S$, aşağı oturacağa pS qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvələrin təsir istiqamətlərini nəzərə alaraq, onların cəmini sıfıra bərabər etmək olar:

$$\rho g h S + p_0 S - pS = 0.$$

Bu münasibəti silindrin oturacağının S sahəsinə ixtisar edərək, hidrostatik düsturu alarıq.

Arximed qanununu SAƏT alqoritminin köməyilə daha sadə çıxarmaq olar: əgər mayeyə batırılmış cismi buna uyğun maye ilə əvəz etsək, tarazlıq halı alınar – cismin səthinə mayenin təzyiq qüvvəsi təsir edir ki, bu da həmin səth daxilindəki mayenin çəkisini tarazlaşdırır.

HAVA APARATLARI VƏ SUALTI QAYIQLAR

Hələ qədim zamanlardan insanlar, quşlar və həşəratlar kimi sərbəst uçmağı və hərəkət etməyi öyrənmək arzusunda olmuşlar. Lakin havada uçmaq sahəsində ilk addımlarını atan insan uçan varlıqların təcrübəsindən çox üzən varlıqların – balıq və digər dəniz sakinlərinin təcrübəsindən istifadə etmişdir.

Balığın ən mühüm orqanı, onun müəyyən dərinlikdə dayanmasına kömək edən üzmə qabarcığıdır. Suya batırılmış hər bir cisim kimi, balığa da

itələmə qüvvəsi təsir edir. Arximed qanununa görə o, sıxışdırılmış suyun çəkisinə bərabərdir. Əgər mayeyə salınmış cismin çəkisi böyükdürsə, onda cisim batır, əgər azdırsa, yuxarı qalxır. Cismin yerində qalması üçün onun çəkisi sıxışdırılmış suyun çəkisinə bərabər olmalıdır.

Bir halda ki, biz hava okeanının dibində yaşayırıq, onda balıqların istifadə etdikləri üsulla Yer səthindən yuxarıda üzməyə cəhd edə bilərik. Problem yalnız ondadır ki, suda üzmə qovuğunu hava ilə doldurmaq kifayətdir, atmosferdə isə buna bənzər qovuğu havadan daha yüngül olan qazla doldurmaq lazımdır. Bunlar hidrogen, helium, metan, ammiak və s. ola bilər. Lakin hidrogen və metan yanar və partlayıcı qazlardır, ammiak zəhərlidir, helium bahadır. Ona görə də adi havanı qızdırmaq hamısından əlverişli olardı. Jozef Mişel (1740-1810) və Jak Etyen (1745-1799) Monqolfye qardaşları belə də etdilər. 1783-cü il noyabrın 21-də ilk dəfə olaraq hava şarının köməyilə bir neçə dəqiqəliyə Yer səthindən ayrıldılar. Şarın içindəki havanın temperaturunu dəyişməklə uçuşun hündürlüyünü tənzimləmək əlverişlidir – qızdırma qaldırıcı qüvvəni artırır, soyuma zamanı isə o azalır və şar aşağı enir.



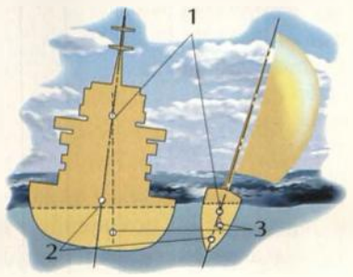
İndi hava şarları – meteoroloji zondlar – Yer atmosferinin və digər elmi tədqiqatların vəziyyətini müşahidə etmək üçün istifadə olunur. Dirijabllar – hərəkətverici olan hava aparatları – reklam məqsədləri üçün tətbiq olunur. Birinci Dünya müharibəsindən başlayaraq, hava şarları və dirijabllar kəşfiyyat üçün istifadə olunur. İkinci Dünya müharibəsi illərində böyük şəhərləri bombardmançılardan qorumaq üçün aerostatların köməyilə məftil çəpərləri yuxarı qaldırırdılar. Lakin güclü külək dirijablı və ya aerostatı asanlıqla dağıda bilər, buna görə də onlar və sudakı analoqları – sualtı qayıqlar, batiskaflar, batisferlər kimi geniş tətbiq edilməmişdir.

Şəraitin oxşarlığına baxmayaraq, sualtı qayığın üzmə şərti havada üzən

SUDA ÜZƏN GƏMİLƏRİN DAVAMLILIĞI

Tarixdə çox hallar məlumdur ki, naşı ustaların düzəltdikləri gəmi stapeldən enərək, suya düşən kimi, dərhal dönmüş və batmışdır. Tarazlıq vəziyyətində gəminin ağırlıq mərkəzi adətən subasımı mərkəzindən – Arximed qüvvəsinin tətbiq nöqtəsindən yuxarıda yerləşir.

Lakin bu, o demək deyil ki, tarazlıq vəziyyəti dayanıqsızdır, çünki gəminin yana əyilməsi (meyli) Arximed qüvvəsinin tətbiq nöqtəsini sürüşdürür. Əgər gəminin simmetriya müstəvisilə və Arximed qüvvəsinin tətbiq nöqtəsindən keçən şaquli xəttin kəsişmə nöqtəsi – metamərkəz gəminin ağırlıq mərkəzindən yuxarıda yerləşirsə, onda bu əyilmənin hesabına yaranan qüvvə momenti gəmini tarazlıq vəziyyətinə qaytaracaqdır. Əks halda hətta kiçik təsadüfi bir meyil də gəminin aşmasına səbəb olacaqdır, yəni belə tarazlıq vəziyyəti həqiqətən dayanıqsız olacaqdır.



Gəminin metamərkəzi onun ağırlıq mərkəzindən yuxarıda olmalıdır:

1 – metamərkəz;
2 – ağırlıq mərkəzi;
3 – subasımı mərkəzi.



aparatların hərəkətindən prinsipial fərqlənir. İş ondadır ki, suyun sıxılma qabiliyyəti çox kiçikdir – adətən bu sıxılma sualtı qayığın örtüyünün sərtliyilə təyin olunan sıxılmasından kiçik olur. Sualtı qayıq suya batmış halda, aerostat kimi, suda asılı dayana bilməz, hətta onun orta sıxlığı suyun sıxlığına bərabər olsa da. Sualtı qayığın bu tarazlıq vəziyyəti, aerostatdan fərqli olaraq, dayanıqlı deyil – aşağı (və ya yuxarı) meyil qayığın gövdəsini əhəmiyyətli dərəcədə deformasiya edir və onun orta sıxlığı artır (və ya yuxarı qalxanda azalır), halbuki suyun sıxlığı, demək olar ki, əvvəlki kimi qalır. Nəticədə sualtı qayıq tarazlıq vəziyyətindən uzaqlaşmağa çalışacaqdır.

Balıqlar da belə bir vəziyyətdə olur. Onların hava qovuğunun olmasına baxmayaraq, onlar üzgəclə işləməlidirlər ki, müəyyən hündürlükdə dayanıb qala bilsin.

Batmış halda cismin üzməsini nümayiş etdirən sadə təcrübə aparmaq olar. Bunun üçün içərisində su olan hündür şəffaf qabda, boğazı aşağı çevrilmiş və qismən hava ilə doldurulmuş qovuqcuğu elə yerləşdirək ki, onun dibi suyun səthi üzərindən azca çıxmış olsun (lakin, əlbəttə, qovuqcuq üzməlidir, batmalı yox). Hündür qabın boğazını nazik rezin pərdə ilə çəkib bağlamaq lazımdır. Əgər pərdəni barmağımızla sıxsaq, qabın içində təzyiq artacaq – hava, o cümlədən qovuğun içindəki hava sıxılacaq; o batmağa başlayır. Pərdəni buraxsaq, qovuqcuq yuxarı qalxacaqdır. Qovuqcuğu müəyyən dərinlikdə saxlamaq olmaz, çünki belə tarazlıq vəziyyəti dayanıqsızdır. Pərdəni sıxdığımız qüvvəni dəyişməklə yeganə ona nail ola bilərik ki, qovuqcuğun rəqsləri onun ətaləti və mayenin özlülüyü sayəsində gözə çarpmasın.



Səsəqədərki təyyarənin qanadının müntəzəm hava axını ilə əhatələnməsi.

MAYELƏRİN VƏ QAZLARIN HƏRƏKƏTİ

Qazın və ya mayenin hərəkətini təsvir etmək hidrostatika məsələlərini həll etməkdən olduqca çətindir, ona görə də mayelərin və qazların hərəkətinin nəzəriyyəsi nisbətən son vaxtlar işlənib hazırlanmağa başlanmışdır. Baxmayaraq ki, hidroaerodinamika mexanikada yaxşı məlum olan üç qanuna – kütlənin, impulsun və enerjinin saxlanması qanunlarına əsaslanır, onların burada ifadə edilməsi bir az mürəkkəbdir. Məsələn, kütlənin saxlanması qanununun tərifi adətən belə olur: cisimlər sisteminin kütləsi dəyişməz qalır. Boruda axan maye üçün bu qanun *kəsilməzlik tənliyi* adlanan aşağıdakı tənlik şəklində istifadə olunur:

$$\upsilon S = \text{const}.$$

Burada υ – mayenin sürəti, S – maye axan borunun en kəsiyinin sahəsidir. Bu qanunu belə də ifadə etmək olar: əgər axının şərti dəyişmirsə, onda həcmə, baxılan halda boruya nə qədər maye tökülürsə, bir o qədər də maye çıxmalıdır. Borunun dar hissələrində sürət, geniş hissələrinə nisbətən böyükdür.

Əgər bərabərsürətli hava axınının sürəti səs sürətinə qədər olan təyyarə qanadının profilini necə əhatə edərək axdığına baxsaq, görərik ki, *cərəyan xətləri* (selin sürət vektorunun toxunduğu xətlər) aşağıdan o qədər çox təhrif olunmayıb; orada sürətin artımı cüzidir. Qanadın yuxarı tərəfi hava axınını xeyli güclü dəyişdirir – orada cərəyan xətləri sıxılır və sürət axının özündəki sürətdən xeyli böyük olur.

Hidromexanikanın ən mühüm tənliklərindən biri 1738-ci ildə isveçrəli alim Daniil Bernulli tərəfindən alınmışdı. O, ilk dəfə sıxılmayan *ideal mayenin* (ideal mayenin elementləri

DANİİL BERNULLİ

İsveçrəli alim Daniil Bernulli bir çox üzvləri tanınmış riyaziyyatçı və fiziklər olmuş Holland mənşəli ailədən çıxmışdır. Bu pleyadanın yaşlı nümayəndələri – iki qardaş, Yakob Bernulli (1654-1705) və İohann Bernulli (1667-1748) Qotfrid Vilhelm Leybnisin tələbələri və silahdaşları olmuş və onun kəşf etdiyi sonsuz kiçiliklər hesabının işlənilib hazırlanmasında iştirak etmişlər.

Yakob Bernulli braxistoxronun (*yun.* "braxistos" – "ən qısa" və "xronos" – "zaman"), yəni ən tez düşmə əyrisinin formasının müəyyən edilməsinə dair mexanikanın xüsusi məsələsilə məşğul olaraq, riyazi analizin bütöv bir istiqamətini – variasiya hesabını yaratmışdır. O, ilk dəfə cismin ağırlıq qüvvəsi sahəsindəki hərəkətilə işıq şüasının qeyri-bircins mühitdə hərəkəti arasındakı analogiyadan (optika – mexaniki analogiya) istifadə etmişdir və bu fizikanın inkişafında mühüm rol oynamışdır. "Fərziyyələr sənəti" adlı əsərində Yakob Bernulli ehtimallar nəzəriyyəsinin əsaslarını (Bernulli paylanması adlanan paylanma, Bernulli sınaqlarının asılı olmayan sxemi) qoymuşdur. Bu əsər 1713-cü ildə, onun ölümündən sonra çap olunmuşdur.

Yakobun kiçik qardaşı və tələbəsi İohann Bernulli inteqral hesabının yaradılmasını başa çatdırdı və variasiya metodlarını həndəsə məsələlərinin həllinə tətbiq etdi. Bundan başqa, o, iş anlayışını tətbiq etdi, onun zəncirvari xəttin formasının təyini metodu isə tikinti statikasının əsasına çevrildi.

İohannın oğlu Daniil Bernulli (1700-1782) bu məşhur sülalənin haqlı olaraq ən görkəmli nümayəndəsi hesab edilir. Qroningendə doğulmuş Daniilin uşaqlığı mötəbərliyə və əminliyə nail olmuş elmli adamın ailəsi üçün tipik olan bir şəraitdə keçmişdir. İohann Daniil üçün tələbkar, lakin qayğıkeş ata və müəllim olmuşdur. Universitetdə riyaziyyatdan müntəzəm mühazirələrlə yanaşı, o həmçinin eksperimental fizikadan kurs oxumuşdu (bundan əvvəl qardaşı Yakob kimi). İohannın o dövr üçün yeni olan bu fənnə aid mühazirələri böyük kütləvi maraq doğurmuşdu. İohann Bernullinin həyat və yaradıcılığının bu dövrü Daniilin taleyində, demək olar ki, Peterburq Elmlər Akademiyasında işləyərkən eynilə təkrarlanmışdı: riyaziyyatdan eyni sistematik məşğələlər, eksperimental fizikanın praktik problemlərinə eyni dərin maraq.

1716-cı ildə Bazel universitetini bitirərək və fəlsəfə magistri dərəcəsi alaraq, Daniil atasının məsləhətilə Bazeldə təbabəti öyrənməyə başladı, sonra isə tibb məşğələlərini Heydelberq və Strasburqda davam etdirdi. 1721-ci ildə o, tibb lisensiatı dərəcəsini almış, 1724-cü ildə isə ilk nəhəng "Riyazi məşğələlər" işini çapdan buraxmışdı. Onun əsas hissəsi qabdan mayenin axması məsələsinə həsr olunmuşdur. Tibbi baxımdan Bernullini mayenin (qanın) qan damarlarında axma sürətinin təyini məsələləri, qan təzyiqinin bu hərəkətin xarakterinə təsiri və s. maraqlandırırdı. Gənc Daniil tibbdə müxtəlif məsələlərlə maraqlanır, onların fiziki mahiyyətinə varırdı, yarıintuitiv onların həllinə optimal yanaşma axtarırdı. Lakin məsələlərin mahiyyəti sırf hidrodinamiki idi. Sonralar (1738-ci il) "Hidrodinamika"da onlar öz sonrakı inkişafını tapdılar: mayenin "damcılara" bölünməsinə dair həminki mühakimələr, təsir və əks-təsirin bərabərliyi prinsipinin mövqeyindən həminki dəlillər və s.

1725-ci ildə Daniil Bernulli, digər xarici alimlər qrupu ilə birlikdə Peterburq Elmlər Akademiyasının fəxri üzvü kimi dəvət olunmuşdu. 1730-cu ilə qədər o, fiziologiya kafedrasında işləmiş, 1730-1733-cü illərdə sırf riyaziyyat kafedrasına rəhbərlik etmişdir. 1733-cü ildə Daniil Bernulli Bazelə qayıtdı və universitetdə anatomiya və botanika kafedrasına, 1750-ci ildən ömrünün sonuna qədər isə təcrübi fizika kafedrasına başçılıq etdi.

Daniil XVIII yüzilliyin ən görkəmli fizik və riyaziyyatçılarından biri olmuşdur. Paris Kral Akademiyası riyaziyyat və fizika məsələləri üzrə ən yaxşı işlərinə görə on dəfə ona mükafat vermişdi. 1734-cü ildə isə "Planetar orbitlərin Günəş ekvatoruna müxtəlif meyilliliklərinin səbəblərinə dair" əsərinə görə o, həmin akademiyanın ikiqat mükafatını öz atası İohannla bölüşdürdü.

Daniilin bir çox tədqiqat işləri, onun üzvü olduğu Peterburq, Paris, Berlin akademiyalarının və digər akademiyaların "Əsərləri"ndə çap olunmuşdur.



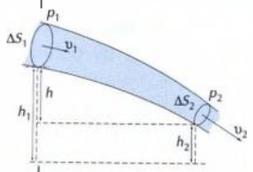
D.Bernulli.

Daniil Bernullinin əsas elmi maraqları – hidrodinamika, qazların kinetik nəzəriyyəsi və rəqslər nəzəriyyəsi olmuşdur. O, Boyl-Mariott qanununu əsaslandırdı, simin rəqslərinin diferensial tənliyini təklif etdi və qaçan dalğalar şəklində onun həllini tapdı. Özünün şah əsəri olan "Hidrodinamika və ya mayenin qüvvə və hərəkətinin izahı"nda, həmçinin bir sıra xatirələrində Daniil canlı qüvvələr (müasir elmi dildə bu anlayışa kinetik enerjiyə uyğundur) haqqında Leybnisin təsəvvürlərini inkişaf etdirmişdir. Onları səlt mühit elementlərinə tətbiq edərək, ideal mayenin stasionar hərəkətinin, indi onun adını daşıyan tənliyini çıxarmışdır.

arasında, həmçinin ideal maye ilə qabın divarları arasında sürtünmə qüvvələri yoxdur) hərəkətini təsvir edən tənliyi yazmağa nail olmuşdur. Bernulli tənliyi aşağıdakı şəklə malikdir:

$$p+\frac{\rho v^2}{2}+\rho g h=\text{const},$$

burada p – mayenin təzyiqi, ρ – onun sıxlığı, v – hərəkət sürəti, g – sərbəstdüşmə təcili və h – maye elementinin yerləşdiyi hündürlükdür.



Bernulli tənliyinin çıxarılışına dair.

Bernulli tənliyi enerjinin saxlanması qanununu və ideal maye axınının kəsilməzliyini ifadə edir. Kəsilməzlik tənliyi üçün olduğu kimi, fərz olunur ki, maye müəyyən boruda (və ya cərəyan borusunda) axır, borunun en kəsiyi səlis dəyişir və zaman keçdikcə axının mənzərəsi dəyişmir (stasionar axın). Δt zamanı ərzində $\Delta m = \rho S_1 v_1 \Delta t = \rho S_2 v_2 \Delta t$ kütləli maye elementi h_1 səviyyəsindən h_2 səviyyəsinə düşmüş, onun sürəti isə v_1-dən v_2-yə qədər artmışdır. Maye elementinin kinetik enerjisinin artımı aşağıdakı ifadəyə bərabərdir:

$$\Delta E_k = \Delta m\left(\frac{v_2^2}{2}-\frac{v_1^2}{2}\right)=\frac{1}{2}\rho\,\Delta t\left(S_2 v_2^3 - S_1 v_1^3\right).$$

Bu elementin potensial enerjisinin dəyişməsi

$$\Delta E_p = \Delta m g\,(h_2 - h_1) =$$
$$= \rho g \Delta t\,(S_2 v_2 h_2 - S_1 v_1 h_1)$$

təşkil edir.

Təzyiq qüvvələrinin maye elementinin yerdəyişməsi zamanı onun üzərində gördüyü iş $A = p_1 S_1 v_1 \Delta t - p_2 S_2 v_2 \Delta t^2$-a bərabərdir. Enerjinin saxlanması qanununu yazaq:

$$A = \Delta E_k + \Delta E_p$$

Yerinə yazdıqdan və ixtisarlar apardıqdan sonra alırıq:

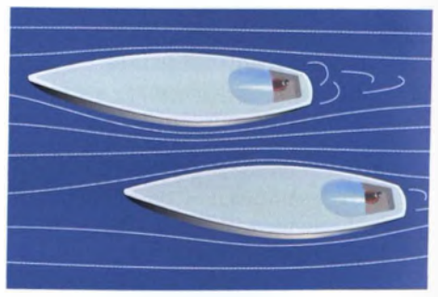
$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2$$

və ya

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{const}.$$

Bu tənlikdə bütün toplananlar təzyiq vahidi ilə ölçülür və uyğun olaraq: p – statistik təzyiq, $\frac{\rho v^2}{2}$ – dinamik təzyiq, $\rho g h$ – çəki təzyiq adlanır. Qeyd etmək olar ki, sürət olmadıqda Bernulli tənliyi hidrostatik düstura çevrilir. Nyutonun ikinci qanununa görə, sürətin dəyişməsi mayeyə təsir edən qüvvənin təsiri ilə baş verir. Baxılan halda bu, ya ağırlıq qüvvəsi mg və ya da axan mayenin həcminə təsir edən təzyiqlər fərqidir. Bernulli tənliyində üç toplanan var: $\frac{\rho v^2}{2}$ – hərəkət edən mayenin vahid həcminin kinetik enerjisi; $\rho g h$ – mayenin vahid həcminin potensial enerjisi. Bu iki toplanan maddi nöqtə üçün enerjinin saxlanması qanunundakı hədlərlə tam eynidir. Hidromexanikanın xüsusiyyəti p təzyiqinin olmasında özünü göstərir – borunun (və ya cərəyan borucuğunun) müxtəlif hissələrindəki təzyiqlər düşküsü mayeni təcillə hərəkət etməyə vadar edir və məhz buna görədir ki, Bernulli düsturunda mayenin vahid həcminin kinetik və potensial enerjilərilə yanaşı, həm də təzyiq iştirak edir.

