

M Ü H A Z I R Ə 7

NİSBİLİK NƏZƏRİYYƏSİ NECƏ YARANDI

XIX əsrin sonunda kainatın elektromaqnit modeli əsasında nisbilik nəzəriyyəsinin bir sıra nəticələri - uzunluğun qısalması, böyük sürətlərdə kütlənin sürətdən asılılığı, kütlə ilə enerji arasında əlaqə və s. Eynşteyn anadan olmamışdan təqribən iki il əvvəl məlum idi. Eynşteyn isə mexanikaya olan baxışı dəyişərək onu yeni formada təqdim etmiş və bu mexanika əsasında öz fundamental nəzəriyyəsinin – nisbilik nəzəriyyəsinin əsasını qoymuşdur.

1905-ci ildə “Annalen der Physik” jurnalında cavan alim **Albert Eynşteynin** “Hərəkət edən mühitlərin elektrodinamikası” mövzusunda məqaləsi çap olunur. Bu məqalədə Eynşteyn ardıcıl olaraq nisbilik nəzəriyyəsinin əsaslarını verir və onu fizikanın bir çox bölmələrinə tətbiq edir. “Nisbilik nəzəriyyəsi” termini isə elmə 1906-cı ildə Plank tərəfindən gətirilir.

Məqaləsinin girişində Eynşteyn yazırdı: “...ışıqsürətli mühitə” nəzərən Yerin hərəkətinin təyin edilməsi üçün edilən cəhdlərin boşa çıxması, məni o fəkrə gətirir ki, tək mexanikada deyil, həmçinin elektrodinamikada da tam hərəkətsizlik, yəni mütləq sükunət vəziyyəti mövcud deyil; ona görə də biz belə bir fərziyyə irəli sürə bilərik ki, mexanika qanunları ödənilən bütün koordinat sistemləri üçün elektrodinamika və optika qanunları da ödəniləcək...Sonradan “nisbilik nəzəriyyəsi” adlandırılacaq bu fərziyyəni o anlama gətirmək istəyirəm ki, şüalandırılan mənbənin hərəkətindən asılı olmayaraq, işıq boşluqda həmişə müəyyən (sonlu) sürətlə yayılır...və bu halda “ışıqsürətinə malik efir” anlayışından istifadə edilməsini düzgün hesab etmirəm. Çünki mənim tərəfindən irəli sürülən nəzəriyyədə xüsusi, qeyri-adi xassələrə malik “mütləq sükunətdə olan fəzadan” söhbət getmir.”

Eynşteynin xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin ümumi prinsipləri “fiziki qanunlar Lorens çevrilmələrinə nəzərən invariantdır” postulatında əks olunmuşdur. Bu postulat özü 2 bənddən ibarətdir:

1. **Nisbilik prinsipi.** Hadisələr, bütün inersial - ətalət hesablama sistemlərində eyni cür baş verir.
2. **İşıq sürətinin vakuumda sabitlik prinsipi.** İşıq sürəti vakuumda, mənbəyin hərəkətindən asılı olmayan universal sabitdir.

İndi bu postulatın hər 2 bəndini şərh edək. Ətalət hesablama sistemi nədir? Bilirik ki, “hərəkət edən cismin vəziyyəti həmişə digər cismə nəzərən müəyyən edilir ki, bu cisim hesablama sistemi adlanır”. Bu halda ətalət sisteminə xüsusi üstünlük verilir, çünki yalnız bu sistemlərdə nisbilik prinsipi özünü doğruldur. Bu o deməkdir ki, bütün ətalət sistemlərində bütün mexaniki proseslər eyni cür baş verir və bu sistemlərdə hərəkət qanunları eyni riyazi düstərlərlə verilir, yəni invariantlıq ödənilir.

Termodinamikanın banilərindən biri olan alman fiziki Klaziusis “istilik törədən çəkisiz maddə” hipotezini inkar etdiyi kimi, Eynşteyn də “efir” hipotezini qəbul edə bilmirdi və bunu çox məharətlə əsaslandırırırdı. Eynşteyn fikirlərini təhlil edən Pauli yazırdı: “...bununla da işığın yayılması hadisəsini şərh etmək üçün istifadə olunan hipotetik (mövcud olmayan) mühit, yəni efir anlamına birdəfəlik son qoyulur. Bu ona görə baş

vermir ki, bu cür mühiti müşahidə etmək mümkün olmur, bu ona görə baş verir ki, riyazi formalizm elementi kimi istifadə olunan “efir” artıq öz mahiyətini itirir.”