Deməli, əgər boru (və ya cərəyan borucuğu) elə qurulmuşdursa ki, orada



▶ Paralel kursla gedən gəmilərə su tərəfindən, onları bir-birinə itələyən hidrostatik qüvvələr təsir edir.



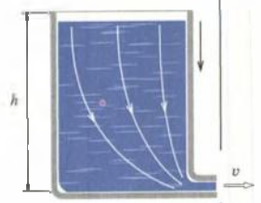
Evancelista Torriçelli (1608-1647) – italyan fiziki və riyaziyyatçısı, Qalileo Qalileyin tələbəsi. Civəli barometri, spirtli termometri və bir çox digərlərini ixtira etmişdir.

təzyiq sabit qalır, onda maye üçün Bernulli tənliyi sadəcə maddi nöqtə üçün enerjinin saxlanması qanunu ilə üst-üstə düşür. Yox, əgər boru elə qurulmuşdursa ki, h hündürlüyünün dəyişməsini nəzərə almamaq olar (maddənin sıxlığının az olması və ya bu hündürlüyün az dəyişməsi sayəsində), onda nəticə bir qədər gözlənilməz alınır. Kəsilməzlik tənliyinə uyğun olaraq borunun dar hissələrində sürət böyüyür, deməli, orada təzyiq azalmalıdır. Bu nəticə təbiidir, çünki sürətin artımı (təcil) yalnız təzyiqlər düşküsü hesabına təmin oluna bilər və sürətin böyük olduğu yerlərdə təzyiq kiçik olmalıdır.

Ona görə də boru vasitəsilə maye axıdanda "Hara nazikdirsə, ora da partlayır" və əksinə, zərbi-məsəli dəqiqliklə yerini tapır. Borularda maksimal təzyiq, məhz, borunun maksimal en kəsiyinə malik olduğu yerlərində qərarlaşır; burada material dözməyib, partlaya bilər. Bu mənada borunun dar hissələri təhlükəsizdir, lakin onlarda təzyiq o qədər düşə bilər ki, maye qaynayar – bu da boru materialının dağılmasına səbəb ola bilər.

Bernulli tənliyi mayelərdə və qazlarda baş verən bir çox hadisələri sadə izah edir. Məsələn, bərabərsürətli hava axınının əhatə etdiyi təyyarə qanadını xatırlayın. Hətta qanadda *hücum bucağı* (*qalxma bucağı*) olmadıqda, yəni qarşıdan gələn axının istiqamətinə nəzərən meyil olmadıqda da yuxarı yönəlmiş qaldırıcı qüvvə mövcud olur. O haradan çıxır? Məhz qanadın belə formasının sayəsində kəsilməzlik tənliyinə uyğun olaraq, alınır ki, qanadın altında havanın sürəti qanadın üstündəki sürətdən azdır. Bernulli tənliyinə görə, bu, o deməkdir ki, təzyiq qanadın altında qanadın üstəkindən çoxdur. Təzyiqlər fərqi məhz qaldırıcı qüvvə yaradır.

Dəniz və çay gəmilərinin kapitanları Bernulli tənliyinin amansız təzahürü ilə yaxşı tanışdırlar. Əgər iki gəmi bir-birinə çox yaxın məsafədə paralel kursla hərəkət edirsə, onda gəmiləri bir-birinə tərəf itələyən hidrodinamik qüvvə yaranır ki, bunun nəticəsində gəmi qəzası baş verə bilər. Bernulli düsturu bu qüvvənin niyə yarandığını anlamağa imkan verir. Kəsilməzlik qanunundan çıxır ki, gəmilər arasında suyun nisbi sürəti xaricdəkindən böyük olacaqdır. Bu özünü onda göstərəcək ki, gəmilərarası fəzada suyun gəmilərə təzyiqi xaricdəkindən kiçik olacaq. Məhz gəmilərin müxtəlif tərəflərində təzyiqlər düşküsü, onları bir-birinə itələyən qüvvə yaradır.



Aşağıdakı deşikdən mayenin axma sürəti Torriçelli qanununa tabedir: $v = \sqrt{2gh}$.



Kavitasiya (*lat.* cavitas – "dərinlik", "boşluq") hadisəsi də Bernulli tənliyi ilə izah olunur. Əgər hər hansı səbəbdən axın sürəti xeyli artarsa, onda təzyiq güclü sürətdə azalar – o qədər azalar ki, maye qaynayar. Mayeni çox dar borudan buraxmaqla belə sürəti almaq olar. Gəminin vinti sür-



Pito-Prandtl borucuğu – axının sürətini ölçmək üçün cihazdır. *B* nöqtəsində mayenin təzyiqi *p*-yə bərabərdir. *A* nöqtəsində axın tormozlanır – orada tam təzyiq $p + \rho v^2/2$-yə bərabərdir. Təzyiqlər fərqi manometrdəki səviyyələr fərqilə ölçülür: $\rho v^2/2 = \rho g \Delta h$. Bu cihaz fransız alimi Anri Pito tərəfindən 1732-ci ildə ixtira olunmuşdur, sonralar isə Lüdviq Prandtl tərəfindən təkmilləşdirilmişdir.

"...O, gözəl çəmənlik və onun ortasında Ayın işıqlandırdığı dördpəncərəli balaca evcik gördü. Pəncərə taxtalarında Günəş, Ay və ulduzlar çəkilmişdi. Ətrafda mavi güllər bitmişdi. Yollara təmiz qum tökülmüşdü. Fontandan nazik su şırnağı vururdu, bu şırnaqda zolaqlı top rəqs edirdi".

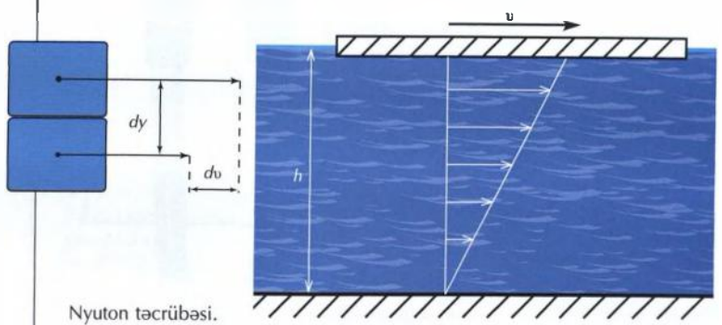
A.N.Tolstoyun "Qızıl açar və ya Buratinonun sərgüzəştləri" nağılından.



ətlə fırlandıqda böyük sürətlər yaranır. Hərəkət edən mayedə, təzyiqin aşağı düşməsi nəticəsində, boşluqların (qabarcıqların) yaranması prosesi məhz kavitasiya adlanır.

Belə görünə bilərdi ki, zərərsiz qabarcıqlardan qorxmağa dəyməz, lakin onlar tezliklə mayenin normal təzyiqli oblastına düşür və orada partlayırlar. Bu partlayışlar gəmi vintinin və ya maye axan borunun tez bir zamanda yeyilməsinə və dağılmasına gətirib çıxarmaq iqtidarında olan hidrodinamiki effektlərlə müşayiət olunur.

Bernulli qanunu manometrin (*yun.* "manos" – "nadir", "sıx olmayan" və "metreo" – "ölçürəm") – maye və qazların təzyiqini ölçən cihazın köməyilə mayenin və ya qazın təzyiqini ölçməyə imkan verir.



Nyuton təcrübəsi.

Əgər geniş qabın dibi yaxınlığında böyük olmayan deşik açsaq, onda suyun bu qabdan hansı sürətlə axacağını hesablamaq olar: $v = \sqrt{2gh}$, burada h – mayenin qabdakı səviyyəsidir. Torriççeli qanunu kimi məşhur olan bu düstur da Bernulli qanunundan alınır.

Bernulli qanununun köməyilə izah olunan sadə eksperimentləri ev şəraitində də aparmaq olar. Məsələn, su kranından su şırnağını şaquli yuxarı yönəltsək (rezin borunun köməyilə) və bu şırnaqda stolüstü tennis kürəciyini yerləşdirsək, onda kürəcik fontanın zirvəsində qalacaqdır. Su şırnağını tozsorandan çıxan hava şırnağı ilə (tozsoranın şlanqı hava qovulan tərəfdən qoşulmalıdır), stolüstü tennis kürəciyini isə tennis topu ilə əvəz etmək olar. Hətta əgər şırnağı şaquli istiqamətdən bir qədər əysək, top, fərqi yoxdur, şırnaqda qalacaqdır.

Kağız vərəqi kələ-kötür səthdən qaldırmaq üçün ona qıflı borucuqdan üfürmək lazımdır.

EYLER VƏ NAVYE-STOKS HİDRODİNAMİKASI

Bernulli tənliyi bir sıra maraqlı hidrodinamik hadisələri izah etməyə imkan verir, lakin hərəkət edən maye və qazlarda baş verən daha çoxsaylı hadisələri onun köməyilə izah etmək olmaz. Bu tənlikdən istifadə edərək, təbiətdə mümkün olmayan paradoksal nəticələrə gəlib çıxmaq olar. O cümlədən alınır ki, maye en kəsiyi sabit olan boruda axarkən təzyiq düşmür və maye müqavimətə məruz qalmadan axır. Düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən cisimlər də müqavimətə məruz qalmamalıdır. Bu hadisə Dalamber-Eyler paradoksu adlanır, çünki onu fransız

alimi Jan Leron Dalamber 1744-cü ildə və Peterburq akademiki Leonard Eyler 1745-ci ildə aşkar etmişlər. Bu kimi qəribə xassələrə malik olan mayelərə təbiətdə rast gəlinmir, ona görə də belə nəzəri mayeni ideal maye adlandırdılar. XIX əsrdə, adətən yeni elmin yaranacağından xəbər verən bir vəziyyət yaranmışdı: eksperimentatorlar izah oluna bilməyən hidrodinamik hadisələr müşahidə edirdi və qeydə alırdılar, nəzəriyyəçilər isə ideal maye haqqındakı təsəvvürlərə əsaslanaraq, reallıqla çox pis uzlaşan nəticələr alırdılar.

İdeal mayenin hərəkətinin diferensial tənliklərini çıxararkən Eyler fərz etdi ki, mayedə istənilən səthə təsir edən qüvvələr, tərpənməz mayedə olduğu kimi, bu səthin özünə perpendikulyardır. Belə fərziyyə hərəkət tənliklərini xeyli sadələşdirdi, onların həllini tapmağa və mayenin hərəkətini analitik təsvir etməyə imkan verdi. Bəzən buna bənzər sadələşdirmələr özünü doğruldur, bəzən isə yox, ancaq, əlbəttə bilmək lazımdır ki, nə vaxt və nə üçün Eyler hidrodinamikası – ideal maye nəzəriyyəsi – işləməyə bilmir.

Real maye ideal mayedən onunla fərqlənir ki, real maye daxili sürtünməyə və ya özlülüyə malikdir. Mayenin eyni bir istiqamətdə, lakin müxtəlif sürətlərlə hərəkət edən iki toxunan elementi bir-birinə təsir edir. Qarşılıqlı təsir qüvvəsi yavaş hərəkət edən maye elementini sürətləndirir və daha sürətlini isə yavaşıdır. Nyuton fərz etmişdi ki, (daxili sürtünmə qüvvəsi adlanan) bu qüvvənin qiyməti maye elementlərinin sürətlər fərqilə düz mütənasibdir.

Əlbəttə, səlt mühitdə heç bir element yoxdur və bu anlayışdan yalnız əyanilik üçün istifadə edirlər, mayenin sürəti isə kəsilməz paylanmışdır. Deməli, daxili sürtünmə qüvvəsi F mayenin v sürətinin hərəkətə perpendikulyar istiqamətdəki dəyişməsilə mütənasibdir və maye elementlərinin toxunma səthlərinin S sahəsindən asılıdır:

$$F = \eta \frac{dv}{dy} S.$$

Bu, özlü maye üçün Nyuton qanunudur. Buradakı mütənasiblik əmsalı (η) dinamik özlülük əmsalı adlanır. Daxili sürtünməsi sürətin dəyişməsindən bu cür asılı olan mayelərə *Nyuton mayeləri* və ya xətti özlülü mayelər deyilir.

Dinamik özlülük əmsalının qiymətini (və baxılan qanunun doğruluğunu) Nyuton mürəkkəb olmayan təcrübənin köməyilə təyin etmişdi: o, mayenin səthi üzrə müstəvi lövhəciyi bu və ya digər sürətlə hərəkət etdirdi. Məlum oldu ki, bu sürəti sabit saxlamaq üçün mayenin kiçik dərinliyində S səthilə və lövhəciyin v sürətilə düz mütənasib, mayenin h dərinliyilə isə tərs mütənasib olan qüvvə tələb olunur:

$$F = \eta \frac{v}{h} S.$$

Baxmayaraq ki, mayenin h dərinliyini artıranda lövhəciyin özlü sürtünmə qüvvəsi nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olmur, bu düstur toxunan maye elementləri arasındakı qarşılıqlı təsiri xeyli dəqiq təsvir edir. Sürətlər arasındakı fərq böyük olduqca, onların bir-birilə qarşılıqlı təsir qüvvəsi, çox yeyin hərəkət edən elementləri tormozlanmağa və çox yavaş elementləri isə sürətlənməyə məcbur edərək, bir o qədər böyük olur. Nəticədə mayedə nisbi hərəkət yox olur (lakin bəzən bu çox uzun da çəkə bilər).

Özlü sürtünmənin mayenin hərəkət sürətinin dəyişməsindən xətti asılılığının daha dəqiq ifadəsi Navye-Stoks

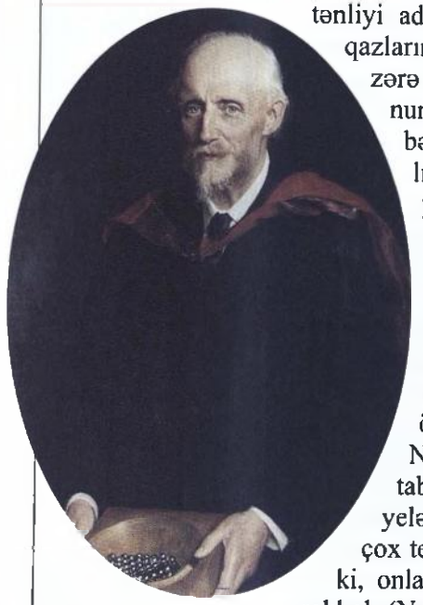


L.M.A.Navye.

Özlü mayenin (qazın) diferensial hərəkət tənliklərini 1822-ci ildə fransız mühəndisi və tikinti mexanikası tədqiqatçısı Lui Mari Anri Navye (1785-1836) ifadə etmişdir. XIX əsrin ortalarında onları ingilis fiziki və riyaziyyatçısı Corc Qabriel Stoks (1819-1903) tamamlamışdır.



Corc Qabriel Stoks.



O.Reynolds.

tənliyi adlanır. Bu tənlik maye və qazların sıxılma qabiliyyətini nəzərə alır və Nyuton qanunundan fərqli olaraq, yalnız bərk cismin səthi yaxınlığında yox, həm də mayenin hər bir nöqtəsində doğrudur (bərk cismin səthi yaxınlığında sıxılmayan maye halında Navye-Stoks tənliyi və Nyuton qanunu üst-üstə düşür). Səltlik şərtinin ödənildiyi istənilən qazlar Navye-Stoks tənliyinə də tabe olur, yəni Nyuton mayeləridir. Mayelər arasında çox tez-tez elələrinə rast gəlinir ki, onların dinamikası daha mürəkkəb (Navye-Stoks tənliyi ilə müqayisədə) münasibətlərlə təsvir olunur: məsələn, qatılaşmış boyalar, laklar, tikinti məhlulları, bal, qatran, gilli və palçıqlı süxurlar və s. Su, benzin, spirt, qliserin və bir çox digər mayelər Nyuton mayeləridir.

Maye və qazın özlülüyü adətən yalnız nisbətən kiçik sürətlərdə əhəmiyyət kəsb edir, ona görə bəzən deyirlər ki, Eyler hidrodinamikası böyük sürətlər üçün Navye-Stoks hidrodinamikasının xüsusi (limit) halıdır. Kiçik sürətlərdə Nyutonun özlü sürtünmə qanununa uyğun olaraq, cismin müqavimət qüvvəsi sürətlə mütənasibdir. Böyük sürətlərdə, yəni özlülük mühüm rol oynamadığı zaman, cismin müqaviməti sürətin kvadratı ilə mütənasibdir (bunu ilk dəfə Nyuton aşkar etmiş və əsaslandırmışdır). Bu cür asılılığı ingilis fiziki və mühəndisi Osborn Reynolds (1842-1912) daxil etmişdir.

Özlülüyü nəzərə almağa ehtiyac varmı sualına cavab verməyə kömək edən kriteriya *Reynolds ədədi* Re-dir. Reynolds ədədi axan mayenin elementinin hərəkət enerjisinin daxili sürtünmə qüvvələrinin işinə nisbətinə bərabərdir.

Tilinin uzunluğu l olan kubşəkilli maye elementinə baxaq. Bu elementin kinetik enerjisi

$$E_к = \rho \frac{l^3 v^2}{2}.$$

ifadəsinə bərabərdir.

Nyuton qanununa görə, maye elementinə təsir edən sürtünmə qüvvəsi belə təyin olunur:

$$F = \eta \frac{v}{l} l^2 = \eta v l.$$

Maye elementi l məsafəsi qədər yerini dəyişərkən, bu qüvvənin işi

$$A = Fl = \eta v l^2,$$

təşkil edir, maye elementinin kinetik enerjisinin sürtünmə qüvvəsinin işinə nisbəti isə

$$\frac{E_к}{A} = \frac{\rho l^3 v^2}{2\eta v l^2} = \frac{\rho l v}{2\eta},$$

buradakı $\frac{\rho l v}{\eta} = \mathrm{Re}$ nisbətinə Reynolds ədədi deyirlər. Beləliklə, Re ölçüsüz kəmiyyət olub, özlülük qüvvələrinin nisbi rolunu xarakterizə edir. Məsələn, əgər mayenin və ya qazın toxunduğu cismin ölçüləri çox kiçikdirsə, onda hətta çox da böyük olmayan özlülükdə Re cüzi olacaq və sürtünmə qüvvələri üstün rol oynayacaq. Əksinə, əgər cismin ölçüləri və sürəti böyükdürsə, onda Re >> 1 və hətta böyük özlülük də hərəkətin xarakterinə təsir etməyəcəkdir.

Lakin heç də həmişə böyük Reynolds ədədləri özlülüyün heç bir rol oynamadığını göstərmir. Məsələn, Re ədədi çox böyük qiymətə (bir neçə on və ya yüz minə) çatan zaman səlis *laminar* (*lat.* lamia – "lövhəcik") *axın*

mayenin xaotik, qeyri-stasionar hərəkətlərilə müşayiət olunan *turbulent* (*lat.* turbulentus – "coşqun", "nizamsız") *axına* çevrilir. Su kranını tədricən açmaqla, bu effekti müşahidə etmək olar: nazik şırnaq adətən səlis axır, lakin suyun sürəti artdıqca, axının səlisliyi pozulur. Böyük təzyiqlə axan su şırnağında maye hissəcikləri rəqs edərək, nizamsız yerdəyişmələr edir, bütün hərəkət güclü qarışdırılmaqla müşayiət olunur.

Turbulentliyin meydana çıxması uçan aparatların ön müqavimətini və ona oxşar xarakteristikalarını olduqca çox artırır (su kəmərində də eyni təzyiqlər düşküsündə turbulent axınının sürəti laminar axının sürətindən kiçikdir).

Lakin turbulentlik heç də həmişə pis deyil. Turbulentlik zamanı qarışdırılma çox olduğuna görə, istilik mübadiləsi – aqreqatların soyuması və qızması xeyli intensiv baş verir; kimyəvi reaksiyaların yayılması daha tez baş verir. Lakin ən təəccüblüsü odur ki, turbulentlik bəzi cisimlərin müqavimətini azalda bilər. Bu xüsusiyyətdən praktikada istifadə edirlər, onun ən əyani tətbiqi idmandadır. Əgər qolf topunun formasına diqqət yetirsək, asanlıqla görərik ki, o, ideal yumru deyil, kiçicik batıqlarla örtülmüşdür. Onlar turbulizatorlar rolunu oynayır – laminar axını turbulent axınına çevirir. Məlum olur ki, turbulent axınında topun müqaviməti laminar axınındakına nisbətən təxminən altı dəfə azdır və top daha uzağa gedir. Voleybolçular da xüsusi zərbə texnikası tətbiq edərək, turbulentlik hadisəsindən istifadə edirlər; zərbə zamanı top öz uçuşunun əvvəlində turbulent hava axını ilə əhatə olunur. Topun turbulent müqaviməti nisbətən kiçikdir, ancaq sıfır deyil və onun sayəsində topun sürəti azalacaq və bunun nəticəsində axının dövrələməsi rejimi laminar rejim olacaqdır. Bu müqaviməti çox artırır, topun uçuş trayektoriyası kəskin aşağı gedir. Topun belə mürəkkəb davranışı, bir qayda olaraq, qarşı komandanın təcrübəsiz oyunçusunu çaş-baş salır. Bu cür olduqca məkrli zərbə zamanı topun başlanğıc sürəti çox da böyük olmayan intervalda dəyişə bilər.

Adətən topu çox güclü zərbə ilə oyuna daxil edirlər və bu zaman, praktiki olaraq, onun bütün uçuşu turbulent rejimdə baş verir, ya da oyuna çox zəif daxil edilir – onda dövrələmə axını laminar olur.

HİDROAEROMEXANİKANIN QƏRİBƏ HADİSƏLƏRİ

HİDRAVLİK ZƏRBƏ

Hidroaeromexanika nöqteyi-nəzərindən mayelər və qazlar öz aralarında çox bənzərdir. Lakin mayenin sıxlığı qazın sıxlığından dəfələrlə böyükdür. Məsələn, suyun sıxlığı normal şəraitdə havanın sıxlığından təxminən 800 dəfə böyükdür. Ona görə də dəniz və çay gəmilərinin pərləri təyyarələrin propellerlərindən xeyli azdır, çünki ağır maye yüngül havadan daha effektlə "işləyir". Bu səbəbdən də maye çox təhlükəli ola və qəza doğura bilər.

Nə üçün qaz və su kranları fərqli qurulmuşdur? Qaz kranının konstruksiyası xeyli sadədir: dəstəyin dörddə-bir dövr qədər döndərilməsi boruda qazın yolunu kəsir. Nə vaxtlarsa su kranları da demək olar ki, bu cür

olmuşdur. Onlar tez-tez su axıcı sistemlərin qəzasına səbəb olurdu. İndi buna oxşar, sadə qurulmuş kranlar ancaq samovarlarda qalmışdır. Əgər kran, böyük təzyiq altında olan suyu açırsa (məsələn, yanğın kranı), onda onu uzun müddət burmaq lazımdır ki, su bağlansın və ya tam təzyiqlə açılsın.

Əgər boruda axan suyu bərk qapaqla qəflətən dayandırsaq, nə baş verər? Hidroaeromexanika bu suala asanlıqla cavab verməyə imkan verir: boruda təzyiq $\rho v a$ kəmiyyəti qədər artır, burada ρ – mayenin və ya qazın sıxlığı, v – axının sürəti və a – səsin sürətidir. Su axan boruda səsin sürəti 1400 m/san-dir, ona görə də, məsələn, əgər su boruda 2 m/san sürətilə axırdısa, onda asanlıqla hesablamaq olar ki, təzyiq təxminən $28 \cdot 10^5$ Pa qədər artacaqdır (bu da atmosfer təzyiqindən 28 dəfə böyükdür). Tutaq ki, qapağın sahəsi 5 sm^2-dir; su ona 1400 N qüvvə ilə təzyiq edəcəkdir. Həm də səsin sürətinin 1400 m/san olması o deməkdir ki, boruda yüksəlmiş təzyiq məhz bu sürətlə yayılmağa başlayacaqdır. Əgər harada isə borunun möhkəm olmayan hissəsi aşkara çıxarsa, o, partlayacaqdır. Qaz mayeyə nisbətən xeyli kiçik sıxlığa malikdir, həm də səsin qazda sürəti bir neçə dəfə kiçikdir, ona görə də qaz, hətta böyük təzyiq altında olsa belə, hidravlik zərbəyə oxşar zərbə yarada bilməz.



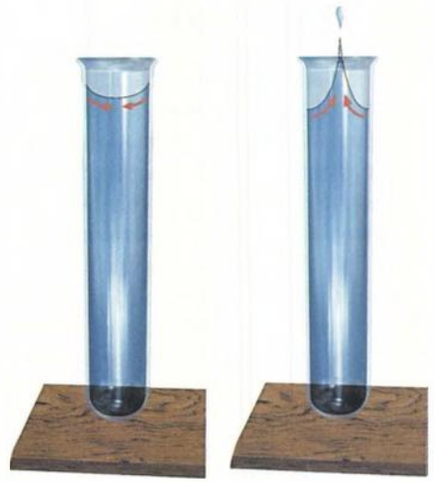
Yeri gəlmişkən, suyu kəskin bağlayırlarsa, onda qapağın əks tərəfində də pis hadisə baş verə bilər. Əgər qapaqdan o biri tərəfdə su seli xeyli uzundursa, onda, analogiyaya görə, təzyiq düşməlidir (baxılan misalda təxminən 28 atmosferə qədər) ki, bu da əlbəttə, mümkün deyil, çünki mayedə təzyiq mənfi ola bilməz. Ona görə də orada vakuum yaranır – daha dəqiq desək, maye ətaləti üzrə hərəkət edərək qapaqdan ayrılır, maye ilə qapaq arasındakı fəza isə çox alçaqtəzyiqli su buxarı ilə dolacaqdır. Nəhayət, su axını xarici təzyiqin təsiri altında tormozlanacaq, dayanacaq və artan sürətlə əks istiqamətdə hərəkət edəcəkdir. Nəticədə hidravlik zərbə qapağın əks tərəfində də təkrarlanacaqdır.

Hidravlik zərbə həm də faydalı rol oynaya bilər. Əgər zədələnmə artıq varsa, onun yerini axtarıb tapmaq üçün boru kəmərinin xeyli hissəsini qazıb çıxarmaq lazım gəlir. Kiçik bir hidravlik zərbə ağır zəhmət tələb edən işdən qaçmağa və sızan yeri dəqiq təyin etməyə imkan verir. Zərbə boru ilə qaçan dalğa yaradacaqdır; bu dalğa zədələnmiş yerdən əks olunaraq, müəyyən vaxtdan sonra geri qayıdacaqdır. Həmin zamana görə zədələnmiş yerə qədər olan məsafəni təyin etmək asandır.

KUMULYATİV EFFEKT

Sadə təcrübədə hidrozərbə hadisəsini doğurmaq olar. Bunun üçün içərisində su olan sınaq şüşəsi və bərk səth lazım olacaqdır. Əgər müəyyən hündürlükdən içərisində su olan və şaquli vəziyyətdə tutduğumuz sınaq şüşəsini əlimizdən stolun üstünə buraxsaq, nə baş verər? Bu təcrübədə sınaq şüşəsi sına bilər, ona görə ehtiyat tədbirləri görmək lazımdır. Eksperimentin uğursuz sonluğundan yaxa qurtarmaq üçün, sınaq şüşəsini kiçik hündürlükdən, 1-2 sm-dən buraxmaq lazımdır.

Sınaq şüşəsinin stol səthilə kontaktı zamanı hidrozərbə başlayır, ancaq indi suyun şaquli hərəkətini tormozlayan qapaq rolunu sınaq şüşəsinin dibi oynayır. Birdən-birə dayanan su kütləsində təzyiq artır, lakin əlbəttə, suyun, sınaq şüşəsinə nisbətən daha az deformasiyaya məruz qalan davamlı metal boruda hərəkəti zamanı olduğu kimi, elə çox böyük yox. Əgər sınaq şüşəsində suyun səthi üfüqidirsə, məsələn, sınaq şüşəsi daxildən nazik parafin təbəqəsilə örtülmüşdürsə, onda maraqlı bir şey baş verməyəcəkdir. Lakin adi təmiz şüşəni su isladır, belə ki, sınaq şüşəsinə yandan baxdıqda asanlıqla görünən çökük səth – menisk (*yun.* "meniskos" – "yarımay") əmələ gəlir. Belə forma ağırlıq qüvvəsi ilə səthi gərilmə qüvvələrinin tarazlığına uyğundur. Sınaq şüşəsi sərbəst düşən zaman ağırlıq qüvvəsi səthi gərilməni tutub saxlamır və maye, meniskin əyriliyini artıraraq, sınaq şüşəsinin divarları üzrə axmağa başlayır. Stola zərbə anında, əksinə, ağırlıq qüvvəsinə mayenin hərəkətinin ətaləti əlavə olunacaqdır və səthi gərilmə qüvvələri sınaq şüşəsində su səthinin çox cəld düzlənməsinə mane ola bilməyəcəkdir. Yaranan axın nəticəsində maye meniskin kənarlarından onun, sınaq şüşəsinin simmetriya oxu üzərində olan aşağı hissəsinə hərəkət edəcək və bunun nəticəsində, nazik su şırnağı yuxarı yönələcəkdir. Bu şırnağın qalxdığı hündürlük, sınaq şüşəsinin düşdüyü hündürlükdən xeyli böyük olacaqdır. Əgər sınaq şüşəsini, onun sınacağından risk edərək, bir neçə santimetr hündürlükdən buraxsaq, mümkündür



Sınaq şüşəsində kumulyativ effekt.

ki, su şırnağı tavana çata bilsin. Buna oxşar hadisə kumulyasiya (*lat.* cumulatio – "yığılma") və ya *kumulyativ effekt* adlanır.

Elastiki top bərk səthə dəyərkən, özünün düşdüyü səviyyədən yuxarı sıçraya bilməz (əlbəttə, əgər topa başlanğıc sürət verməsək) – bu enerjinin saxlanması qanunundan çıxır. Maye xeyli böyük hündürlüyə qalxır ki, ilk baxışda bu, enerjinin saxlanması qanununa ziddir. Əslində isə, əlbəttə, enerji saxlanır. Sadəcə mayenin hərəkəti zamanı bütün kütlənin enerjisinin xeyli hissəsi onun çox kiçik bir hissəsinə verilir ki, bunun da hesabına nazik şırnaq böyük hərəkət sürəti qazanır.

Kumulyativ effekt şırnaqlar qarşılaşanda və ya qarşıdan gələn şırnaq axını (məsələn, konusvari) olduqda meydana çıxır. Şırnaqların düşmə bucaqları nə qədər kiçik olur olsun, onlar axıb dağılan vaxt həmişə əsas şırnaqdan başqa, qarşıdan gələn şırnaq da əmələ gəlir ki, böyük sürət qazana bilər. Xüsusi halda kavitasiya prosesində qabarcıqların qapanması zamanı yaranan belə şırnaqlar hətta çox möhkəm materialları da asanlıqla dağıda bilər.

SƏRHƏD TƏBƏQƏSİ

Əgər siz stəkanda çayı qaşıqla qarışdırırsınızsa, onda suyun səthi fırlanma paraboloidindən ibarət olur. Sən demə, stəkanın dibində az maraqlı olmayan və hətta paradoksal hadisələr baş verir. Çay puçalları suya nəzərən daha böyük sıxlığa malikdir (əks halda onlar dibə enməzdi). Deməli, fırlanma zamanı onlara suya nisbətən daha çox ətalət qüvvəsi təsir edir; bu qüvvə onları fırlanma mərkəzindən uzağa atmalıdır. Lakin çay puçalları bu fikrin əksinə olaraq məhz fırlanma mərkəzində toplanır. Nə üçün belə baş verir?

Təcrübəni azca dəyişməklə, nəticəni güclü dəyişdirmək olar: əgər dolu stəkanı sabit bucaq sürətilə fırlatsaq, onda çay puçalları lazım olan yerdə – stəkanın divarları yanında toplaşır. Stəkanın hərəkəti təcrübədə nəyi dəyişdirir? Maye özünün özlülüyü sayəsində bərk cisimlərin səthinə yapışır. Stəkan sükunətdə olanda stəkana bilavasitə toxunan maye elementləri də sükunətdə olur, lakin onlarla qonşu olan elementlər isə özlülük sayəsində tormozlanır – sürət divarların yaxınlığında sıfırdan başlayaraq tədricən artır. Ona görə də, divarların yanında mayenin səthi öz parabolik formasını itirir. Stəkan divarlarının mayenin hərəkətini yavaşıtdığı və maye səthinin paraboloid formasından meyil etdiyi oblast nisbi böyük deyil.

Stəkanın tərpənməz dibi də mayeni bu cür tormozlayır. Fırlanma oxundan uzaqlaşdıqca mayenin təzyiqi artır. Maye elementinə fırlanma oxu tərəfdən olan təzyiq qüvvəsi əks tərəfdən olan təzyiq qüvvəsindən kiçikdir. Bu fərq maye elementinin mərkəzəqaçma təcilinin səbəbidir ki, həmin təcilin sayəsində o, dairəvi trayektoriya üzrə hərəkət edir. Lakin maye elementi stəkanın dibinə yaxınlaşan zaman yapışma effekti hesabına sürət azalır, təzyiqlər fərqi isə əvvəlki kimi qalır. Mərkəzdənqaçma qüvvəsi bu fərqi kompensasiya etmir və ona görə də maye böyük təzyiqdən kiçik təzyiqə doğru axır.

Bu cür axın dibdə məhz çay puçallarını öz ardınca aparır və onları mərkəzdə toplayır.

Özlü maye nəzəriyyəsinə uyğun olaraq, sürətin cismin səthindəki sıfır qiymətindən axının v sürətinə qədər dəyişdiyi oblastın δ ölçüsü

$$\delta \approx \frac{L}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$$

kimi qiymətləndirilir, burada L – axının dövrələdiyi cismin ölçüsüdür. İçərisində çay olan stəkan halında 20°C-də suyun özlülüyü 10^{-2} q (san · sm), sıxlığı 1 q/sm^3, stəkan çevrəsinin uzunluğu təxminən 20 sm, stəkanda suyun fırlanma sürəti təxminən 20 sm/san-ə bərabərdir (söhbət yalnız kəmiyyətlərin tərtibindən gedir).

Deməli, özlülüyün vacib rol oynadığı təbəqənin qalınlığı cəmi 1 mm-ə yaxındır.

Beləliklə, bu oblastın ölçüləri stəkanın ölçülərindən xeyli kiçikdir. Belə vəziyyət olduqca xarakterikdir – özlülüyün hiss olunan oblastı dövrələnən cismə nəzərən böyük deyil. Ona *sərhəd təbəqəsi* deyilir. Bu oblastın xaricində mayeni qeyri-özlü maye hesab etmək olar. Məhz buna görədir ki, belə maye təbiətdə mövcud olmasa da, qeyri-özlü maye nəzəriyyəsi geniş tətbiq olunur. Bu daha sadə nəzəriyyə (özlü mayenin nəzəriyyəsilə müqayisədə) sərhəd təbəqəsinin ölçüləri dövrələnən (axımlı) cismin ölçülərinə nisbətən nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olduğu hallarda axını çox dəqiq təsvir edir.

AXININ DAYANIQLIĞI

1883-cü ildə Osborn Reynolds turbulentliyin yaranması mexanizmini aydınlaşdıran bir neçə, lakin effektiv təcrübələr apardı. Bu təcrübələr hidroaerodinamikanın axının dayanıqlığı adlanan oblastının coşqun inkişafına kömək etdi.

Reynolds en kəsiyi sabit, divarları hamar olan uzun düz boruda mayenin axınını tədqiq etdi. Maye bura böyük

BATAQLIQ – NYUTON MAYESİ DEYİL

Bataqlıqlarla nə qədər faciəvi əhvalatlar və dəhşətli rəvayətlər bağlıdır! İnsan və heyvan üzərək, suyun səthində sərbəst dayanır, lakin heç bir bacarıq, heç bir fəaliyyət çeyillikdən, bataqlıqdan çıxmağa kömək etmir.

Nə üçün bataqlıq belə məkrlidir? Bəzi əlamətlərinə görə o, mayeni xatırladır: hər halda, o, axa bilir və onda batmaq olar. Digər tərəfdən, bataq yer özünü bərk cisim kimi aparır – məsələn, daş kimi xeyli ağır əşyaların sıxlığı bataqlığı əmələ gətirən maddənin sıxlığından böyük olmasına baxmayaraq, onlar bataqlığın səthində qalmağa qadirdir. Yeri gəlmişkən, bataqlığın sıxlığı suyun sıxlığından çoxdur, insanın və heyvanların sıxlığı isə ona yaxındır, ona görə də, əgər bataqlıq üçün yalnız Arximed qanunu ödənsə idi, onda batmaq olmazdı.

Hər halda bataqlığı maye, lakin xüsusi maye hesab etmək olar – bataq yer özünü o zaman maye kimi aparmağa başlayır ki, yük müəyyən τ limit qiymətini aşsın. Ona görə də, ağır daş məcburi deyil ki, bataqlıqda batsın: əvvəlcə daş batmağa başlayacaq, lakin bu zaman itələmə qüvvəsi artır və hər hansı bir anda ola bilsin ki, qismən Arximed qüvvəsi ilə kompensasiya edilmiş daşın çəkisi, daha τ-dən böyük ağırlıq yaratmır və tam batmamaq halı yaranır.

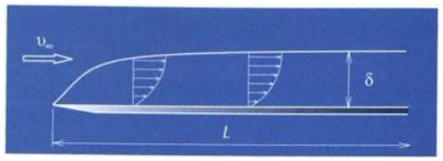
İnsan bataqlıq yerdə ilk addım atanda bu cür hal yaranır. Adi mayedə ayaq o vaxta qədər batır ki, bütün cismin çəkisi itələmə qüvvəsilə hələ tarazlaşmamış olsun (və ya ayaq hələ dibə çatmamış olsun). Bataqlıqda isə tam batmama baş verir – cismin çəkisi ilə sıxışdırılmış bataqlıq maddəsinin çəkisi arasındakı fərq τ-ya bərabər olan zaman batma prosesi dayanır. Bataqlıq insanı bu cür aldadaraq, getdikcə bataqlığın dərinliyinə tovlayıb aparır. İkinci addım da tam batmama yaradır və elə illüziya oyadır ki, guya hər şey qaydasındadır. Ayağı bataqlıqdan çıxarmağa cəhd edildikdə, bu illüziya dağılır. Əsas problem ondadır ki, ayağın altında boşluq yaranmağa başlayır. Adi maye dərhal ayağın ardınca axaraq boşluq yaranmasına imkan vermir, lakin bataqlıq palçığı adi maye deyil. Nəticədə ayağın altındakı seyrəlmiş fəza aşağı yönəlmiş əlavə qüvvə yaradır. (Dərin olmayan adi palçıqda gəzərkən daim ayağınızın altında palçığın necə fırçıldadığını yadınıza salın – bu, qaldırılan pəncənin altındakı boşalmış fəzaya havanın səsküylə sorulmasıdır.) Bu qüvvəyə üstün gəlmək üçün, digər ayağı bir az dərinə batırmaq lazım gəlir. Ayağı və ya bədənin hər hansı bir hissəsini bataqlıqdan çıxarmaq üçün edilən hər sonrakı cəhd bədənin bütövlükdə batmasına səbəb olur. Ən yaxşısı bataqlıqdan yan keçməkdir və ya heç olmasa, möhkəm uzun ağac olmalıdır ki, onun vasitəsilə təhlükəli yerlərdən keçməyin nə dərəcədə etibarlı olduğunu yoxlamaq mümkün olsun və həm də, bataqlığın sorucu qüvvəsini dəf etmək üçün ona dirsəklənmək mümkün olsun.

Batmış sualtı qayıq gilli torpağa oturanda analoji faciəvi vəziyyət yaranır. Öz altındakı suyu sıxışdırıb çıxararaq, qayıq suyun üzünə çıxmaq üçün Arximed qüvvəsindən istifadə etmək imkanından məhrum olur və beləliklə, dibə "yapışır". Üstdəki su qatının təzyiqi qayığın yavaş-yavaş gilə batmasına kömək edir; vintlərin işləməsinə baxmayaraq gilin sorucu təsiri qayığın "özlü əsirlikdən" qurtulmasına imkan vermir.

Qeyri-nyuton mayelərinin ilk modelləri XIX əsrin ikinci yarısında Ceyms Klark Maksvell və Uilyam Tomson tərəfindən təklif olunmuşdur. XX əsrdə Binqam və Reynerin işləri sayəsində səlt mühitlər mexanikasının bu bölməsi müstəqil elmə çevrildi və *reologiya* (*yun.* "reos" – "axın", "sel") adlanır. Reologiyanın tədqiqat obyektləri boyalar, laklar, bitum, torpaq, dağ süxurları və s. kimi materiallardır.



Sərhəd təbəqəsi.



bir bakdan gəlirdi. Borudakı qıfdan bu cür, lakin rənglənmiş maye çıxırdı. Boruda mayenin hərəkətini müşahidə edərək o görmüşdü ki, axının kiçik sürətlərində rənglənmiş maye şırnaqları bütün boru boyunca düz, kəskin cizgili xətlər şəklində uzanır. Bu düzxətli, bir-birinə nəzərən hərəkət edən təbəqələrdən ibarət olan axındır, yəni laminar axındır. Divarın yanında mayenin təbəqələri praktiki olaraq hərəkət etmir, maksimal sürət isə divardan ən çox uzaqlaşmış təbəqələrə məxsusdur.