İşıq sürətinin sabitlik postulatını Eynşteyn belə izah edirdi: “Maksvel tənliklərinə işıq sürəti fəza koordinatlarından, zamandan və elektromaqnit dalğaları dəyişənlərindən asılı olmayan, sabit kimi daxil olur. Əgər digər ətalət hesablaşma sisteminə keçid zamanı işıq sürəti dəyişsəydi, bu nisbilik prinsipinə zidd olardı və bu halda Maksvel tənliklərinin forması dəyişərdi. Bu da öz növbəsində, təcrübi nəticələr ilə uyğunsuzluğa səbəb olardı.”...Daha sonra Eynşteyn bütün bunları ümumiləşdirərək söyləyir: “əgər biz nisbilik nəzəriyyəsini saxlamaq istəyiriksə, onda işıq sürətinin təcilsiz hərəkət edən ixtiyari sistem üçün sabitliyini də qəbul etmək məcburiyyətindəyik.”

Xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin postulatları, fəza və zaman haqqında təsəvvürlərin də yenidən işlənməsi zərurətini yaratdı. Əgər Lorensə görə “yerli vaxt” “həqiqi” vaxtın əksinə olaraq, köməkçi riyazi kəmiyyətdirsə, Eynşteyn nəzəriyyəsində “fəza və zaman verilənləri fiktiv olmayıb, real fiziki qiymətə malik kəmiyyətlərdir”.

Eynşteyn nəzəriyyəsinin sonrakı inkişafında müstəsna xidmətləri ilə seçilən digər alim **Herman Minkovski** (1864 – 1909) olmuşdur. Məhz onun 21 sentyabr 1908-ci ildə məruzə etdiyi məşhur «Fəza və zaman» əsəri Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsinin tamamlanmasında və dördölçülü məkanda fiziki proseslərin riyazi nəzəriyyəsində mühüm rol oynamışdır.

Fəzanın \vec{r}_1 və \vec{r}_2 nöqtələrində zamanın t_1 və t_2 anlarına uyğun 2 hadisəni nəzərdən keçirən Minkovski, fəza-zaman nöqtələri arasındakı “məsafə” üçün aşağıdakı düsturunu verir:

$$S = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2}$$

Relyativistik invariant olan bu kəmiyyət sonra “**interval**” adlandırıldı. Kökaltı ifadədəki radikalın işarəsindən asılı olaraq, interval həqiqi ($S^2 > 0$), xəyali ($S^2 < 0$) və “0” ola bilər. Minkovski özü fəza-zaman çoxluğunu *dünya*, bu çoxluqlar içərisindəki ayrı-ayrı nöqtələri – *dünyavi nöqtələr* adlandırır. Maddi nöqtənin hərəkəti çoxlu sayda dünyavi nöqtələrin təzahürü olduğu üçün, bu hərəkət isə Minkovski tərəfindən *dünyavi xətt* kimi qəbul edilmişdi.

Eynşteyn nəzəriyyəsi ilk dövrlərdə əksər fiziklər tərəfindən spektik qarşılandı. Xüsusilə də Lorens, öz təsəvvürlərini qorumağa cəht edərək, bu nəzəriyyəni inkar edirdi. Lakin tez bir zamanda o, öz səhvini başa düşərək, 1912-ci ildə bu haqda belə yazır: “Eynşteynin nailiyyəti ondan ibarətdir ki, o hər kəsdən əvvəl olaraq nisbilik prinsipini ümumi və dəqiq qanun şəklində verir.”