Əgər boruda axının orta sürətini tədricən artırsaq, onda v sürətinin müəyyən qiymətindən başlayaraq rənglənmiş şırnaq genəlməyə başlayacaq və əsas maye bütün uzunluğu boyu bərabər sürətlə rənglənməyə başlayacaqdır. Bu o deməkdir ki, təbəqələnmə pozulub, maye axınının sürətinin axının istiqamətinə, borunun divarlarına perpendikulyar olan toplananları meydana çıxmışdır. Əgər orta sürəti dəyişməz saxlayaraq, borunun diametrini artırsaq, onda yenə də, müəyyən D diametrindən başlayaraq, axının laminarlığı pozulacaqdır.

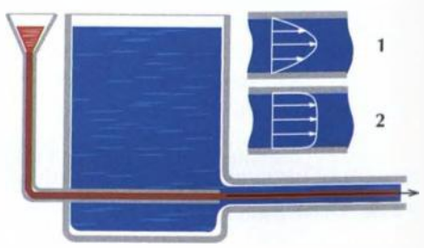
Nəhayət, mayeni dəyişmək – su əvəzinə yağ, qliserin və ya hər hansı qaz, məsələn, hava götürmək olar. Bu mayelər və qazlar müxtəlif ρ sıxlığına və η özlülüyünə malikdir. Reynolds aşkar etdi ki, laminar axının pozulması həmişə borunun diametrinin, sürətin və sıxlığın, maye və ya qazın özlülüyünə nisbətinin eyni bir qiymətində baş verir. Bu $\frac{\rho v D}{\eta}$ nisbəti həmin vaxtdan Reynolds ədədi adlanır.

En kəsiyi dairəvi olan boru üçün Reynolds müəyyən etdi ki, Re ədədinin, axının laminarlığının itməsinə uyğun böhran qiyməti təxminən $1{,}3 \cdot 10^4$-ə bərabərdir. Müasir, daha mükəmməl təcrübələrdə borunun kələ-kötürlüyü və titrəyişləri azaldılmış və Reynolds ədədinin böhran qiyməti $5 \cdot 10^4$ ədədinə çatdırılmışdır.

Reynolds aldığı qanunauyğunluğu izah edərək, mayenin hərəkətini döyüşçülər dəstəsinin hərəkətinə, laminar axını monolit sıraya, mayenin sürətini və borunun diametrini – dəstənin sürətinə və böyüklüyünə, özlülüyü – nizam-intizama, sıxlığı – silaha bənzədirdi. Dəstə çox olduqca, onun hərəkəti yeyin və silahlar ağır olduqca, sıra bir o qədər tez dağılır.

"Axının laminarlığı nə üçün itir?" – sualının cavabı, kiçik həyəcanlanmalara nəzərən onun dayanıqlığı məsələsindədir. Həqiqətdə ideal hamar borular olmur – səthin kələ-kötürlüyü axında həyəcanlanmalar yaradır. Eksperimental qurğuların titrəyişi, laboratoriyanın xaricindən gələn səs-küy – bütün bunlar da əlavə həyəcanlanmalar yaradır.

Axına verilən bu həyəcanlanmalar sönə bilər, onda belə axın dayanıqlı axın adlanır. Əks halda həyəcanlanmalar inkişaf edir, zaman keçdikcə (və ya axın boyu onlar irəlilədikcə) artır və axının təbəqəliliyi itir. Beləliklə, əsas axının kinetik enerjisi həyəcanlanmaların enerjisinə çevrilir.



▶ Reynolds təcrübəsi: 1 – laminar axın zamanı sürətlərin profili; 2 – turbulent axın zamanı sürətlərin profili (yandan görünüşü).

AERODİNAMİKA

DALAMBER-EYLER PARADOKSU

Nə qədər təəccüblü olsa da, amma uçan aparatlara hava axınlarının təsirlərinin hesablanması ilə məşğul olan fizik və riyaziyyatçıların nöqteyi-nəzərincə səsdəniti sürətli hərəkət səsəqədərki hərəkətdən daha sadədir. Aerodinamikadan uzaq olan insanlara səsdəniti sürətli təyyarənin belə forması daha təbii görünür: sivri dimdik, ön kənarı balta tiyəsi və ya mismar kimi iti olan nazik oxabənzər qanadlar – böyük təsir doğurması üçün onlar iti olmalıdır.

Lakin 800 km/saat tərtibində və bundan kiçik sürətlə uçan təyyarələrin konstruktorları uçan aparatların formasını bu tərzdə yaxşılaşdırmağa tələsmirlər. Səsəqədər sürətli təyyarələr xeyli küt buruna (dimdiyə), kifayət qədər yoğun və uzun, demək olar ki, füzelyaja (təyyarənin gövdəsinə), perpendikulyar yerləşmiş qanadlara malikdir. İş ondadır ki, hava və ya maye axını ilə əhatə olunan (havada və ya mayedə hərəkət edən) cismin burun hissəsinin forması onun ümumi müqaviməti üçün o qədər də əhəmiyyət daşımır – təki kəskin, bucaqşəkilli əyilmələr olmasın.

Maye və qaz hərəkəti nəzəriyyəsinin təşəkkül tapması prosesində alınmış ilk nəticələrdən biri *Dalamber-Eyler paradoksu* adlanan paradoks olmuşdur. Bu paradoks ondan ibarətdir ki, qeyri-özlü mayedə bərabərsürətli irəliləmə hərəkəti edən cisim ön müqavimətə, yəni hərəkət istiqamətində yönəlmiş müqavimətə məruz qalmamalıdır. Bu nəticə əvvəlcə sadə həndəsi cisimlərin – kürənin və silindrin qeyri-özlülü mayedə hərəkəti üçün alınmışdı – onu cisimlərin formasının simmetrikliyilə izah etmək olardı. Lakin sonralar məlum oldu ki, istənilən, ən əcaib formalı cisim də axın nəzəriyyəsinə uyğun olaraq ön müqavimətə malik deyil. Həm də qüvvənin hərəkət sürətinə perpendikulyar olan toplananı vacib deyil ki, sıfıra bərabər olsun. Nəzəri baxımdan ön müqavimətin olmaması eksperimentə tam zidd idi. Bu ziddiyyətdən belə nəticə çıxardılar ki, qeyri-özlülü maye nəzəriyyəsi doğru deyil və ona görə də faydasızdır.

Füzelyaj (*fr.* fuseau – "mil", "ox") – uçan aparatın gövdəsi.

Lakin hidroaeromexanikanın inkişafı sərhəd təbəqəsi nəzəriyyəsinin yaranmasına səbəb oldu. Məlum oldu ki, real maye və qaz çox vaxt ideal qeyri-özlülü mayeyə son dərəcə oxşayır və yalnız cismin bilavasitə səthi yaxınlığında (sərhəd təbəqəsində) özlülük xassələri özünü büruzə verir: qazın və ya mayenin sürəti cismin səthinə yaxınlaşdıqca kəskin azalmağa başlayır və cismin səthində sıfıra bərabər olur.

Adi axın şəraitində (maye və ya qazda hərəkət edən cisimlərin çox da kiçik olmayan sürətlərində və ölçülə-



Səsdəniti sürətli təyyarə. Eksperimental səsdəniti sürətli layner TU-144LL. Rusiya. 1996-cı il.

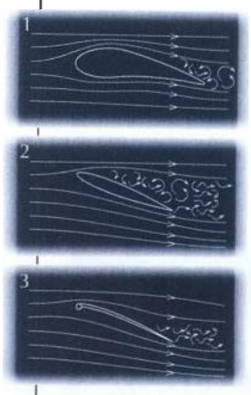


Səsəqədər sürətli təyyarə. Sərnişin aerobusu İL-96m. Rusiya.

rində, çox da böyük olmayan özlülükdə) sərhəd təbəqəsinin ölçülərini sadəcə nəzərdən atmaq olar. Lakin sərhəd təbəqəsi özünü xeyli qəribə aparır – əgər cisimdə çıxıntılar və ya küncər varsa (məsələn, kubik və ya çarpan axına nəzərən eninə qoyulmuş lövhəcik), onda bu təbəqə səthdən qopa (ayrıla) və cismi əhatə edən axının mənzərəsi pozula bilər. Bu halda cismi əhatə edən axını ayrılmaz hesab etmək olmaz və cismi əhatə edən axının ayrılmazlığı Dalamber-Eyler paradoksunun ödənməsinin əsas şərtlərindən biridir. Əgər axın xətləri cismin arxasında qapanmırsa və onun arxasında sövq edilən mayenin "quyruğu" uzanırsa, deməli, mayenin getdikcə yeni-yeni hissələrinin hərəkətə cəlb edilməsinə enerji sərf olunmalıdır. Əks halda, cismin hərəkəti bərabərsürətli hərəkət və irəliləmə hərəkəti olmayacaqdır – cisim onu əhatə edən mayenin və ya qazın müqavimətini dəf etməlidir.

Bu vəziyyətə silindrin və ya kürənin maye daxilindəki hərəkəti misalında baxaq. Kəsilməzlik qanununa uyğun olaraq silindrin yan tərəflərində mayenin axını sürətlənməlidir ki, bu da Bernulli qanununa görə, təzyiqin aşağı düşməsinə gətirib çıxaracaqdır. Əgər cismi əhatə edən axın ayrılmazdırsa, onda axın borucuqları cismin arxasında genişlənir və axın yüksək təzyiq oblastı yaradaraq yavaşıyır. Nəticədə ideal maye onda hərəkət edən simmetrik cismə müqavimət göstərmir. Real axında isə özlülük sürtünmə sərhəd təbəqəsində axının sürətini söndürür – maye elementlərinin daha enerjisi yoxdur ki, onlar ideal maye halında yüksək təzyiq olacaq oblasta hərəkət etsin. Cismin arxasında mayenin burulğanlı hərəkəti yaranır.

Maraqlıdır ki, sərhəd təbəqəsinin ayrılma nöqtəsi kürəni və ya silindri əhatə edən turbulent axın halında selin axını üzrə laminar axın halındakına nisbətən aşağıda yerləşir. Buna uyğun olaraq cismin sövq etdiyi mayenin turbulent "quyruğu" laminar "quyruqdan" xeyli kiçik olur. Pis axınlı cisimlərin (silindr və ya kürə tipli) ön müqavimətinin onları əhatə edən laminar axının turbulent axına keçməsilə xeyli azalması kimi paradoksal fakt, bax bununla



1 – ön kənarında qalınlaşan qanadın axınla dövrələnməsi (əhatə olunması) sxemi;
2 – müstəvi qanadın axınla dövrələnməsi (əhatə olunması) sxemi;
3 – üstünə gələn axının təsirilə deformasiya etməyə qadir nazik müstəvili yelkənin dövrələnmə sxemi;

İti ön kənar axının səthdən nisbətən asanlıqla ayrılmasına imkan verir və qanadın ön müqavimətini artırır. Elastiki materialdan istifadə olunması bu effekti azalda bilər, lakin belə qanad uçan ağır aparatın daşıyıcı səthi kimi istifadə oluna bilməz.



izah olunur. Əgər sərhəd təbəqəsinin ayrılmasını nə cürsə ləngitmək və ayrılma nöqtəsini mayedə hərəkət edən cismin arxa kənarına köçürmək mümkün olsaydı, onda Dalamber-Eyler paradoksu praktikada reallaşa bilərdi: cismin müqaviməti yalnız sərhəd təbəqəsinin özlülü müqavimətindən ibarət olardı.

Təyyarəqayırma elminin ən mühüm problemlərindən biri qanadın elə bir formasını yaratmaqdan ibarətdir ki, axın onun səthindən ayrılmasın. Axı quşların, balıqların, həşəratların və dəniz heyvanlarının hərəkəti zamanı onları əhatə edən axın ayrılmadan baş verir və enerji itkisi havanın və ya suyun yalnız özlülü sürtünməsilə şərtlənir. Axının qanadın yuxarı müstəvisində ayrılması hadisəsilə mübarizənin çox üsulları, məsələn, "zərərli" sərhəd təbəqəsini qanadın səthindən bu səthdə olan çoxsaylı kiçik oyuqlar vasitəsilə sormaq təklif olunmuşdur.



İdeal mayedə hissəcik alçaq təzyiq oblastından yüksək təzyiq oblastına hərəkət edir. Real mayedə hissəciyin kinetik enerjisi sərhəd təbəqəsində özlü sürtünmə nəticəsində itir. Nəticədə o, tormozlanır və yüksək təzyiq oblastına düşə bilmir.

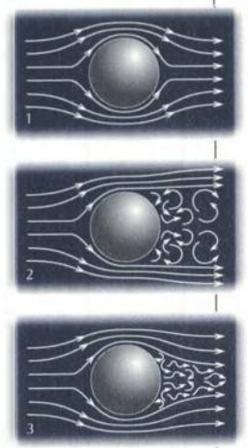
Beləliklə, aydındır ki, səsəqədər sürətli təyyarələr üçün hərəkət edən cismin ön hissəsinin konfiqurasiyası o qədər də mühüm deyil. O, kifayət qədər küt ola bilər – bu, iti formadan konstruktiv baxımdan daha əlverişlidir. Müqavimət üçün qanadın arxa hissəsi daha çox vacibdir – o, səlis, kəskin forma dəyişikliyi olmadan bitməlidir. Quşlarda və dəniz heyvanlarında qanadlar və üzgəclər məhz belədir: xeyli qalın və davamlı ön hissə səlis nazikləşən, xeyli daha iriölçülü arxa hissəyə keçir.

Belə çıxır ki, cismi əhatə edən səsəqədərki axın üçün qanadın itilənmiş ön hissəsi müqaviməti nəinki azaltmır, hətta böyük hücum bucaqlarında onu artıra bilər.

MAQNUS QÜVVƏSİ VƏ QANADIN QALDIRICI QÜVVƏSİ

Futbolda qapıçı üçün ən təhlükəli zərbələrdən biri "əlçatmaz zərbə" adlanan zərbə hesab olunur. Buna bənzər kəsmə zərbə – "spin" tennisdə və digər top oyunlarında tətbiq olunur. Belə bir zərbə zamanı top uçuşda sürətlə fırlanır və onun trayektoriyası adi zərbə ilə vurulmuş topun trayektoriyasına nisbətən xeyli mürəkkəb olur. Təcrübəsiz idmançılar üçün bu cür fırladılmış topun hara gedəcəyini qabaqcadan müəyyən etmək çox çətindir. Hər şeyin "günahkarı" öz oxu ətrafında fırladılmış simmetrik cisimlərin – topun, silindrin və s. hərəkəti zamanı meydana çıxan Maqnus qüvvəsidir.

Maqnus qüvvəsini aşkar etmək üçün mürəkkəb olmayan bir eksperiment aparmaq olar – qalın kağız vərəqini rulon şəklində yapışdıraq və yarıda kəsilən mail səthdən diyirlədək. Məlumdur ki, bu zaman cisim müəyyən sürət qazanacaqdır. Sonra o, havanın müqavimətinin azca təhrif etdiyi parabolik trayektoriya üzrə hərəkət edəcəkdir. Əgər rulon sürüşməsiz düşsəydi və ya ağır əşya sürüşüb düşsəydi, onda məhz belə də olardı. Yüngül rulon parabolik trayektoriyadan əhəmiyyətli dərəcədə meyil edərək, diyirləndiyi səthin altına tərəf uçacaqdır.



1 – Cismi əhatə edən aramsız axın (cisim müqavimətə məruz qalmır, Dalamber-Eyler paradoksu);
2 – laminar ayrılma (cisim öz arxasınca mayedən ibarət "quyruq" daşıyır);
3 – turbulent ayrılma ("quyruğun" ölçüləri xeyli azalmışdır).



Henrix Qustav Maqnus.

Maqnus effekti.

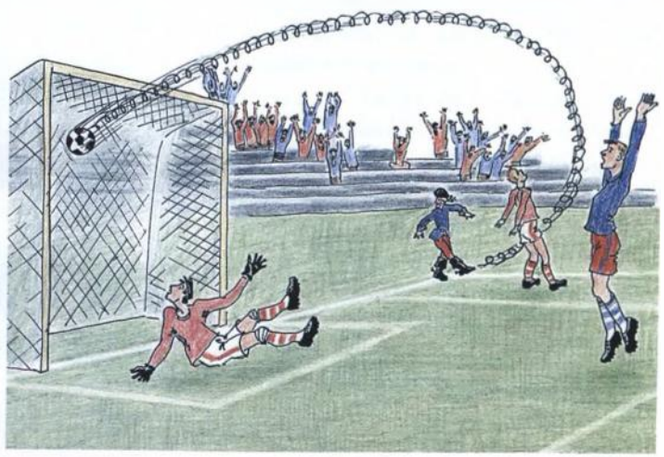
Hiroskop (*yun.* "hiros" – "dairə", "xireo" – "hərlənirəm", "fırlanıram" və "skopeo" – "müşahidə edirəm", "baxıram") – sürətlə fırlanan simmetrik bərk cisimdir; onun fırlanma oxu (simmetriya oxu) fəzada öz istiqamətini dəyişə bilər.

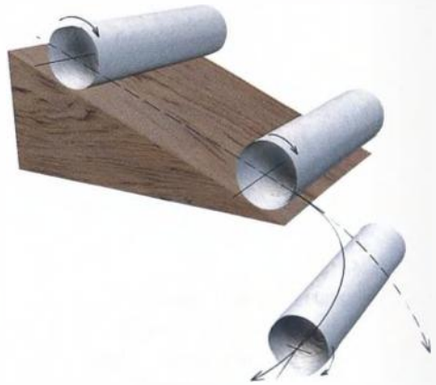
Anton Fletner (1885-1961) – alman ixtiraçısı.

Bernulli tənliyi rulonun (və fırlanan topun) bu cür davranışını izah edir: fırlanma hərəkəti yapışma effekti sayəsində cismi əhatə edən axının simmetrikliyini pozur. Kağız silindrin bir tərəfində axının sürəti böyük və deməli, orada təzyiq aşağı olur və *Maqnus qüvvəsi* adlanan yan qaldırıcı qüvvə yaranır.

Əlbəttə, o, heç də təkcə idman toplarına və ya kağız rulonlara təsir etmir. Mərmi və ya güllə də, uçuş zamanı fırlanaraq, Maqnus qüvvəsinin təsirinə məruz qalır. Maqnus qüvvəsi hiroskopik momentlə birlikdə ona gətirib çıxarır ki, mərminin və ya güllənin oxu trayektoriyaya toxunan vəziyyətə yaxınlaşmağa çalışır. 1922-1926-cı illərdə alman gəmiqayıranları Maqnus qüvvəsindən istifadə edərək, gəminin göyərtəsində yerləşdirilən və küləyin istiqamətinə perpendikulyar hərəkətverici qüvvə yaradan şaquli fırlanan silindrik qüllələr şəklində (onları Fletner rotorları adlandırırlar) gəmi mühərriki yaratmağa cəhd etmişdilər.

İşin gedişindəki sınaqların göstərdiyi kimi, öz dinamik keyfiyyətlərinə görə Fletner rotoru yelkən törədənlərdən geri qalmırdı, lakin ondan istifadə etmək olduqca sadə idi. Təəssüf ki, o da havanın şıltaqlığından asılı idi,





ona görə də istilik mühərriklərilə rəqabət apara bilmədi.

Maqnus effektinə çox oxşar bir hadisə qanadın yanında da müşahidə olunur. Körpüdə dayanıb, çayın axınını müşahidə etdikdə görmək olar ki, su körpü dayaqlarını əhatə edib keçir və onların yanında burulğan əmələ gətirir. XIX əsrin ortalarında German Helmholts ideal mayenin burulğanlı hərəkətinin dayanıqlığını aşkar etdi. O göstərdi ki, bu cür burulğanlar yarandıqdan sonra avtonom (müstəqil) olur və bir-birilə qarşılıqlı təsirdə ola bilər (cəzb oluna və ya itələnə bilər). İstənilən cismi əhatə edib axanda cismin səthinə yaxın olan maye (və ya qaz) elementləri səth tərəfindən tormozlanır, xarici axın tərəfindən isə sürətlənir. Bu ona gətirib çıxarır ki, onlar fırlanma hərəkəti qazanır, həm də, əgər çarpan axın soldan sağa hərəkət edirsə, onda maye elementinin yuxarı səthi saat əqrəbi istiqamətində, aşağı səthi isə saat əqrəbinin əks-istiqamətində hərlənir. Cismin arxa kənarında bu iki burulğanlı axın görüşür. Əgər cismi əhatə edən axın simmetrikdirsə, onda onlar bir-birini kompensasiya edə bilər və maraqlı heç nə baş verməyəcək, ya da kiçik burulğanlar növbə ilə gah aşağı, gah da yuxarı səthdə birləşəcək. Əgər cismin, eləcə də qanadın simmetriya müstəvisi yox-

dursa, onda tərəflərin birində – ən qabarıq tərəfdə – axının burulğanlığı güclü olacaqdır.

Cismi əhatə edən maye və ya qaz axını üçün burulğanlığın nəyin – cismin fırlanmasının və ya qeyri-simmetrikliyinin nəticəsində yaranmasının əhəmiyyəti yoxdur. Belə axın, onun çarpdığı istiqamətə perpendikulyar qüvvə yaradacaqdır. Əgər cismin özü fırlanırsa, onda bu qüvvə Maqnus qüvvəsi adlanır, yox əgər burulğanlıq cismin forması sayəsində yaranıbsa, qüvvə qaldırıcı qüvvə adlanır.

1904-cü ildə rus alimi, müasir aerodinamikanın banisi Nikolay Yeqoroviç Jukovski (1847-1921), Helmholtsun ideyalarına söykənərək, burulğanlığın qiyməti ilə qaldırıcı qüvvə arasındakı əlaqəni müəyyən etdi. Qanadın yaratdığı burulğanlıq sürətin sirkulyasiya qiyməti Γ ilə xarakterizə olunur. Jukovski teoreminə görə, ideal mayedə qaldırıcı qüvvə Y çarpan axına perpendikulyardır və qiymətcə $\rho v_\infty \Gamma$-yə bərabərdir, burada ρ – mayenin sıxlığı, v_∞ – çarpan axının sürətidir.

Beləliklə, ən böyük sirkulyasiya yaradan qanad ən effektli olacaqdır. Jukovski qanad nəzəriyyəsini işləyib hazırlayana qədər, alimlər ideal mayeyə birbaşa reallığa dəxli olmayan bir şey kimi baxırdılar. Onlar güman edirdilər ki, real axını təsvir etmək üçün özlülü mayenin daha dəqiq və daha mürəkkəb nəzəriyyəsi lazımdır.

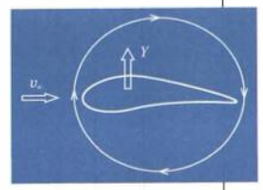
AERODİNAMİK EKSPERİMENT VƏ OXŞARLIQ KRİTERİYALARI

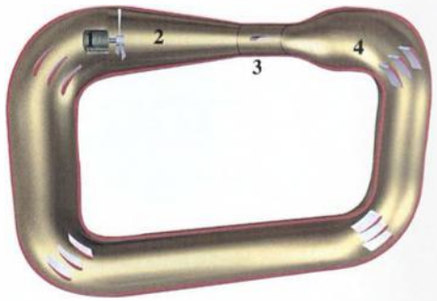
1960-cı illərdə, hesablama texnikası və hesablama metodlarının coşqun inkişaf etməyə başladığı bir dövrdə belə bir fikir söylənilmişdi ki, səlt (bütöv) mühit mexanikası üçün eksperimentlərə tezliklə ehtiyac qalmayacaqdır – hər şeyi kompüterdə hesablamaq mümkün olacaqdır. Lakin hesablama texnikasının böyük uğurlarına baxmayaraq, nə indi, nə də təsəvvür olunan gələcəkdə heç kəs eksperimentdən imtina etməyə hazırlaşmır. Qaz və ya maye hərəkətinin müfəssəl hesablanmasını hətta super kompüterdə də aparmaq mümkün deyil: hesablamaların öhdəsindən gəlmək üçün sadələşmələr, bəzən çox mühüm sadələşmələr etmək lazım gəlir. Bu cür sadələşdirilmiş hesablamaların doğruluğunu təsdiq etmək üçün eksperiment lazımdır. Deməli, fiziki təcrübədən imtina etmək hələ tezdir, baxmayaraq ki, zaman keçdikcə eyni bir eksperimentin qiyməti artır, eyni bir kompüteri hesablanmasının qiyməti isə azalır (hər səkkiz ildə təxminən on dəfə).

Cismin qazda hərəkətini aerodinamik borunun köməyilə təqlid etmək ən əlverişlidir. Tədqiq olunan cisim borunun işçi hissəsində yerləşdirilir və burada bərabərsürətli hava axını yaradılır; hava *konfuzordan* (*lat.* confundo – "tökürəm", "qarışdırıram", "paylayıram") – borunun daralan hissəsindən verilir. Konfuzor hava selini sürətləndirir və onun müntəzəmliyini artırır. İşçi hissədən sel *diffuzora* (*lat.* diffusio – "yayılma", "axma") – borunun genişlənmiş hissəsinə düşür. Diffuzorun sonunda adətən mühərrikli ventilyator yerləşdirilir ki, o da boruda hava axını yaradır.

Müasir aerodinamik boruların 1897-ci ildə Konstantin Eduardoviç Siolkovskinin (1857-1935) tərəfindən yaradılmış prototipində (ilk nümunəsində) nə konfuzor, nə də diffuzor yox idi. 1903-cü ildə Londonda Milli fizika laboratoriyasında T.Stanton tərəfindən və 1906-cı ildə Moskvada N.Y.Jukovski tərəfindən düzünə təsirli aerodinamik borular yaradılmışdır; hava onlara birbaşa atmosferdən

Jukovski teoreminə görə, qanada təsir edən qaldırıcı qüvvə çarpan axına perpendikulyardır.





▸ Qapalı aerodinamik boru:
1 – mühərrikli ventilyator;
2 – diffuzor;
3 – işçi hissə;
4 – konfuzor.

daxil olurdu. 1909-cu ildə Gettingendə alman alimi Lüdviq Prandtl (1875-1953) və 1910-cu ildə T.Stanton borunun bu cür konstruksiyasını təkmilləşdirdilər: xüsusi kanalın köməyilə diffuzoru borunun ucluğu ilə birləşdirdilər. Nəticədə borunun effektivliyi xeyli artdı, çünki boru diffuzordan gələn selin enerjisini saxlayırdı. Lakin, çox ehtimal, belə qapalı aerodinamik borunun başlıca mahiyyəti ondadır ki, borunun işçi hissəsini açıq düzəltmək olar: ucluqdan gələn axını nüfuzedilməz örtüklə atmosfer havasından ayırmağa ehtiyac yoxdur. Bu, axında yerləşən cismə yolu asanlaşdırır – bilavasitə təcrübə vaxtı cismin vəziyyətini və ya eksperimentin xarakteristikaları haqqında informasiyanı verən zondların və ötürücülərin yerini dəyişmək olar.

Ucluq – maye və ya qaz selinə sürət vermək və onu verilmiş istiqamətdə yönəltmək üçün xüsusi profilli qapalı kanaldır.

Təsir borusunda (qapalı olmayan) birbaşa onun işçi hissəsini açmaq cəhdi ona gətirib çıxaracaq ki, hava atmosferdən yalnız konfuzor vasitəsilə yox, həm də işçi hissəsilə də daxil olacaqdır, bu isə müntəzəm selin yaranmasına imkan vermir. 1909-cu ildə tanınmış fransız mühəndisi Aleksandr Qustav Eyfel (1832-1923) qapalı olmayan borunun açıq işçi hissəsini hermetik kamerada yerləşdirdi; indi ona Eyfel kamerası deyirlər. Nəticədə birbaşa təsir borular üçün də açıq işçi hissədə müntəzəm sel yaratmaq imkanı meydana çıxdı.

Həmin vaxtdan bizim günlərə qədər səs sürətinə yaxın sürətləri öyrənmək üçün aerodinamik boruların prinsipial konstruksiyası dəyişməz qalmışdır – yalnız borunun ölçüləri böyümüş və ayrı-ayrı xarakteristikaları yaxşılaşdırılmışdır.



Düzünə təsir edən aerodinamik boru:
1 – mühərrikli ventilyator;
2 – diffuzor;
3 – işçi hissə;
4 – konfuzor.

Bircins havada uçuşu təqlid etmək üçün aerodinamik borunun işçi hissəsinin ölçüləri öyrənilən obyektin ölçülərindən bir tərtib (on dəfə) böyük olmalıdır. Tədqiq olunan obyektin ölçüləri böyükdürsə, onda nəhəng ölçülü və eksperimentin gedişində olduqca böyük miqdarda enerji sərf edən boru lazımdır.

Hava selinin cismi əhatə edib axması prosesini modelləşdirmək olmazmı: tədqiq olunan uçan aparatın, məsələn, 100 dəfə kiçildilmiş dəqiq həndəsi surətini düzəltmək olmazmı? Bu surətin aerodinamik tədqiqi üçün imkanlar xeyli böyükdür.

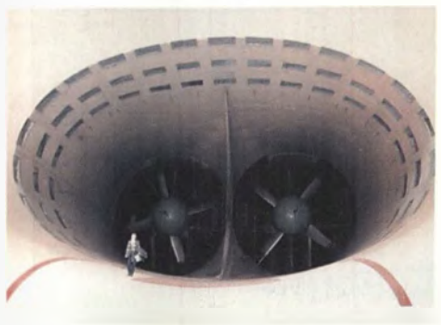
Lakin uçan real aparatların özlərini dəqiq model kimi aparacağını hökm etməyə əsas varmı? Bir çox filmlərdə tamaşaçı kiçildilmiş surətlərin fəaliyyət göstərdiyi səhnələri asanlıqla fərqləndirir: kiçik daşlar heç də həqiqi zəlzələ və ya vulkan püskürməsi zamanı sənədli film ustalarının çəkdikləri nəhəng qaya parçaları kimi düşmür; oyuncaq evlər, körpülər, gəmilər heç də real tikintilərin real təbii fəlakətlər zamanı dağılması kimi dağılmır. Hətta həndəsi oxşarlığı gözləməklə, ölçülərin sadəcə kiçildilməsi, fiziki oxşarlığı təmin etmir!

Təsəvvür edək ki, futbol topu və stolüstü tennis topu – iki həndəsi oxşar

cisim qaz axınında yerləşir. Hansı şərtlər daxilində, axınların fiziki oxşarlığından danışmaq olar? "38 tutuquşu" kukla cizgi filminin qəhrəmanları bunu aydınlaşdırmağa kömək edəcəkdir. Onların uzunluq ölçən cihazı yox idi, ona görə də Boanın (ilanın) uzunluğunu onlar Tutuquşu ilə, Meymunla və Filciyəzlə ölçdülər. Ölçü vahidi kimi, məsələn, topun – bir halda futbol topunun, digər halda – pinq-ponq topunun L diametrini seçək. Top "Tutuquşu" rolunu oynayır. Sürətin ölçü vahidi kimi, yəni "Meymun" kimi, çarpan axının v_∞ sürətini (hər bir halda o müxtəlif ola bilər) və nəhayət, sıxlıq vahidi kimi, yəni "Filciyəz" kimi, çarpan axının ρ sıxlığını seçək.

Belə üç etalonun köməyilə istənilən ölçülü kəmiyyətin öz məxsusi ölçü vahidini qura bilərik; məsələn, təcilin vahidi $\frac{v_\infty^2}{L}$-ə bərabər olacaqdır. Axının fiziki oxşarlığı, xüsusi halda, o zaman yaranacaqdır ki, havanın uyğun zərrəciklərinin təcilləri hər iki halda oxşar olsun, yəni seçilmiş vahidlərdə eyni olsun. Özlü maye halında zərrəciyin dinamikası Nyutonun qanunu ilə təyin olunur. Bu qanun maye elementinə təsir edən toxunan gərginliyi və hərəkətin eninə olan y istiqamətində v sürətin dəyişməsilə əlaqələndirir:

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy},$$



burada η – mayenin özlülük əmsalıdır. Əgər belə özülü qüvvənin yaratdığı təcili məsələnin məxsusi vahidləri ilə ("Tutuquşuları" ilə) ifadə etsək, məlum olar ki, əgər Reynolds ədədi $\mathrm{Re} = \frac{\rho v_\infty L}{\eta}$ eyni olacaqdırsa, onda təcil müxtəlifölçülü toplar üçün eyni olacaqdır.

Reynolds ədədi eksperimentin *oxşarlıq kriteriyalarından* biridir. Təcrübi nəticələrin modelləşdirilən fiziki hadisəni dəqiq təsvir etməsi üçün, həndəsi oxşarlıqla yanaşı oxşarlıq kriteriyaları da eyni olmalıdır. Cismi əhatə edən axının özlülü effektlərini nəzərə alan Re ədədindən başqa, axınların oxşarlığını həmçinin aşağıdakı ədədlər təyin edir: qazın sıxılma effektini nəzərə alan *Max ədədi* M (axının sürətinin səs sürətinə nisbəti), qeyri-stasionar effektləri nəzərə alan *Struxal ədədi* $\mathrm{Sh} = \frac{L}{v_\infty T}$ (burada T – prosesin xarakterik müddətidir) nisbətən ağır mayenin, məsələn, suyun, cismi aşıb keçməsi zamanı mühüm olan *Frud ədədi* $\mathrm{Fr} = \frac{v_\infty^2}{gL}$ (burada, g – sərbəstdüşmə təcilidir), həmçinin bir çox digər oxşarlıq kriteriyaları. Eksperimentdə dərhal bütün oxşarlıq kriteriyalarının üst-üstə düşməsinə nail olmaq qeyrimümkündür, ona görə də yalnız ən vacib kəmiyyətlərin təsiri nəzərə alınır. Məsələn, səs sürətinə qədər sürətlər zamanı bu – özlülükdür; böyük sürətlərdə qazın sıxılması effekti olduqca vacib olur.

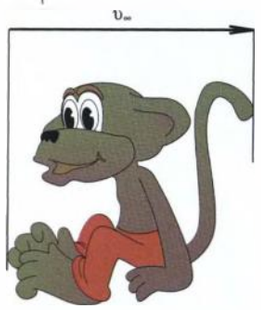


A.Q.Eyfel. Parisdə Eyfel qülləsinin yanında qoyulmuş büst.

SƏSDƏNİTİ SÜRƏT VƏ ZƏRBƏ DALĞALARI

Normal şəraitdə səsin havada sürəti təxminən 330 m/san-yə bərabərdir. Səs havanın sıxlığının kiçik nisbi sarsıntısıdır. Bu hadisəni başa düşmək

◂ Natural ölçüdə təyyarə modellərinin sınağı üçün nəzərdə tutulmuş aerodinamik boru T-101.



üçün səs dalğaları ilə su səthindəki dalğalar arasında olan oxşarlıqdan istifadə etmək əlverişlidir. Əgər daşı suya atsaq, onda düşmə yerindən dairələr şəklində dalğalar qaçacaqdır. Havada hərəkət oxşar dalğalar əmələ gətirir, ancaq onlar görünmür. Lakin belə dalğanın uzunluğu və intensivliyi insan qulağının qavrama diapazonuna uyğun gələrsə, onda onları eşitmək olar. Bundan başqa, sükunətdəki havada səs dalğasının səthi adətən dairədən yox, sferadan ibarət olur. Əgər daşı daşın ardınca sükunətdə olan suyun eyni bir nöqtəsinə atsaq, onda səthdəki dağılan dairələr konsentrik dairələr olacaqdır. Əgər su böyük olmayan υ sürətilə hərəkət edirsə, mənzərə bir qədər təhrif olunacaqdır: dairələrin mərkəzləri bir-birinə nəzərən sürüşəcək, lakin yenə də dairələrin daxilində olacaqdır. Suyun hərəkət sürəti artdıqda, mərkəzlər dairələrin kənarına yaxınlaşır. Nəhayət, suyun hərəkət sürəti dalğanın yayılma sürətilə üst-üstə düşəndə, dalğaların əmələ gətirdiyi bütün dairələr eyni bir nöqtədə toxunacaqlar.

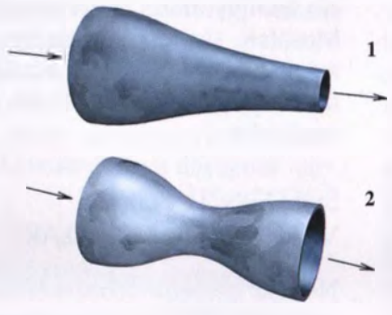
Əgər suyun sürəti dalğanın sürətini aşarsa, səthdə alınan dairələr iki şüa ilə – bu dairələrin qurşayanları ilə məhdudlanan oblastı doldurur. Bu oblastdan kənarda suyun səthi *a* sakit qalacaq, dalğavari həyəcanlanmalar ora çatmağa macal tapmır. Su ən iki qurşayanın yaxınlığında ən çox həyəcanlanmış olacaqdır.

Analoji proses havada da baş verir. Havanın hərəkət etdiyi, cismin (məsələn, təyyarə) isə sükunətdə olduğu hesablama sistemini götürək. Əgər təyyarənin sürəti səsin sürətilə müqayisə olunandırsa, lakin onu aşmırsa, onda səssiz hərəkət edən təyyarə görünür və onun mühərriklərinin səsi eşidilir. Lakin bu səsin haradansa bizə

LAVAL UCLUĞU

Səsdəniti uçan aparatları sınaqdan keçirmək üçün aerodinamik boru səsdəniti sürətlə hərəkət edən axın yaratmalıdır. Qazı böyük sürətlərə necə çatdırmalı? Belə görünə bilərdi ki, ən sadə üsul – qaz selini daraltmaqdır. Başqa sözlə, içərisində böyük təzyiq altında qaz olan qabı götürüb, ona en kəsiyi daralan boru – sadə ucluq birləşdirmək lazımdır. Kütlənin saxlanması qanununa görə, çıxış kəsiyi nə qədər dar olarsa, çıxan qazın sürəti də bir o qədər çox olmalıdır. Lakin əslində bu üsulla yalnız səs sürətinə bərabər olan sürətə çatmaq olar, çünki ucluğun çıxış kəsiyinin sonrakı daralması selin sürətlənməsinə səbəb olmur.

İş ondadır ki, səs sürətini aşan zaman fiziki qanunauyğunluqlar dəyişir – səsdəniti sürətlərdə en kəsiyi sahəsinin kiçildilməsi sürətin azalmasına səbəb olur və əksinə. Ona görə də səsdəniti sürət almaq üçün aerodinamik borunun kəsiyini səs sürətinə çatan andan dərhal sonra artırmaq lazımdır. Səsdəniti sürətlərə çatmaq üçün nəzərdə tutulmuş Laval ucluğu məhz belə qurulmuşdur. Ona məşhur mühəndis və ixtiraçı Karl Qustav Patrik de Lavalın (1845-1913) adı verilmişdir.



1 – sadə ucluq; 2 – Laval ucluğu.

Laval ucluğu heç də yalnız eksperimental qurğularda – aerodinamik borularda işlənmir. Məlum olduğu kimi, reaktiv mühərrikin dartı qüvvəsi qazın axma sürətilə təyin olunur. Sadə ucluq axının sürətini yalnız səs sürətinə çatdırmağa imkan verir, halbuki Laval ucluğu daha böyük sürətlər yarada bilir və bununla da mühərrikin dartı qüvvəsi xeyli artır. Eyni zamanda Laval ucluğu ilə səsdəniti sürətə qədər sürətləndirilmiş qazdan lazerin işçi cismi kimi istifadə etmək olar, çünki bu cür tezsürətlənmə zamanı qaz xüsusi üsulla soyudulur – molekulların yalnız irəliləmə enerjisi itir, rəqsi enerjisi müəyyən vaxta qədər əvvəlki kimi qalır. İnduksion şüalanmanın təsiri ilə bu enerjilərin, məcburi şüalanmanın seləbənzər yaranma prosesilə müşayiət olunan bərabərləşməsi baş verir. Səsdəniti axınla işləyən belə qazodinamik lazerlər güclü kəsilməz koherent infraqırmızı şüalanma almağa imkan verir.

NYUTON NOSTRADAMUS ROLUNDA

İsaak Nyuton cisimlərin havada hərəkətini tədqiq edərək, onların müqavimətini təyin etmək metodu təklif etmişdir. Bu metod indi Nyuton metodu adlanır. İdeya çox sadədir: alimin mühakimələrinə görə, hava selinin hissəcikləri cismin səthi ilə toqquşur və sonra öz impulsunun normal toplananını cismə verərək, səthə toxunan istiqamətdə hərəkət edir, məhz bu impuls çarpan axının cismə təzyiqini yaradır.