Bu məqamda onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu prinsip Eynşteyindən öncə **Puankare** tərəfindən irəli sürülmüşdür. 1904-cü ilin sentyabr ayında o, nisbilik prinsipini belə formalaşdırır: “Fiziki hadisələrin qanunları həm hərəkətsiz (sükunətdə olan) müşahidəçi üçün, həm də bərabərsürətli hərəkətdə olan müşahidəçi üçün eyni olmalıdır; bu zaman biz heç cürə təyin edə bilmərik ki, biz həmin hərəkəti icra edirik, ya etmirik”. Bu deyilənlərdən aydın olur ki, Puankare nisbiliyi, mütləq sükunət ilə ətalət hadisələrini bir-birindən ayıran üsulların olmamasında görür. 1906-cı ildə “Elektronun dinamikası” məqaləsində o qeyd edir ki, “heç bir təcrübə ilə Yer mütəlak hərəkətini göstərmək mümkün olmaması, təbiətin ümumi qanunu ilə əlaqədardır; bu təbii olaraq ona gətirir ki,

biz şərhətsiz olaraq, mütləq surətdə nisbilik postulatı adlandırdığımız təbiət qanununu qəbul etməliyik”.

Riyazi cəhətcə Puankare Eynşteyn nəzəriyyəsinin əsas nəticələrini almaqla yanaşı, Minkovski tərəfindən genişləndirilən nisbilik nəzəriyyəsinə daha aydın şəkildə formalaşdırmışdır. Lakin Puankare gözəl riyaziyyatçı olduğu üçün, onun bu nəzəriyyəyə yanaşması da fərqli idi. Bu baxımdan onun nisbilik nəzəriyyəsi haqqındakı mülahizələri, yalnız tarixi maraq nöqtəyi-nəzərinə qiymətlidir.

Eynşteyn ideyalarına çox yaxınlaşan fiziklərdən biri də **Lui de Broyl** olmuşdu. Həm Lui de Broyl, həm də bir çox tarixçilər qeyd edirlər ki, nisbilik nəzəriyyəsi Eynşteynə qədər faktiki olaraq hazırlanmışdır və Puankare “əsas addımı atmadığı üçün, nisbilik nəzəriyyəsinin düzgün izahının verilmə şərafi Eynşteynə nəisib olmuşdur”. Lakin irəli sürülən “ittihamı” fiziklər qəbul etməyərək, bunu belə cavablandırırlar: Puankarenin Eynşteyindən fərqi ondan ibarət idi ki, Puankare nisbilik prinsipini “rahat hipotez” kimi qəbul etmiş, lakin onun dünyəvi nəzəriyyə olduğu dərinliyini qavraya bilməmişdi. Bundan başqa, xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi məhz Eynşteyn tərəfindən məntiqi olaraq formalaşmışdır. Alman fiziki **Volfqanq Pauli** yazırdı: “Yeni nəzəriyyənin əsasları ancaq Eynşteyn tərəfindən məlum sonluğa gətirilmişdir. Eynşteynin elmi işi 1905-ci ildə təqribən Puankare ilə eyni zamanda və bir-birindən xəbərsiz çapa getmişdir. Lakin Eynşteyn bu nəzəriyyənin dərinliyini daha aydın şərh edə bilmişdi”.

Çox-çox sonralar, ömrünün ahıl yaşlarında Eynşteyn elmin rolunu qeyd edərək, yazırdı: “Uzun həyatımda mən o həqiqəti dərk etdim ki, bizim bütün elmimiz reallıqla müqayisədə primitiv, inkişaf etməmiş vəziyyətdədir. Lakin buna baxmayaraq, bu bizim malik olduğumuz ən böyük sərvətdir”.

NİSBİLİK NƏZƏRİYYƏSİNİN “PARADOKSLARI”

Adi təsəvvürlər və “sağlam düşüncə” nöqtəyi-nəzərinə nisbilik nəzəriyyəsinin təzahürləri bizlərdə “paradoks” yaradır.