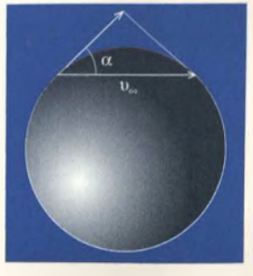
Mayenin oturacağı ΔS və hündürlüyü $\upsilon\Delta t\sin\alpha$ olan həcmində yerləşən bütün hissəciklər Δt müddətində ΔS səth elementi ilə toqquşar. Burada α – cismin səth elementi ilə qaçan selin sürəti arasında qalan bucaqdır. Bu həcmdə mayenin kütləsi $\rho\upsilon\sin\alpha\Delta S\Delta t$-dir. Sürətin normal toplananı $\upsilon\sin\alpha$-dır. Beləliklə, axının əhatə etdiyi cismin ΔS səth elementinə təsir edən qüvvə impulsu belə olar:

$$F\Delta t = \rho\upsilon^2\sin^2\alpha\Delta S\Delta t,$$

yekun müqavimət qüvvəsi isə

$$F = \rho\upsilon^2\sin^2\alpha\int dS = \rho\upsilon^2\sin^2\alpha S.$$

Nyutonun müqavimət düsturunu təhlil edərək, aşağıdakı nəticəni çıxarmaq olar: müqavimət qüvvəsi çarpan axının sıxlığı, sürətinin kvadratı ilə və cismin maksimal en kəsiyi ilə düz mütənasibdir. Adətən $\frac{1}{2}C_x$ kimi işarə olunan mütənasiblik əmsalı cismin formasından asılıdır və həndəsi oxşar cisimlər üçün eynidir. Bu sadə düsturu alaraq, Nyuton qüvvənin hesablama qiymətlərini təcrübi qiymətlərlə müqayisə etdi. Məlum oldu ki, müqavimətin sürətdən kvadratik asılılığı yalnız nisbətən böyük sürətlərdə müşahidə olunur. Lakin hətta belə halda da hesablanmış mütənasiblik əmsalı C_x təcrübi əmsaldan bir neçə dəfə böyük alınır. Cismi əhatə edib axan hava həqiqətdə özünü heç də tam Nyutonun təsəvvür etdiyi kimi aparmır. Hava hissəcikləri böyük məsafədən cismi "hiss edir" və əvvəlcədən öz trayektoriyalarını dəyişir. Ona görə də cisimlə onu əhatə edib axan mühitin qarşılıqlı təsirini təsvir etmək üçün daha xeyli mürəkkəb model və riyazi aparat lazımdır.



Nyutona görə cismin axması.

Nyutonun dövründə belə aparat hələ inkişaf etməyə macal tapmamışdı.

Belə çıxırdı ki, hesablamalar üçün düstur yaramır və onu unutmaq lazımdır. Lakin ən təəccüblüsü ondan ibarətdir ki, Nyutonun təklif etdiyi düstur onun anadan olmasından 300 il sonra səsdəniti uçan aparatların müqavimət qüvvəsini kifayət qədər dəqiq təyin etməyə imkan verdi.

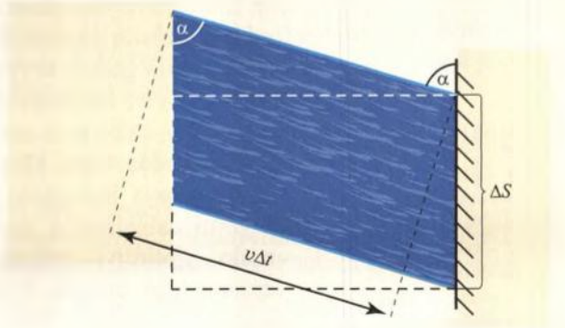


Səsdəniti çox böyük sürətlər (*hipersəs sürətləri*) üçün zərbə dalğası cismin səthinə "çökür". Zərbə təbəqəsi – zərbə dalğasının səthi ilə cismin səthi arasında qalan fəza – kifayət qədər nazik olur. Zərbə dalğasına qədər cismi əhatə edən axın həyəcanlanmaya məruz qalmır – qabaqdakı cisimləri "hiss etmir".

Zərbə dalğası keçdikdən sonra isə havanın səsdəniti sürətlərdə cismi əhatə edən axının xüsusiyyətləri haqqında heç nə bilməyən hissəcikləri praktiki olaraq cismin səthi boyunca hərəkət etməyə, yəni Nyutonun məhz fərz etdiyi kimi hərəkət etməyə başlayır.

"Qədim" düsturun məşhurluğu və effektivliyi bununla izah olunur.

Hazırda cisimləri əhatə edən səsdəniti axının riyazi modeli müfəssəl işlənib hazırlanmışdır və müasir ən güclü hesablama texnikası böyük dəqiqliklə səsdəniti uçan aparatların aerodinamik xarakteristikalarını təyin edə bilir. Lakin bu hesablamalar kifayət qədər uzun və ağırdır, halbuki Nyutonun mürəkkəb olmayan düsturu qiymətləndirmə aparmağa, qaralama hesablamanı aparmağa, nəticələri tez almağa və uçan aparatların aerodinamik xarakteristikalarını yaxşılaşdırmaq yolunu çox sadə yolla tapmağa imkan verir.



Ernst Max (1838-1916) – avstriyalı fizik və filosof.

Çenek Struxal (1850-1922) çex alimi.

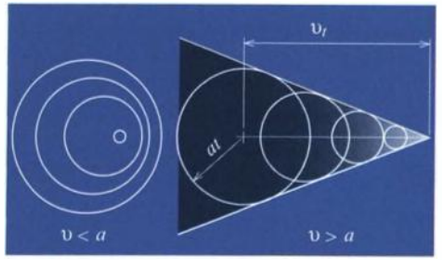
Uilyam Frud (1810-1879) – ingilis gəmi mühəndisi.



E.Max.

gəlib çatdığı istiqamət təyyarədən azca geri qalır. Əgər təyyarə səsdəniti sürətlə uçursa, onun yaratdığı həyəcanlanmalar *Max konusu* adlanan oblastın daxilində qalır. Nə qədər ki, siz bu konusdan xaricdəsiniz, sizə elə gəlir ki, təyyarə səssiz uçur. Max konusunun səthi sizin qulaqlarınıza çatan zaman kəskin pis bir partıltı eşidilir və yalnız bundan sonra təyyarə mühərriklərinin səsi eşidilən olur. Partlayış səsinə çox oxşayan bu partıltının səbəbi qəflətən artan təzyiqdir. Hərəkət edən təyyarənin yaratdığı həyəcanlanmalar, sanki, Max konusunun səthində toplaşır ki, bunun da nəticəsində təzyiq kəskin artır. Təzyiqin belə qəflətən sıçrayışa bənzər dəyişməsi *zərbə dalğası* adlanır. Zərbə dalğası səsdəniti sürətlərlə hərəkət zamanı və partlayışlar zamanı yaranır.

Suda üzən gəminin və səsdəniti sürətlə uçan təyyarənin hərəkətləri həndəsi olaraq çox oxşardır, yalnız su-

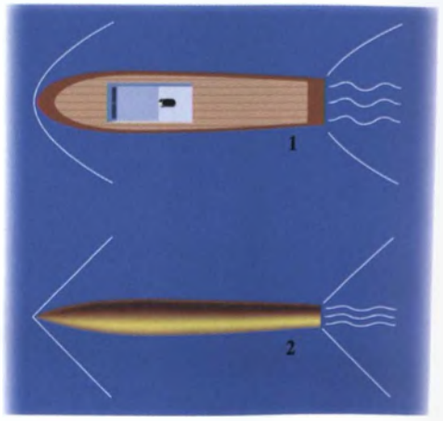


Max konusunun yaranması.

yun səthində həyəcanlanmalar – dairələrdir və onların doğuranları – müstəvi bucaq əmələ gətirir, təyyarənin hərəkəti zamanı isə həyəcanlanmalar sfera şəklindədir və onların səthinin qurşayanı konusdur – bu, Max konusudur. Konusun açış bucağının yarısına və ya gəmi dalğalarının suyun səthində əmələ gətirdiyi müstəvi bucağın yarısına Max bucağı, υ sürətinin səs sürətinə nisbətinə isə Max ədədi M deyilir. Bu bucağın sinusu və Max ədədi bir-birilə belə əlaqədardır:

$$\sin\alpha = \frac{1}{M}.$$

Ona diqqət yetirin ki, ilk baxışda bir-birindən fərqli görünən bu iki proses (zərbə dalğaları və su səthindəki dalğalar) ümumi xassələrə malikdir. Partlayış və ya səsdəniti sürətlə hərəkət edən cismin yaratdığı zərbə dalğaları görünmür. Onların davranışı kifayət qədər mürəkkəb olan riyazi aparatın köməyilə təsvir olunur. Lakin su səthindəki dalğaları öyrənməklə havadakı zərbə dalğalarının bəzi xassələrini başa düşmək – modelləşdirmək və onların davranışını qabaqcadan söyləmək, bu görünməz səthləri "görmək" olar. Əlbəttə, iki müxtəlif fiziki prosesin belə oxşarlığının öz sərhədləri var. Səthdəki dalğaların sürəti onların hündürlüyündən asılıdır; zərbə dalğalarının sürəti də amplituddan asılıdır, lakin təəssüf ki, bu asılılıq bir qədər başqadır; ona görə də havanın səsdəniti sürətlə hərəkət prosesinin detallarına qədər tam modelləşdirilməsi alınmır. Lakin hadisənin mahiyyətini dərk etmək üçün detallar o qədər vacib deyil.



1 – gəminin suyun səthində yaratdığı dalğalar;
2 – cismin qazda səsdəniti hərəkəti zamanı yaranan zərbə dalğaları.

ƏLAVƏ

1901–2007-ci İLLƏR ÜÇÜN FİZİKADAN NOBEL MÜKAFATLARI LAUREATLARI

İki müstəqil tədqiqata görə bir mükafat iki yerə bölünə bilər. Fizikadan 1903, 1936, 1954, 1955, 1961, 1963, 1970, 1973, 1978, 1983, 1986, 1989-cu illər üçün fizikadan mükafatlar bu cürdür. Bir mükafat eyni zamanda ən çoxu üç şəxsə verilə bilər. 1916, 1931, 1934, 1940, 1941 və 1942-ci illərdə fizikadan Nobel mükafatları verilməmişdir.

1901-ci il. Rentgen (Röntgen) Vilhelm Konrad (1845-1923), Almaniya. Onun öz adını daşıyan şüaların kəşfinə görə.

1902-ci il. Lorens (Lorentz) Hendrik Anton (1853-1928), Zeeman (Zeeman) Piter (1865-1943), Niderland. Maqnetizmin şüalanma prosesinə təsirinin tədqiqinə görə.

1903-cü il. Bekkerel (Becquerel) Antuan Anri (1852-1908), Fransa. Spontan radioaktivliyin kəşfinə görə.
Küri (Curie) Pyer (1859-1906), Sklodovskaya-Küri (Sklodowska-Curie) Mariya (1867-1934), Fransa. A.Bekkerelin kəşf etdiyi radioaktivlik hadisəsinin öyrənilməsinə görə.

1904-cü il. Strett (Strutt) Con Uilyam, lord Reley (Rayleigh) (1842-1919), Böyük Britaniya. Arqonun kəşfinə görə.

1905-ci il. Lenard (Lenard) Filipp Eduard Anton (1862-1947), Almaniya. Katod şüalarına aid işinə görə.

1906-cı il. Tomson (Thomson) Cozef Con (1856-1940), Böyük Britaniya. Elektrikin qazlardan keçməsinə aid tədqiqatlarına görə.

1907-ci il. Maykelson (Michelson) Albert Abraham (1852-1931), ABŞ. Çox dəqiq optik alətlər yaratdığına və onların köməyilə tədqiqatlar yerinə yetirdiyinə görə.

1908-ci il. Lipman (Lippmann) Qabriel (1845-1931), Fransa. Rəngli fotoqrafiya metoduna görə.

1909-cu il. Markoni (Marconi) Qulelmo (1874-1937), İtaliya; Braun (Braun) Karl Ferdinand (1850-1918), Almaniya. Məftilsiz teleqrafın inkişafına verdiyi paya görə.

1910-cu il. Van der Vaals (van der Waals) Yohannes Diderik (1837-1923), Niderland. Qazların və mayelərin hal tənliyini çıxardığına görə.

1911-ci il. Vin (Wien) Vilhelm (1864-1928), Almaniya. Cisimlərin istilik şüalanmasında sürüşmə qanununa – onun adını daşıyan qanuna görə.

1912-ci il. Dalen (Dalen) Nils Qustav (1869-1937), İsveç. Mayaklarda və buylarda (siqnal üzgəclərində) işıq mənbələri üçün istifadə olunan avtomatik tənzimləyicilərin kəşfinə görə.

1913-cü il. Kamerlinq-Onnes (Kamerlingh-Onnes) Heyke (1853-1939), Niderland. Maye helium aldığına görə.

1914-cü il. Laue (Laue) Maks Feliks Teodor fon (1879-1960), Almaniya. Kristallarda rentgen şüalarının difraksiyasının kəşfinə görə.

1915-ci il. Breqq (Bragg) Uilyam Henri (1862-1942), Breqq (Bragg) Uilyam Lorens (1890-1971), Böyük Britaniya. Rentgen şüalarının köməyilə kristalların strukturunun öyrənilməsinə görə.

1917-ci il. Barkla (Barkla) Çarlz Qlover (1877-1944), Böyük Britaniya. Elementlərin xarakteristik rentgen şüalanmasının kəşfinə görə.

1918-ci il. Plank (Planck) Maks Karl Ernst Lüdviq (1858-1947), Almaniya. Enerji kvantlarının kəşfinə görə.

1919-cu il.Ştark (Stark) Yohannes (1874-1957), Almaniya. Elektrik sahələrində spektral xətlərin parçalanmasının kəşfinə görə.

1920-ci il. Gilom (Guillaume) Şarl Eduar (1861-1938), İsveçrə. İnvarın kəşfinə görə.

1921-ci il. Eynşteyn (Einstein) Albert (1879-1955), Almaniya və İsveçrə. Nəzəri fizika qarşısındakı xidmətlərinə, xüsusilə də fotoeffekt qanununun kəşfinə görə.

1922-ci il. Bor (Bohr) Nils Henrik David (1885-1962), Danimarka. Atomların quruluşunun və onların buraxdığı şüalanmanın öyrənilməsindəki xidmətlərinə görə.

1923-cü il. Milliken (Millikan) Robert Endrus (1868-1953), ABŞ. Elementar elektrik yükünün təyininə görə.

1924-cü il. Siqban (Siegbahn) Karl Manne Georq (1886-1978), İsveç. Rentgen spektroskopiyasındakı kəşflərinə görə.

1925-ci il. Frank (Franck) Ceyms (1882-1964), Hers (Herz) Qustav Lüdviq (1887-1975), Almaniya. Elektronların atomlarla toqquşma qanunlarının kəşfinə görə.

1926-cı il. Perren (Perrin) Jan Batist (1870-1942), Fransa. Molekulların mövcudluğunun sübutuna görə.

1927-ci il. Kompton (Compton) Artur Holli (1892-1962), ABŞ. Onun öz adını daşıyan effektin kəşfinə görə.

Vilson (Wilson) Çarlz Tomson Ris (1869-1959), Böyük Britaniya. Buxarın kondensasiyasının köməyilə elektrik yüklü zərrəciklərin trayektoriyalarını aşkar etmək metoduna görə.

1928-ci il. Riçardson (Richardson) Ouen Uillans (1879-1959), Böyük Britaniya. Termoion emisiyaya aid işlərinə və onun öz adını daşıyan qanunun kəşfinə görə.

1929-cu il. De Broyl (de Broglie) Lui (1892-1987), Fransa. Elektronun dalğa təbiətinin kəşfinə görə.

1930-cu il. Raman (Raman) Çandrasekhara Benkata (1888-1970), Hindistan. İşığın səpilməsinə aid işinə və onun öz adını daşıyan effektin kəşfinə görə.

1932-ci il. Heyzenberq (Heisenberg) Verner Karl (1901-1976), Almaniya. Kvant mexanikasını yaratdığına görə.

1933-cü il. Şredinger (Schrödinger) Ervin (1887-1961), Avstriya; Dirak (Dirac) Pol Adrien Moris (1902-1984), Böyük Britaniya. Atom nəzəriyyəsinin yeni səmərəli formalarının kəşfinə görə.

1935-ci il. Çedvik (Chadwick) Ceyms (1891-1974), Böyük Britaniya. Neytronun kəşfinə görə.

1936-cı il. Hess (Hess) Viktor Frans (1883-1964), Avstriya. Kosmik şüaların kəşfinə görə.
Anderson (Anderson) Karl Devid (1905-1991), ABŞ. Pozitronun kəşfinə görə.

1937-ci il. Devisson (Davisson) Klinton Cozef (1881-1958), ABŞ; Tomson (Thomson) Corc Pacet (1892-1975), Böyük Britaniya. Kristallarda elektronların difraksiyasının eksperimental kəşfinə görə.

1938-ci il. Fermi (Fermi) Enriko (1901-1954), İtaliya. Yeni radioaktiv elementlər aşkar etdiyinə və yavaş neytronların doğurduğu nüvə reaksiyalarının kəşfinə görə.

1939-cu il. Lourens (Lawrence) Ernest Orlando (1901-1958), ABŞ. Siklotronu kəşf etdiyinə və qurduğuna görə və süni radioaktiv elementlər aldığına görə.

1943-cü il.Ştern (Stern) Otto (1888-1969), ABŞ. Molekulyar dəstələr metodunun inkişafına və protonun maqnit momentinin kəşfinə görə.

1944-cü il. Rabi (Rabi) İzidor Ayzek (1898-1988), ABŞ. Nüvələrin maqnit xassələrinin ölçülməsinin rezonans metoduna görə.

1945-ci il. Pauli (Pauli) Volfqanq (1900-1958), Avstriya. Qadağa prinsipinin (Pauli prinsipinin) kəşfinə görə.

1946-cı il. Bricmen (Bridgman) Persi Uilyams (1882-1961), ABŞ. Yüksək təzyiqlər fizikasındakı kəşfinə görə.

1947-ci il. Eplton (Appleton) Eduard Viktor (1892-1965). Böyük Britaniya. Atmosferin yuxarı təbəqələrinin fizikasının tədqiqinə, xüsusən də Eplton təbəqəsinin kəşfinə görə.

1948-ci il. Blekett (Blackett) Patrik Meynard Stüart (1897-1974), Böyük Britaniya. Vilson kamerasının təkmilləşdirilməsinə və nüvə fizikası və kosmik radiasiya oblastında kəşflərinə görə.

1949-cu il. Yukava (Yukawa) Hidoki (1907-1981), Yaponiya. Mezonların mövcudluğunu qabaqcadan xəbər verdiyinə görə.

1950-ci il. Pauell (Powell) Sesil Frank (1903-1969), Böyük Britaniya. Nüvə proseslərinin fotoqrafik öyrənmə metodunu işləyib hazırladığına və mezonların kəşfinə görə.

1951-ci il. Kokroft (Cockroft) Con Duqlas (1897-1967), Böyük Britaniya; Uolton (Walton) Ernest Tomas Sinton (1903-1995), İrlandiya. Atom nüvələrinin transmutasiyasına dair fundamental işlərə görə.

1952-ci il. Blox (Bloch) Feliks (1905-1983), Persell (Purcell) Eduard Mile (1912-1997), ABŞ. Nüvə maqnit ölçmələrinin yeni dəqiq metodlarının yaradılmasına və onlarla bağlı kəşflərə görə.

1953-cü il. Sernike (Zernike) Frits (1888-1966), Niderland. Faza-kontrast mikroskopunun kəşfinə görə.

1954-cü il. Born (Born) Maks (1882-1970), Böyük Britaniya. Kvant mexanikasına dair tədqiqatlarına, xüsusən də dalğa funksiyasının statistik interpretasiyasına görə.

Bote (Bothe) Valter Vilhelm (1891-1957), Almaniya. Üst-üstə düşmə metodu və onunla bağlı kəşflərə görə.

1955-ci il. Lemb (Lamb) Uillis Yucin (1913-2008), ABŞ. Hidrogen spektrinin incə quruluşu ilə bağlı kəşflərə görə.

Kuş (Kusch) Polikarp (1911-1993), ABŞ. Elektronun maqnit momentinin dəqiq təyininə görə.

1956-cı il. Şokli (Shockley) Uilyam Bredford (1910-1989), Bardin (Bardeen) Con (1908-1991), Bratteyn (Brattain) Uolter Hauzer (1902-1987), ABŞ. Yarımkeçiricilərin tədqiqinə və tranzistor effektinin kəşfinə görə.

1957-ci il. Li Tzundao (Lee Tsung-Dao; 1926-cı ildə doğulub), Yanq Çjennin (Yang Chen Ning; 1922-ci ildə doğulub), Çin. Zəif qarşılıqlı təsirlərdə cütlüyün pozulmasını qabaqcadan xəbər verdiklərinə görə.

1958-ci il. Çerenkov Pavel Alekseyeviç (1904-1990), Frank İlya Mixayloviç (1908-1990). Tamm İqor Yevgenyeviç (1895-1971), SSRİ. Vavilov-Çerenkov effektinin kəşfinə və izahına görə.

1959-cu il. Seqre (Segri) Emilio Cino (1905-1989), Çemberlen (Chamberlain) Ouen (1920-ci ildə doğulub), ABŞ. Antiprotonun kəşfinə görə.

1960-cı il. Qlazer (Glaser) Donald Artur (1926-cı ildə doğulub), ABŞ. Qabarcıqlı kameranın kəşfinə görə.

1961-ci il. Hofstedter (Hofstadter) Robert (1915-1990), ABŞ. Elektronların atom nüvələrindən səpilməsinə dair tədqiqatlara görə və nuklonların quruluşunun kəşfinə görə.