- İlk öncə bizlərdə belə təsəvvür yaranır ki, Eynşteyn postulatları bir-birini inkar edir.** Bu paradoksa Eynşteyn özü belə aydınlıq gətirir: “ışıq sürətinin sabitlik prinsipi ilə nisbilik prinsipi, yalnız mütləq zaman postulatları saxlanılan hallarda bir-birini inkar edir; zamanın nisbiliyi qəbul edildiyi halda isə, bu prinsiplər bir-birini tamamlayır. Məhz məsələnin bu cür qoyulduğu zaman bu 2 prinsipdən “nisbilik nəzəriyyəsi” adlanan nəzəriyyə yaranır.”
- Nisbilik nəzəriyyəsinə görə Lorens çevrilmələrinin sadə təzahürü uzunluğun lorens qısalması effektidir.** Bu paradoks da belə izah edilə bilər: bilirik ki, adi halda hərəkət edən cismin köndələn ölçüləri dəyişmir. Lakin bu cisim hesablaşma sistemində nəzərə alınmayan nisbi hərəkət etdikdə onun köndələn ölçüləri və buna uyğun olaraq, onun həcmi eyni qanunla qısalır. Əvvəlcə alimlər belə hesab edirdilər ki, bu qısalma bizim təxəyyülümüzün təzahürüdür. Lakin Eynşteyn bu qısalmanın real olduğunu sübut edərək, göstərir ki, “bu qısalma bir-birinə nəzərə alınmayan hərəkət edən miqyasların prinsipinə müşahidə olunan qarşılıqlı xassələrində özünü biruzə verir”.
- Lorens çevrilmələrindən, həmçinin o da alınır ki, hər hansı bir hesablaşma sistemində nəzərə alınmayan saat nisbi hərəkət etdikdə, həmin hesablaşma sistemində zamanın**

yavaşması effekti baş verir. Bu paradoksun doğruluğu isə yalnız 1940-41-ci illərdə amerikalı fiziklər Rossi və Holl təhəfindən aparılan təcrübələrlə sübut olundu.

4. **Sürətlərin toplanmasının relyativistik teoremi də Lorens çevrilmələrinin təzahürüdür.** Bu qeyri-müəyyənliyə isə belə aydınlıq gətirmək olar: hərəkətin yekunlaşdırıcı sürəti zərrəciklərin sürətlərinin sadə cəbri cəmindən onunla fərqlənir ki, bu halda işıq sürəti sonlu olur. Əgər zərrəciklərin sürəti işıq sürəti ilə müqayisədə çox kiçikdirsə, onda bu halda Qalileyin sürətlərin toplanması qanunu doğru olacaq. Bu o deməkdir ki, qeyri-relyativistik halda relyativistik nəzəriyyənin tənlikləri klassik mexanika tənliklərinə çevrilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, Eynşteyn nisbilik nəzəriyyəsinə aid özünün ilk işində, yəni “Hərəkət edən mühitlərin elektrodinamikası” əsərində, işıq sürətinin yalnız boşluqda – vakuumda sonlu olmasını göstərmişdi, lakin bu sürətdən böyük sürətlərin olmasının qeyri-mümkünlüyü haqqında heç bir fikir yürütməmişdi. Buna aydınlıq, elə Eynşteynin özü tərəfindən - 1907-ci ildə “sürətlərin toplanması teoremi” mövzusu ilə çıxışında gətirilir. Eynşteyn yazırdı: “Bu nəticədən alınır ki, siqnalın ötürülmə mexanizminin mümkünlüyü yalnız təsirin səbəbi qabaqlaması ilə izah edilə bilər. Bunu da biz istəsək də, istəməsək də qəbul etmək məcburiyyətindəyik. Bu nəticə mənim fikrimcə “məntiqi nöqtəyi-nəzərinə ziddiyyətli olmasa da, sürətin işıq sürətindən böyüklüyünün qeyri-mümkünlüyünü isbat edir”. Eynşteyn bu fikrini söyləyərkən onu nəzərdə tuturdu ki, yalnız vakuumda işıq sürətindən böyük sürətlərin olması qeyri-mümkündür, lakin əgər hər hansı bir sürət informasiya ötürücüsü kimi təzahüt olunmursa (yəni o informasiyanın ötürülməsi ilə heç cürə bağlı deyilsə), bu halda nisbilik nəzəriyyəsi sürətə məhdudiyət qoymur. Hal-hazırda bilirik ki, optik tezlik oblastında yerləşən və sındırma əmsalları böyük olan mühitlərdə işıq sürətindən böyük sürətlərə rast gəlmək mümkündür (Vavilov-Şerenkov effekti).

İSTİLİK HAQQINDA TƏSƏVVÜRLƏRİN İNKİŞAFI

Qədim insanların alov və işıq haqqında təsəvvürlərə malik olma faktı, qədim Şərq yazılarında öz təsdiqini tapır. Belə ki, alovu xüsusi element kimi qəbul edən **Platon**, alovun müxtəlif növlərə (“alov materiyası”, “ışıq materiyası”, “istilik materiyası”) malik olmasını söyləyirdi. 15-ci əsrə kimi istilik haqqında təsəvvürlər bəsit xarakter daşıyırdı. Yalnız 16-17-ci əsrlərdən başlayaraq, istilik hadisələri hərtərəfli öyrənilməyə başlandı.