Messbauer (Mössbauer) Rudolf Lüdviq (1929-cu ildə doğulub), Almaniya. Qamma-şüalanmanın rezonans udulmasının kəşfinə görə.

1962-ci il. Landau Lev Davidoviç (1908-1968), SSRİ. Kondensə olmuş mühitlərin nəzəriyyəsinə dair tədqiqatlara görə.

1963-cü il. Viqner (Wigner) Yucin Pol (1902-1995), ABŞ. Fundamental simmetriya prinsipləri əsasında atom nüvəsi və elementar zərrəciklər nəzəriyyəsinə verdiyi paya görə.

Geppert-Mayer (Goeppert-Mayer) Mariya (1906-1972), ABŞ; Yensen (Jensen) Yohannes Hans Daniel (1907-1973), Almaniya. Nüvənin örtük quruluşunun kəşfinə görə.

1964-cü il. Tauns (Townes) Çarlz Hard (1915-ci ildə doğulub), ABŞ. Basov Nikolay Gennadiyeviç (1922-ci ildə doğulub), Proxorov Aleksandr Mixayloviç (1916-cı ildə doğulub), SSRİ. Kvant generatorları və gücləndiricilərini – mazeri və lazeri yaratdıqlarına görə.

1965-ci il. Tomonaqa (Tomonaga) Sinitiro (1906-1979), Yaponiya; Şvinger (Schwinger) Culius Seymur (1918-1994), Feynman (Feynman) Riçard Fillips (1918-1988), ABŞ. Kvant elektrodinamikasına və elementar zərrəciklər fizikasına verdikləri fundamental paya görə.

1966-cı il. Kastler (Kastler) Alfred (1902-1984), Fransa. Atomlarda Hers rezonanslarının optik tədqiqat metodlarının kəşfinə və işlənilib hazırlanmasına görə.

1967-ci il. Bete (Bethe) Hans Albert (1906-2005), ABŞ. Ulduzların enerji mənbələri olan termonüvə reaksiyaları tsiklinin kəşfinə görə.

1968-ci il. Alvares Luis Uolter (1911-1988), ABŞ. Elementar zərrəciklər fizikasında çoxsaylı rezonansların kəşfinə görə.

1969-cu il. Gell-Mann (Gell-Mann) Mürrey (1929-cu ildə doğulub), ABŞ. Elementar zərrəciklərin təsnifatı və onların qarşılıqlı təsirləri ilə bağlı kəşflərə görə.

1970-ci il. Alfven (Alfven) Hannes Olaf Gesta (1908-1995), İsveç. Maqnit hidrodinamikasında və plazma fizikasındakı fundamental işlərə və kəşflərə görə.

Neel (Neel) Lui Ejen Feliks (1904-2000), Fransa. Antiferromaqnetizmə və ferrimaqnetizmə aid fundamental işlərə görə.

1971-ci il. Qabor (Gabor) Dennis (1900-1979), Böyük Britaniya. Qoloqrafiyanın kəşfinə görə.

1972-ci il. Bardin (Bardeen) Con (1908-1991), Kuper (Cooper) Leon (1930-cu ildə doğulub), Şriffer (Schrieffer) Con Robert (1931-ci ildə doğulub), ABŞ. İfratkeçiricilik nəzəriyyəsinə (BKŞ nəzəriyyəsinə) görə.

1973-cü il. Esaki (Esaki) Leo (1925-ci ildə doğulub), Yaponiya; Cayver (Giaever) Ayver (1929-cu ildə doğulub), ABŞ. Yarımkeçiricilərdə və ifratkeçiricilərdə tunel hadisələrinin kəşfinə görə.

Cozefson (Josephson) Brayn Devid (1940-cı ildə doğulub), Böyük Britaniya. Tunel baryerindən keçən cərəyanın xassələrini, o cümlədən Cozefson effektini nəzəri olaraq qabaqcadan xəbər verdiyinə görə.

1974-cü il. Rayl (Ryle) Martin (1918-1984), Hyuiş (Hewish) Entoni (1924-cü ildə doğulub), Böyük Britaniya. Radioastrofizikada novator tədqiqatlarına görə: Rayla müşahidəsinə və ixtirasına görə, xüsusən də apertur sintez metoduna görə, Hyuişə isə pulsarların kəşfində həlledici roluna görə.

1975-ci il. Bor (Bohr) Ore Nils (1922-ci ildə doğulub), Mottelson (Mottelson) Benjamin Roy (1926-cı ildə doğulub), Danimarka; Reynvuater (Rainwater) Ceyms (1917-1986), ABŞ. Atom nüvəsinin quruluş nəzəriyyəsini yaratdığına görə.

1976-cı il. Rixter (Richter) Berton (1931-ci ildə doğulub), Tinq (Ting) Semyuel Çao Çanq (1936-cı ildə doğulub), ABŞ. Yeni növ ağır elementar zərrəcik kəşf etdiyinə görə.

1977-ci il. Anderson Filipp Uorren (1923-cü ildə doğulub), Van Flek (Van Vleck) Con Hazbruk (1899-1980), ABŞ; Mott Nevill Frensis (1905-1996), Böyük Britaniya. Maqnit və nizamlanmamış quruluşların elektron quruluşunun nəzəri tədqiqatlarına görə.

1978-ci il. Kapitsa Pyotr Leonidoviç (1894-1984), SSRİ. Aşağı temperaturlar fizikası oblastında fundamental ixtira və kəşflərinə görə.

Penzias Arno Allan (1933-cü ildə doğulub), Vilson (Wilson) Robert Vudro (1936-cı ildə doğulub), ABŞ. Kosmik relikt şüalanmanın kəşfinə görə.

1979-cu il. Vaynberq (Weinberg) Stiven (1933-1996), Qleşou (Glashaw) Şeddon Li (1932-ci ildə doğulub), ABŞ; Salam Abdus (1926-1995), Pakistan. Elementar zərrəciklər arasındakı zəif və elektromaqnit qarşılıqlı təsirlərin birləşmiş nəzəriyyəsinə verdikləri paya görə.

1980-ci il. Kronin (Cronin) Ceyms Uotson (1931-ci ildə doğulub), Fitç (Fitch) Val Loqsden (1923-cü ildə doğulub), ABŞ. Neytral K°-mezonların parçalanması zamanı fundamental simmetriya prinsiplərinin pozulmasının kəşfinə görə.

1981-ci il. Blombergen (Bloembergen) Nikolaas (1920-1999), Şavlov (Schawlow) Artur Leonard (1921-ci ildə doğulub), ABŞ. Lazer spektroskopiyasının inkişafına verdikləri paya görə.

Siqban (Siegbahn) Kay Manne Berye (1918-ci ildə doğulmuşdur), İsveç. Elektron spektroskopiyasının inkişafına verdiyi paya görə.

1982-ci il. Vilson (Wilson) Kennet Geddes (1936-cı ildə doğulub), ABŞ. Faza keçidlərilə əlaqədar böhran hadisələrinin nəzəriyyəsinə görə.

1983-cü il. Çandrasekar (Chandrasekhar) Subrahmanyan (1910-1995), ABŞ. Ulduzların quruluşunda və təkamülündə mühüm rol oynayan proseslərin nəzəri öyrənilməsinə görə.

Fauler (Fowler) Uilyam Alfred (1911-1995), ABŞ. Kainatda elementlərin əmələ gəlməsində mühüm əhəmiyyətə malik olan nüvə reaksiyalarının tədqiqinə görə.

1984-cü il. Rubbia Karlo (1934-cü ildə doğulub), İtaliya; Mer (Meer) Simon van der (1925-ci ildə doğulub), Niderland. Zəif qarşılıqlı təsirin daşıyıcıları olan W və Z zərrəciklərin kəşfinə onların verdikləri müəyyənedici paya görə.

1985-ci il. Klitsinq (Klitzing) Klaus Olaf fon (1943-cü ildə doğulub), Almaniya. Holl kvant effektinin kəşfinə görə.

1986-cı il. Ruska Ernst Avqust (1907-1988), Almaniya. İlk elektron mikroskopunu yaratdığına görə.

Binniq (Binnig) Gerd Karl (1947-ci ildə doğulub), Almaniya; Rorer (Rohrer) Henrix (1933-cü ildə doğulub), İsveçrə. Skanirəedici tunel mikroskopunun kəşfinə görə.

1987-ci il. Müller Karl Aleksander (1927-ci ildə doğulub), İsveçrə; Bednorts (Bednorz) Yohannes Georq (1950-ci ildə doğulub), Almaniya. Yüksəktemperaturlu ifratkeçiriciliyin eksperimental aşkar edilməsinə görə.

1988-ci il. Lederman Leon Maks (1922-ci ildə doğulub), Şvars (Schwarz) Melvin (1932-2006), Steynberger (Steinberger) Cek (1921-ci ildə doğulub), ABŞ. Müon neytrinosunun kəşfinə görə.

1989-cu il. Ramzey (Ramsay) Norman Foster (1915-ci ildə doğulub), ABŞ. Sezium atom saatlarının və hidrogen mazerinin yaradılmasına görə.

Demelt (Dehmelt) Hans Corc (1922-ci ildə doğulub), ABŞ; Paul Volfqanq (1913-1993), Almaniya. Yüksək ayırdetmə qabiliyyətli spektroskopiyanı həyata keçirməyə imkan verən tək-tək ionların tutulub saxlanması metodunu işləyib hazırladıqlarına görə.

1990-cı il. Fridman (Friedman) Cerom Ayzek (1930-cu ildə doğulub), Kendall Henri (1926-1999), ABŞ; Teylor (Taylor) Riçard Eduard (1929-cu ildə doğulub), Kanada. Elektronların protonlardan və bağlı neytronlardan səpilməsinin tədqiqinə və kvark modelinin inkişafına görə.

1991-ci il. Jenn (de Gennes) Pyer Jil de (1932-ci ildə doğulub), Fransa. Maye kristallarda və polimerlərdə molekulyar nizamlılığı təsvir etmək üçün metodun kəşfinə görə.

1992-ci il. Şarpak (Charpak) Jorj (1924-cü ildə doğulub), Fransa. Zərrəciklərin yeni növ detektorlarının ixtirasına görə.

1993-cü il. Halse (Hulse) Rassell Alan (1950-ci ildə doğulub), Kiçik Teylor (Taylor Jr.) Cozef Huton (1941-ci ildə doğulub), ABŞ. Qravitasiyanı öyrənmək üçün yeni yollar açmış olan yeni növ pulsarın kəşfinə görə.

1994-cü il. Brokhaus (Brockhouse) Bertram Nevill (1918-2003), Kanada; Şall (Shull) Klifford Qlenvud (1915-2001), ABŞ. Maddənin kondensasiya etmiş halının tədqiqi üçün neytronların səpilməsi metodunun inkişafına görə.

1995-ci il. Perl Martin Lyuis (1927-ci ildə doğulub), Raynes (Reines) Frederik (1918-1998), ABŞ. Perlə τ-leptonun kəşfinə və Raynesə neytrinonu aşkar etdiyinə görə.

1996-cı il. Li (Lee) Devid Morris (1931-ci ildə doğulub), Oşerov (Osheroff) Duqlas Din (1945-ci ildə doğulub), Riçardson (Richardson) Robert Koleman (1937-ci ildə doğulub), ABŞ. Helium-3-də ifrataxıcılığın kəşfinə görə.

1997-ci il. Koen-Tannuci (Cohen-Tannoudji) Klod (1933-cü ildə doğulub), Fransa; Fillips (Phillips) Uilyam (1948-ci ildə doğulub), Çu (Chu) Stiven (1948-ci ildə doğulub), ABŞ. Lazer işığı ilə atomların əsir edilməsi metodlarının inkişafına görə.

1998-ci il. Laflin (Laughlin) Robert (1950-ci ildə doğulub),Ştermer (Störmer) Horst (1948-ci ildə doğulub). Tsui (Tsui) Daniel (1939-cu ildə doğulub), ABŞ. Elə yeni növ kvant mayelərinin kəşfinə görə ki, onlarda həyəcanlanmış hallar kəsr elektrik yükünə malikdir.

1999-cu il. Hooft Gerard (1946-cı ildə doğulub), Veltman Martinus (1931-ci ildə doğulub), Niderland. Fizikada elektrozəif qarşılıqlı təsirlərin kvant strukturunun aydınlaşdırılmasına görə.

2000-ci il. Alfyorov Jores İvanoviç (1930-cu ildə doğulub), Rusiya; Kremer (Kroemer) Herbert (1928-ci ildə doğulub), Almaniya. Kilbi (Kilby) Cek S. (1923-2005), ABŞ. Kommunikasiya texnologiyalarının əsasını təşkil edən işlərə görə. Alfyorova və Kremerə inteqral sxemlər sahəsindəki tədqiqatlarına görə, Kilbiyə yüksəksürətli və optik elektronikada istifadə olunan yarımkeçirici heterostrukturların tədqiqinə görə.

2001-ci il. Kornell (Cornell) Erik A. (1961-ci ildə doğulub), ABŞ, Ketterle Volfqanq (1957-ci ildə doğulub), Almaniya, Viman (Wieman) Karl E. (1951-ci ildə doğulub), ABŞ. Seyrəldilmiş qazlarda Boze-Eynşteyn kondensasiyasının öyrənilməsindəki nailiyyətlərə görə və kondensatların xassələrinin ilkin fundamental tədqiqatlarına görə.

2002-ci il. Devis (Davis) Kiçik Raymond (1914-2006), ABŞ, Koşiba (Koshiba) Msatosi (1926-cı ildə doğulub), Yaponiya. Astrofizikaya verdikləri pioner payına, o cümlədən kosmik neytrinoların qeydə alınmasına görə.

Cakonni (Giacconi) Rikkardo (1931-ci ildə İtaliyada doğulub), ABŞ. Astrofizikaya verdiyi pioner paya, o cümlədən rentgen şüalarının kosmik mənbələrinin kəşfinə görə.

2003-cü il. Abrikosov Aleksey Alekseyeviç (1928-ci ildə doğulub), Rusiya, ABŞ, Ginzburq Vitali Lazareviç (1916-cı ildə doğulub), Rusiya, Leggett (Leggett) Entoni J. (1938-ci ildə doğulub), Böyük Britaniya, ABŞ. İkinci növ ifratkeçiriciliyin nəzəriyyəsinin və maye helium-3-ün ifrataxıcılıq nəzəriyyəsinin yaradılmasına görə.

2004-cü il. Qross (Gross) Devid J. (1941-ci ildə doğulub), Politser (Politzer) Devid N. (1949-cu ildə doğulub), Vilçek (Wilczek) Frenk (1951-ci ildə doğulub), ABŞ. Güclü qarşılıqlı təsirlər nəzəriyyəsində asimptotik sərbəstliyin kəşfinə görə.

2005-ci il. Qlauber (Glauber) Roy J. (1925-ci ildə doğulub), ABŞ. Optik koherentliyin kvant nəzəriyyəsinə verdiyi paya görə.

Holl (Hall) Con L. (1934-cü ildə doğulub), ABŞ, Henş (Hensh) Teodor W. (1941-ci ildə doğulub), Almaniya. Lazer yüksəkdəqiqlikli spetroskopiyanın və tezliyin optik standartlarında işıq sürüşməsinin ən dəqiq hesablanması texnikasının inkişafına verdikləri paya görə.

2006-cı il. Meter (Mather) Con C. (1946-cı ildə doğulub), Smut (Smoot) Corc F. (1945-ci ildə doğulub), ABŞ. Kosmik fon şüalanmasının enerji spektrinin anizotropiyasının və qara cisim strukturunun kəşfinə görə.

2007-ci il. Fert (Fert) Alber (1938-ci ildə doğulub), Fransa, Qrinberq (Grenberg) Peter (1939-cu ildə doğulub), Almaniya. Giqant maqnit müqaviməti effektinin kəşfinə görə.

TERMİNLƏR GÖSTƏRİCİSİ

A

Aberrasiya 126
Adronlar 265, 267, 268, 270, 271, 275
Aerodinamik boru 448, 450-452
Aeromexanika 425, 426
Ağırlıq:
– qüvvəsi 349
– mərkəzi 409
Axın:
– laminar 442
– stasionar 432
– turbulent 444
Amorflar 240, 241
Anizotropiya 240, 242, 463
Antizərrəcik 182, 264, 265, 302
Aporilər 31, 32, 35, 38, 46, 306, 313, 315, 316
Apriori 89, 209, 360, 362
Arximed qanunu 83, 427, 428
Aristotel:
– dinamikası 346
– fizikası 46, 52, 54, 55, 58, 61-64, 66, 76, 122, 130, 347, 348, 354-356
Atmosfer təzyiqi 110, 120
Atom 17, 37-40, 67 122, 158, 161, 209, 216-219
– quruluş 234
– model 167
Atom kütlə vahidi 230, 232
Atom nüvəsi:
– barion yükü 259, 267, 269
– kütlə defekti 262
– kütlə ədədi 259, 261, 262, 282
– quruluşu 234
Atom-molekulyar nəzəriyyə (atomizm) 34, 38, 40, 67, 75, 122, 123, 224, 226, 379
Avoqadro:
– qanunu 230
– sabiti 232

B

Barionlar 265, 267, 269, 270
Bernulli tənliyi 432, 433, 434, 446
Bərk cisim 402
Boşluq 59, 121, 123
Böyük birləşmə nəzəriyyəsi 302
Böyük partlayış 205, 219, 274, 279
Braun hərəkəti 232
BS sistemi 283, 332
– skalyar 178, 329
Burğu qaydası 407

C

Cərəyan xətləri 430
Cismin çəkisi 71, 355, 364, 399, 429, 441

D

Daimi mühərrik 388, 389
Dalamber-Eyler paradoksu 434, 443, 443
Dalğa funksiyası 179, 209
Dalğa uzunluğu 250
Deduksiya metodu 116
Dekart:
– burulğan nəzəriyyəsi 115
– metodu 116, 117
Determinizm 38, 204
Difraksiya 128
Dinamik dəyişənlər 377
Dinamika 379
Diskretlik 313
Dispersiya 293, 295
Dispersiyanın qiymətləndirilməsi 295
Diyirlənmə sürtünmə əmsalı 421
Dopler effekti 285, 286
Dövrələmə axın:
– ayrılmaz 444
– laminar 442, 444- 445
– səsdəniti 448, 452
– turbulent 441, 445
Dünyanın mənzərəsi:
– heliosentrik 69, 81, 94, 95, 360
– elmi 8, 63, 102, 201, 202
– geosentrik 115, 314
– fiziki 53, 160, 182, 306, 351
– mexaniki 109, 135, 212, 307, 317

E

Efir 141, 245, 303
Ehtimal 292
Ehtimallar nəzəriyyəsi 121
Eksperiment 101
Eksperimental metod 88, 89
Elektrodinamika:
– kvant 197, 273
– klassik 167
Elektroliz 245
Elektromaqnit induksiyası 143
Elektromaqnit qarşılıqlı təsir 259, 277, 336
Elektromaqnit sahə nəzəriyyəsi 143, 148
Elektron mikroskopu 217, 233
Elektrozəif qarşılıqlı təsir 277
Elementar zərrəciklər 192, 214, 267, 271
Elementar zərrəciklərin 192, 271, 287
Elmi biliklər 7, 13, 16
Elmi metod 7, 63, 79, 80, 108, 204, 310
Enerji:
– kinetik 382
– potensial 383
– rabitə 259
Evklid:
– həndəsəsi 176, 309, 318, 319
– fəzası 318, 319, 321, 375
Eyler hidrodinamikası 434, 435
Eynşteynin:
– qravitasiya tənliyi 286
– xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi 312
– nisbilik prinsipi 302

Ə

Ədəd 39
Ətalət:
– prinsipi 361
– qanunu 333, 359
– qüvvəsi 400
– momenti 405, 410

F

Fermion 265
Fermi-Pasta-Ulama paradoksu 301
Fəza və zamanın relyasion konsepsiyası 322
Fəzanın ölçüsü 375
Fəza-zaman 9, 59, 148, 160, 208, 274
Fırlanma oxu 387, 400, 403
Fiziki kəmiyyətlərin ölçüsü 283, 284
Fiziki rəqqas 409
Fluoressensiya 248, 250
Fokus 99
Fotoeffekt:
– nəzəriyyəsi 155
– hadisəsi 167
Foton 265
Fuko rəqqası 402