1620-ci ildə Frensis **Bekon** “Yeni orqanon” traktatında ilk dəfə olaraq “istilik – materiyanın daxili hissəciklərinin hərəkət halıdır” hipotezini irəli sürür. Bu hipotezlə razılaşan **Robert Boyl** 1675-ci ildə təcrübi yolla *nizamlı hərəkətin qarmaqarışq istilik hərəkətinə çevrilməsini* göstərir. İstilik haqqında fikirlər daha sonra Robert Huk, Yoqan, Daniel Bernulli və s. tərəfindən daha da inkişaf etdirilir. **Bernulli** 1738-ci ildə yazdığı “Hidrodinamika” əsərində qazı, “çoxlu sayda kiçik hissəcikərdən ibarət və müxtəlif istiqamətlərə böyük sürətlə hərəkət edən yığım” kimi təsvir etmiş, istiliyi isə həmin hissəciklərin hərəkətlərinin təzahürü kimi göstərmişdi. Bernulli deyirdi: “hissəciklərin müxtəlif istiqamətlərə daxili hərəkəti artdıqda, istilik də artacaq”. Analoji fikirləri **M.V.Lomonosov** da irəli sürürdü. Lomonosova görə təbiətdə 2 növ “qeyri-həssas zərrəciklərdən” ibarət materiyaya vardır: bunlardan biri “elementlər” (yəni müasir anlamda

atomlar), digəri isə “korpuskullardır” (yəni molekulalar). Lomonosov hesab edirdi ki, “elementlər cisimləri təşkil edən hissəcikdir, korpuskullar isə elementlər yığımıdır”.

İstilik haqqında təsəvvürlər 18-ci əsrdə **Leonard Eyler** tərəfindən daha da genişləndirilir. O, 1752-ci ildə istiliyin ötürülməsi üçün müəyyən mühitin olmasının vacibliyini söyləyir və öz nəzəriyyəsində “istilik kəmiyyəti” terminindən istifadə edir. Lakin müasir terminologiya baxımından bilirik ki, istilik “ətraf mühitlə istilik kontaktı nəticəsində cismə ötürülən enerjidir”.

Cisimlərin istilik dərəcəsini xarakterizə etmək üçün fizikaya daha bir termin – “temperatur” termini daxil edilir və bunun ardınca da ilk termometrlər yaranmağa başlayır.

İlk termometr 1724-cü ildə amsterdam komersantı **Farengeyt** tərəfindən yaradılır. Bu termometrə göstəriciləri qeyd etmək üçün o, buz, xörək duzu və naşatır qarışığının temperaturundan istifadə edir və bu rəqəmi 32 ilə göstərir. İkinci göstərici kimi Farengeyt insan bədəninin temperaturunu götürür və bunu 98 rəqəmi ilə qeyd edir. Lakin müəyyən vaxtdan sonra o, ikinci göstəricini dəyişərək suyun qaynama temperaturundan istifadə edir və bunu termometrə 212 rəqəmi ilə işarə edir. Bu, **Farengeyt şkalası** adlanır.

1730-cu ildə fransız mühəndisi **Römer** (1683-1757) digər temperatur şkalasını irəli sürür. Bunun üçün o, şkalada buzun ərimə temperaturu üçün “0”, suyun qaynama temperaturu üçün isə “80” rəqəmindən istifadə edir. Römer termometri əvvəlcə spirt vasitəsilə işləyir, lakin sonra spirt civə ilə əvəz olunur.

1742-ci ildə isveç astronomu və fiziki **Selsi** (!701-1744) öz şkalasını yaradır; əvvəlcə buzun əriməsini 100°, suyun qaynamasını isə 0° ilə göstərən alim, bir müddətdən sonra bu şkalanı tərsinə çevirir və hal-hazırda bizlər tərəfindən geniş istifadə olunan vəziyyətə gətirir.

Daha sonra 1848-ci ildə lord **Kelvin** mütləq termodinamik temperatur şkalasını irəli sürür. Bu şkala sonradan **Kelvin şkalası** kimi tarixə düşür. Bu şkala isə Selsi şkalası arasında $T(K)=t^{\circ}C+273,15$ kimi asılılıq mövcuddur.

1968-ci ildə **Beynəlxalq Praktiki Temperatur Şkalası** (qısa şəkildə **BPTS-68**) yaradılır; bu şkala 11 göstəricidən ibarətdir və bu şkaladan hal-hazırda bütün təcrübələrdə geniş istifadə olunur.

Materiyanın istilik nəzəriyyəsi daha sonra 18-ci əsrdə şotland fiziki və kimyaçısı **Cozef Blek** (1728-1799) tərəfindən inkişaf etdirilir. 1762-ci ildə o görür ki, buzu asta-asta qızdırdıqda temperatur artımında gecikmə müşahidə olunur. Bu hadisəni Blek belə izah edir: “cisimlə birlikdə ölçülən istiliyi termometr hiss edə bilmir. Bu cür istilik “gizli istilik” adlanır, termometrə təsir edən istilik isə - “sərbəst istilidir”. O həmçinin, “gizli buxar əmələ gəlmə istiliyini” də kəşf edir və istilik prosesini aşağıdakı kimi göstərir: **Buz+ istilik=su; su+istilik=buxar**.

Blek fizikaya “istilik tutumu” anlayışını gətirir və ilk dəfə olaraq istilik kəmiyyəti ilə temperaturun fərqli anlayışlar olduğunu göstərir.

Daha sonra 1824-cü ildə görkəmli alim **Sadi Nikola Leonard Karnonun** (1796 – 1832) «odun qüvvəsi haqqında fikirlər» adlı şah əsəri çapdan çıxır. Karnonun qəfil ölümündən sonra, onun qardaşı tərəfindən çap etdirilən gündəliyindən məlum olur ki, o, istiliyin mexaniki ekvivalentini təxmini müəyyən etmiş və ümumi şəkildə enerjinin saxlanma qanununu söyləmişdir: «istilik heç nə olmayıb hərəkət edən qüvvədir, daha düzgün, öz şəklini dəyişmiş hərəkətdir – hissəciklərin hərəkətidir; harada ki, hərəkət edən

qüvvə məhv edilir, orada həmin an həmin hərəkət edən qüvvəyə bərabər miqdarda istilik yaranır. Tərsinə: həmişə istilik itdikdə hərəkət edən qüvvə meydana çıxır». Beləliklə, əgər Karnonun söylədiklərində «hərəkət edən qüvvə» kəlməsi «enerji» termini ilə əvəz edilsəydi, enerjinin saxlanma qanunu üçün tamamlanmış fikir alınardı.

Ümumbəşər qanun olan **ENERJİNİN SAXLANMA VƏ ÇEVRİLMƏ QANUNUNUN KƏŞFİ**

Enerjinin saxlanma və çevrilmə qanunlarının kəşfinə görə tarix peşəkar fiziklərə deyil, həkim Mayerə, pivəçəkən Coula və həkim Helmholsta borcludur.

Alman həkimi və fiziki **Yulius Robert Mayer** (1814 – 1878) 1840-41-ci illərdə Bataviyaya (Yava adasına) gedən Holland gəmisində həkim işlədiyi zaman görür ki, tropik ölkələrdə xəstə insanın venoz qanının rəngi daha tünd olur, yəni dəyişir. Bu müşahidələr əsasında Mayer, canlı orqanizmdə qidalanma ilə istilik arasında bağlılıq olduğunu kəşf edir və «Qüvvənin kəmiyyət və keyfiyyətə təyini» məqaləsini yazır. Bu məqaləni o, 1841-ci ildə çap etdirmək üçün Poqqendorfa göndərir. Poqqendorf bu məqaləni çap etmir və onu müəllifə qaytarmır. Yalnız Poqqendorfun ölümündən sonra, yəni 36 ildən sonra bu məqalə onun yazı masasından tapılır.

Mayer, 1845-ci ildə maddələr mübadiləsi ilə bağlı digər əsərini yazır. Burada o, enerjinin saxlanması qanununun dəqiq tərifini verməklə yanaşı, istiliyin mexaniki ekvivalentini də nəzəri hesablayır. 1874-cü ildə onun «İstilik mexanikası» elmi əsərlər toplusu, 1876-cı ildə isə «Torriçelli boşluğu» əsəri çapdan çıxır.