G

Güclü qarşılıqlı təsir 259, 261, 277

H

Habbl sabiti 286
Hamilton tənliyi 178
Hesablama sistemi:
– inersial 327, 333-337, 362-364
– qeyri-inersial 333, 365, 397, 398
Hərəkət 57, 58, 98-100, 342
– mütləq 320, 361
– fırlanma 33, 62, 320, 328, 333, 400, 403, 406, 448, 449
– mexaniki 8, 9, 115, 309, 317, 322, 325, 356, 362
– nisbi 319, 325, 335, 361, 367, 414, 435
– müstəvi 343, 403
– ətalət üzrə 349, 352
– irəliləmə 400
– bərabərsürətli dairəvi (çevrə üzrə) 62, 343, 370
– bərabərsürətli düzxətli 338
– bərabərtəcilli 332, 339, 341, 350, 383
Hərəkət qanunu 329
Hidravlik zərbə 437
Hidroaeromexanika 425, 437, 443
Hidrodinamika 433
Hidromexanika 432
Hidrostatik düstur 427, 428, 432
Hidrostatika 83, 93, 427
Holistik yanaşma 304
Hücum bucağı 433

X

Xətalar:
– kobud 291
– sistematik 291
– təsadüfi 291
Xromodinamika 275

İ

İdeal qaz 238
İdeal qaz tənliyi 429
İdeal maye 430
– nəzəriyyə 432, 446
İezuitlər 97, 118
İkinci kvantlama nəzəriyyəsi 180
İmpetus 16, 76, 347, 348
İmpuls (hərəkət miqdarı) 276, 296, 347, 352
İnduksiya metodu 116
İnformasiya (məlumat) 147
İnfraqırmızı şüalanma 250
İnterferensiya 119
İnvariant 325
İonlar 240
İstinad nöqtəsi 167
İşığın dalğa nəzəriyyəsi 130
İşığın foton nəzəriyyəsi 151
İşığın sınma qanunu 99
İzoxronluq 320
İzotop 261
İzotropik 268
İzotropluq 302

J

Jukovski teoremi 447

K

Kainat:
– fəza-zaman quruluşu 59
– yaşı 220
Kartezianlıq 113
Katod şüaları 246, 247, 250
Kavitasiya 433, 434
Kepler qanunları 130, 268
Kəsilməzlik tənliyi 432, 433, 444
Kimyəvi:
– birləşmələr 90, 228, 229
– elementlər 226, 228, 245, 261
Kinematika 337
Kinetik:
– enerji 382
– teorem 383
Kleyn-Qordon-Fok tənliyi 180
Konfaynment 250
Konservativ qüvvələr 384
Konservativ sistem 385
Koordinat sistemi 323
Koriolis qüvvəsi 400, 402
Kosmik sürətlər 376, 378
Kosmos 23
Kristal qəfəs 238, 240
Kumulyativ effekt 438
Kütlə 338
Kvant:
– mexanikası 177, 179
– nəzəriyyəsi 158 162
– sahə nəzəriyyəsi 180, 266, 272
– işığın kvant nəzəriyyəsi 157, 158
–elektrodinamika 177
– elektronika 177
Kvantlar 158
Kvark 219, 267-269
Kvarkın kvant ədədi:
– yeni 267, 268
– rəng 267
Kvaternionları 178, 340

Q

Qaldırıcı qüvvə 433
Qalileyin nisbilik prinsipi 335
Qanad nəzəriyyəsi 445, 447
Qapalı sistem 332, 380
Qauss paylanması 293, 294
Qaz dinamikası 425
Qazların kinetik nəzəriyyəsi 143, 146
Qeyri-elastiki toqquşma 381
Qeyri-xətti:
– fizika 301
– dinamika 139-140, 302
Qeyri-xəttilik 304
Qiymətləndirmələr 297
Qlüonlar 270, 271, 274, 275
Qravitasiya 159, 273, 355
Qravitasiya:
– sabiti 374, 375
– nəzəriyyəsi 155, 159, 204, 273
– qarşılıqlı təsir 259 260, 273, 392
– sahəsi 60, 274, 398, 399
– yükü 374
Qraviton 274
Qüvvənin qolu 76

L

Lepton 265
Loqos 28, 29, 41
Lorens qrupu 148

M

Maarifçilər 109, 206
Maddənin kondensə olunmuş halı 239
Maddi nöqtə 328, 329, 340, 355, 374, 375
Max:
– konusu 452
– ədədi 449
Maksvell:
– tənlikləri 9, 148, 299, 302, 336
– paylanması 146
– elektrodinamikası 148, 178, 273
Maqnus qüvvəsi 445, 446
Maye 446
Maye kristallar 240, 241, 242
Mexanika 8, 67-71, 73, 109, 306
– klassik 308
– statistik 143
– dalğa 179
– maddi nöqtə 426
– matris 171
– səlt mühitlər 427-428, 431
Mexanikanın:
– əsas anlayışları 361
– qanunları 59
Meşşerski tənliyi (raketin hərəkət tənliyi) 396
Metafizika 209, 214
Metamərkəz 429
Mezon 260, 264, 265, 298
Mərkəzdənqaçma qüvvəsi 400
Model:
– riyazi 300, 301, 319
– fiziki 328
Molekul 219, 226, 227
Molekullararası qarşılıqlı təsir gücü 235, 415
Molekulyar kütlə 230
Moment:
– impuls 379, 385, 387
– ətalət 404-407
– qüvvə 387, 391
Monopol 175
Müqavimət qüvvəsi 414, 451
Mütləq bərk cisim 8, 308, 328, 402

N
Nanoborucuq 239
Nanomateriallar 239
Natural fəlsəfə 54, 80, 132, 272
Navye-Stoks:
– hidrodinamikası 434
– tənliyi 436
Neoplatonizm 45
Neytrino 265, 271, 276
Neytron 219, 221, 243, 258
Nisbi atom kütləsi 232, 259
Nisbilik nəzəriyyəsi 6, 124, 151-152, 154, 155, 159, 160
Nöter teoremi 333, 389, 390
Nüvə qüvvələri 259, 265
Nyuton mayeləri 441
Nyutonun:
– qanunları 303, 307-309,363, 366
– sürtünmə qanunu 420
– mexanikası 308
– fəza-zaman konsepsiyası 208, 321, 322

O
Optika 73
Oykumen 67

Ö
Ölçmələr:
– dolayı 290
– birbaşa 290
– kvant məhdudiyyətləri 296
Ölçmələrin xətası 289, 291, 297
– mütləq 289
– hesablama 290
– kobud səhvlər (yanılmalar) 291
– metodiki 290
– yuvarlaqlaşdırma 290
– nisbi 285, 289
– cihaz 290
– subyektiv 290
– təsadüfi 291
– sistematik 291
Ölçülərin təhlili metodu 284
Ölçü vahidləri:
– əsas 283
– törəmə 280
Ön müqavimət 414, 415

P
Parsek 217, 283
Paskal qanunu 92, 426
Pauli prinsipi 181, 261, 262, 265
Pifaqorçuluq 35-39, 41-45
Plank sabiti 264, 265
Polimerlər 241
Potensial enerji teoremi 383
Pozitivizm 205
Pozitron 179
Presessiya 412
Prinsip:
– tamamlıq 205
– riyazi gözəllik 301
– riyazilik 301
– sadəlik 229
– simmetriya 446
– ekvivalentlik 399
Proton 219-221, 257
Puasson mötərizələri 178, 179

R
Radian 343
Radioaktivlik 249
Radius-vektor 329
Reaktiv dartı qüvvəsi 397
Reduksionizm 304
Rentgen şüalanması 251
Reynolds ədədi 436, 441, 449
Rezonanslar 220, 265
Ridberq sabiti 288
Riyazi:
– gözləmə 293-295
– qiymətləndirmə 296

S
Saat 327
Sahə intensivliyi 282-283
Saxlanma qanunları:
– impulsun 302, 353, 367, 280, 381, 385, 390, 396
– enerjinin 208, 276, 333, 390, 430
– impuls momentinin 387, 391, 407
– cütlüyün 197
– enerjinin 189, 277, 302, 388, 390, 392
Saros 14, 15
Seçmə dispersiya 295
– nəticə (hadisə) 292
– riyazi gözləmə 293, 295, 296
– sıxlıq 317
– standart 293
Sərbəst qaçış yolunun uzunluğu 415
Sərhəd təbəqəsi 440, 443, 443
Simmetriya oxu 401, 411
Sinqulyarlıq 205
Siolkovski düsturu 395, 396
Sistemin parametrləri 379
SQS sistemi 283, 382
Sofistlər 40, 41
Sofizm 35
Soliton 301
Spektr 251
Spin 265
Standart meyil 293
– özlülük (daxili sürtünmə) 414, 435
– kinematik özlülük 337, 416
Standart meyli 293
Stoks düsturu 414
Subasımı mərkəzi 429
Superbirləşmə 279
Sürət 365, 367
– hipersəs 451
– səsdəniti 443
– işıq 110, 140, 160
– bucaq 131, 253
Sürətin modulu 344
Sürtünmə 411
– quru 416
– mayeli 417
– diyirlənmə 420
Sürtünmə əmsalı 417
Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi 417, 418, 419

Ş
Şteyner teoremi 384

T
Teleskop 91, 99, 106, 128
Termodinamik tarazlıq 423
Termodinamika 28, 147
Termogen 244
– istilik nəzəriyyəsi 244
Təbii maqnetizm hadisəsi 17
Təcil:
– toxunan (tangensial) 342, 343
– mərkəzəqaçma 343
Təsir 291
Təzyiq 415
Tomizm 80
Torriçelli:
– qanunu 433
– boşluğu 120
Traktat (əsər) 50, 56
Trayektoriya 59, 104, 111, 329

U
Ultrabənövşəyi şüalanma 250
Ümumdünya cazibə:
– qanunu 8, 127, 273, 353, 374, 376
– nəzəriyyəsi 208, 376

V
Vakuum 276
Variasiya prinsipləri 73, 303
Vektor 175, 178, 329, 340
Virtual zərrəciklər 276

Y
Yaranma paradoksu 38

Z
Zaman 13, 342
– mütləq 355, 358, 362, 368
– nisbi 309, 334
Zaman intervalı 315, 322, 326, 330, 406
Zəif qarşılıqlı təsir 275-277, 302
Zərbə dalğası 452
Zərbə təbəqəsi 451

MÜNDƏRİCAT

Oxucuya 5
Suallar daha çoxdur, nəinki cavablar... 6

1. FİZİKANIN TARİXİNDƏN

Fizikanın təşəkkülü

Elmi fikrin yaranması 12
Kosmos məntiqi 23
Stagirli Aristotel 47
Dünyanın ilk fiziki mənzərəsi 53
Antik dövrlə İntibah dövrü arasında. 65
Sirakuzlu Arximed 81

Əlavə oçerklər

Zaman və insanlar – 14. Yunan eksperimenti – 20. Miletli Fales – 24. Anaksimandr – 26. Anaksimen – 27. Parmenidin metodu – 30. Əyani təkzib – 31. Klazomenli Anaksaqor – 32. Aqrigentli Empedokl – 34. Pifaqor – 35. Filolay – 36. Parçalanmış dünya – 39. Platon. Düşkünlük həyatı – 45. Elmin vəzifəsi nədən ibarətdir? – 55. Aristotel ətalət prinsipini bilirdimi? – 59. Elmi institutların ilk nümunələri: kitabxana və Museyon – 66. Samoslu Aristarx – 69. Mexanikanın süqutu – 71. Son Antik dövrün optikası – 73. Allahlar və terminlər – 74. Gələcəkdən xəbər verən – 81.

Əlavə oçerk və sitatlar

Cisim və düşüncə – 19. Yunanların irsi – 22. Aristotel suallara cavab verir – 48.

Elmlərin şahı

Fizikanın elm kimi təşəkkülü 86
Qalileo Qaliley 102
Qalileydən Nyutonadək 108
İsaak Nyuton. 124
"Natural fəlsəfənin riyazi əsasları" 136
Ceyms Klark Maksvell 143
Albert Eynşteyn 149
Eynşteyn inqilabı 156
Nils Bor və kvant inqilabı 164
Pol Dirak. 175

Əlavə oçerklər

Humanistlər – 90. "Şeytan əməli" – 91. Nikolay Kopernik. "Göy sferalarının dolanması haqqında" – 95. İohann Kepler – 98. Ədib-alim – 101. İdeya və inam – 104. Xristianlıq və elmi metod – 108. Təcrübələr akademiyası – 110. Maren Marsenn və onunla yazışanlar – 111. Rene Dekart – 114. Blez Paskal – 120. Nyuton alması – 127. Teleskop və yanlışlıq – 128. Gözlənilməz tapıntı – 141. Henri Kavendiş – 147. Eynşteynin ailəsi – 152. Baş üçün təyin olunmuş 50 min marka – 154. Eynşteynin etiqadı və metodu – 159. İdeyalar dramı – 162. Borun ailəsi – 166. Borun üslubu – 167. Borun zəmanəsi – 168. Mədəniyyətlərin qovuşması – 170. Alimin gerbi – 172. Atom bombası və "fiziki idealizm" – 173. Dirakın şəxsi həyatı – 180. Dirak üslubu – 181. On dahi – 182.

Əlavə oçerk və sitatlar

Natural fəlsəfənin məqsədi – 132. Nyutonun başdaşı yazısı – 134. Nyuton "Riyazi əsaslar" haqqında – 137. Üç qanun – 138. Fizikada mühakimə qaydaları – 139. Rodcer Kots Nyutonun metodu haqqında – 140. Dünyanın nəzəriyyəçi fizik tərəfindən qurulmuş mənzərəsi – 160. Gəzinti zamanı edilən kəşf – 179.

2. FİZİKLƏR DÜNYASI

Fizika üzrə təhsil 184
Nobel mükafatı – XX əsrin fenomeni 192
Fizika və din 202

Əlavə oçerklər
Arximed bayramı – 185. Fizika jurnalları – 188. Konqreslər, konfranslar və qurultaylar – 189. Amerika Fizika Cəmiyyəti – 190. Akademiyalar – 191. Xoş məramlı mükafat – 193. Elmi məsrəflər – 194. Fizika üzrə mükafatlar – 197. Nobel mühazirəsi – 205. Ağlabatan etiqad – 207. Fizika və fəlsəfə – 208. Din və alimin etikası – 211. Həqiqi və saxta fizika – 212.

3. NƏHƏNG SİRLİ DÜNYA

Materiyanın dərinliklərinə səyahət

Bizim yaşadığımız dünya ... 216
Atomlar və insanlar ... 222
Atomlardan molekullara ... 227
Maddənin quruluşu ... 234
Atomun daxilində ... 246
Atom nüvələri və onların sakinləri ... 256
"Kvant pilləkəni" ilə aşağıya doğru ... 264
Dünyanı idarə edən ünsürlər ... 271

Əlavə oçerklər
İnsanın düsturu – 220. Nəzəriyyəçinin taleyi – 225. Çox az şeydən çox şey – 228. Tabaşir parçasında nə qədər molekul var? – 232. Ən əsas element – 238. Nəhəng molekullar – 241. İstiliyin təbiətinin başa düşülməsi – 244. Elektrikin atomu – 245. Elektronun yükünün təyini – 249. Görünməz işıq – 250. Elmdən gələn təhlükə – 252. Kütlə defekti – 262. Nüvə əsrinin "əlkimyası" – 263. Elementar zərrəciklər "zooparkı" – 266. Usta Mark üçün üç kvark – 266. Rəngli kvarklar – 267. Boşluq mövcuddurmu? – 276.

Əlavə oçerk və sitatlar
Karl Saqanın kosmik xronologiyası – 220. Ən mühüm məlumat – 224.

Fizikanın başlanğıcı və metodları

Mümkün olan hər şeyi ölç ... 280
Səhvlər üzərində iş ... 289
Fiziklər dünyanı necə dərk edirlər ... 297

Əlavə oçerklər
SQS sistemi – 283. Beynəlxalq vaşidlər sistemi – BS – 283. Ölçülərin təhlili – 284. Nə qədər azdırsa, bir o qədər yaxşıdır? – 285. Zamanın ölçülməsi – 287. Dayaz və dərin – 291. Ehtimallı hərəkət qanunu – 294. Qiymətləndirmələr – 296. Kvant məhdudiyyətləri – 296. Eksperiment məharəti – 298. Kompüterin köməyilə kəşf – 301. Simmetriya prinsipləri – 302.

4. DÜNYANIN MEXANİKİ MƏNZƏRƏSİ

Mexanika və Kainat ... 306

Fəza, zaman, hərəkət

Fəza, zaman, hərəkət haqqındakı təsəvvürlərin inkişafı ... 310
Mexaniki hərəkət və onu təsviretmə vasitələri ... 322
Maddi nöqtənin kinematikası ... 337

Əlavə oçerklər
Qədimlilərin fəzası (qədim insanların fəzası) – 311. Fəza, zaman və aporilər – 314. Saatların sinxronlaşdırılması – 326. Qalileyə görə nisbilik – 334. Hərəkət qanunu Teylor sırası kimi – 339. Yerdəyişmə sürət qrafiki altındakı sahə kimi – 339. Fizikada vektorların meydana çıxması – 340. İxtiyari hərəkətdə təcil – 342. Mərkəzəqaçma təcili – 343.

Əlavə oçerk və sitatlar
Boşluq mövcuddurmu? – 317. Nyutonun vedrə ilə təcrübəsi – 320.

Maddi nöqtənin dinamikası

Nyutonaqədərki dinamika ... 345
Nyuton dinamikası ... 353
Ümumdünya cazibəsi ... 369
Dinamik dəyişənlər və saxlanma qanunları ... 377
Kosmik uçuşların dinamikası ... 391
Qeyri-inersial hesablama sistemləri ... 397
Bərk cisimlərin hərəkəti ... 402
Hərəkətə müqavimət və sürtünmə qüvvələri ... 413

Əlavə oçerklər
Aristotel Kainatın quruluşu haqqında – 346. Top gülləsinin sirri – 348. Şərtin zəruriliyi və kafiliyi və ya "onda" və "yalnız onda" nə ilə fərqlənir – 359. Ətalət ətalətlikdən fərqlənirmi? – 360. Nyutonun üçüncü qanunu qeyri-inersial hesablama sistemlərində ödənilirmi? – 365. Nyuton qanunlardan alınan nəticələr – 367. Fəzanın ölçüsü və cazibə qanunu – 375. Məsələ: Flatlandiya – 376. Məsələ: Flatlandiya – həlli – 378. Ağırlıq qüvvəsinin işi haqqında – 382. Kinetik enerji haqqında teoremin isbatı – 383. Potensial enerji haqqında teoremin isbatı – 384. Leonard Eyler – 386. Fırlanma zamanı iş – 387. Perpetuum mobile – 388. İkinci kosmik sürət – 392. Dəyişkənsürətli cisimlərin hərəkəti – 396. Ağırlıq qüvvəst və çəki – 399. Bərk cisimlərin hərəkət növləri – 403. Ətalət momentini necə hesablamalı – 405. İki hərəkət arasında analogiya – 406. İmpuls momentinin saxlanması qanunu – 407. Fiziki rəqqas – 409. Kelt daşının sirri – 411. Paraşüt – 414. Maye və qazlarda sürtünmənin təbiəti – 415. Sürtünmə və avtomobil – 418. Sürtüşmənin əvəzinə diyirlənmə. Təkər və yastıqcıq – 421. Sürtünmə qüvvəsi və zamanın dönməzliyi – 421.

Əlavə oçerk və sitatlar
Nə üçün daş lələkdən uzağa uçur? – 347. Novla aparılan təcrübə – 350. Hansı cisimlər daha tez düşür? – 351. Eynşteyn Nyutonun metodu haqqında – 355. "Tilsimli" kürədə – 401. Düşən pişik – 408.

Maye və qazların mexanikası

Giriş ... 422
Hidroaeromexanika nəyi öyrənir ... 425
Hidroaeromexanikanın qəribə hadisələri ... 437
Aerodinamika ... 443

Əlavə oçerklər
Fırlanan stəkanda maye səthinin forması – 427. Yer atmosferində nə qədər hava var? – 428. Suda üzən gəmilərin davamlılığı – 429. Daniil Bernulli – 431. Bataqlıq – Nyuton mayesi deyil – 441. Laval ucluğu – 450. Nyuton Nostradamus rolunda – 451.

Əlavə

1901–2007-ci illər üçün fizikadan Nobel mükafatları laureatları ... 453
Terminlər göstəricisi ... 458

Mündəricat ... 461

UŞAQLAR ÜÇÜN
ENSİKLOPEDİYA

FİZİKA

Birinci hissə

Fizikanın tarixindən
Materiyanın dərinliklərinə səyahət
Dünyanın mexaniki mənzərəsi

Buraxılışa məsul: *Əziz Güləliyev*

Kompüter səhifələyiciləri: *Günay Əhmədova*
Yeganə Əsgərova

Korrektor: *Pərinaz Səmədova*

Çapa imzalanmışdır 11.11.2008. Format 84×108 $^{1}/_{16}$.
Ofset kağızı. Ofset çapı. Fiziki çap vərəqi 29.
Tirajı 25000 nüsxə. Sifariş №217.

DÜST 5773-90, DÜST 4.482-87

CBS POLYGRAPHIC PRODUCTION
Tel/Fax: 447 75 04, Tel.: 447 75 05

Kitab "CBS-PP" MMC mətbəəsində çap olunmuşdur.
Bakı, Şərifzadə küçəsi, 3.