Mayerə görə hərəkət, istilik, elektrik və s. bir-birindən keyfiyyətə fərqlənən «qüvvələr» (Mayer enerjini belə adlandırırdı) olub, ekvivalent miqdarda bir-birinə çevrilir. Mayer bu qanunu canlı orqanizmlərdə gedən proseslərə də tətbiq etmişdir. Mayerin ideyaları öz dövründə başa düşülməmişdir. Onun işlərini ilk dəfə H.Helmholts (1821 – 1894) düzgün qiymətləndirmişdir.

Enerjinin saxlanma qanununun fiziklər tərəfindən birmənalı qəbul olunmasında ingilis fiziki **Ceyms Preskott Couln** (1818 – 1889) təcrübələri mühüm rol oynamışdır. Onun tədqiqatlarının əsasən, elektromaqnetizmə aid olmasına baxmayaraq, onun istilik hadisələrinə, aşağı temperaturlar fizikasına aid elmi işləri də çox dəyərlidir. Coul metal naqildən cərəyan keçərəkən ayrılan istilik miqdarı haqqında qanunu müəyyən etmiş (Coul-Lents qanunu), istiliyin mexaniki işin hesabına alınmasını təcrübədə göstərmiş, istiliyin mexaniki ekvivalentini, qazların istilik tutumunu təyin etmiş, qazın məsaməli arakəsmədən stasionar adiabatik axması zamanı onun temperaturunun dəyişməsinə aşkar etmişdir (Coul-Tomson effekti).

Alman fizioloq və psixoloq, fizik və riyaziyyatçısı **Herman Lüdviq Ferdinand Helmholts** «Qüvvənin saxlanması haqqında» əsərində ilk dəfə enerjinin saxlanması qanununun riyazi əsaslarını vermiş, bu qanunun canlı orqanizmlərdə gedən proseslərdə də doğru olduğunu göstərmişdir. O, «sərbəst enerji» (Helmholts enerjisi) və «bağlı enerji» anlayışlarını elmə daxil etmişdir. Bundan başqa o, mayenin burulğanlı hərəkət nəzəriyyəsinin əsasını qoymuşdur.

Molekulyar kinetik təsəvvürlərin inkişafı

1848-51-ci illərdə **Coul**, Lomonosov kimi, atomların fırlanma hərəkəti vasitəsilə Boyle-Mariot qanununu, və həmçinin elastik mayelər üçün kəşf edilmiş digər qanunların izah edilə bilməsini sübut etməyə çalışdı. Bu təcrübələr nəticəsində o, qaz molekulunun sürətini müəyyən edir və görür ki, otaq temperaturunda hidrogen molekulunun sürəti 1800 m/san bərabərdir. 1847-ci ildə ingilis fiziki **Con Geport** (1790-1868) özünün “Riyazi fizika” kitabında qaz zərrəciklərini elastiki şarlar kimi təsvir edir, və bunun əsasında, zərrəciklərin toqquşma və irəliləmə hərəkətlərinin kinetik nəzəriyyəsini verir. Bu modelə əsasən Geport, ideal qaz qanunlarını, diffuziya hadisəsini, qazda səsin yayılmasını izah edə bilir.

Bu istiqamətdə tədqiqatlar aparan bütün alimlərdən fərqli olaraq, alman fiziki **Rudolf Klauzius** (1822 – 1888) hesab edirdi ki, qaz molekulları irəliləmə hərəkəti ilə yanaşı, həm fırlanma, həm də rəqsi hərəkət icra edirlər və bütün molekullar eyni sürətə malikdirlər. 1857-ci ildə o, özünün “Bizim istilik adlandırdığımız hərəkət haqqında” mıqaləsini çap etdirir və fizikaya «entropiya» və «molekulların sərbəst yolunun uzunluğu» anlayışlarını daxil edir.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin sonrakı inkişafı **Maksvelin** adı ilə bağlıdır. İngilis fiziki, klassik elektrodinamikanın banisi hesab olunan **Ceyms Klerk Maksvelin** (1831 – 1879) tədqiqatları, əsasən, qazların kinetik nəzəriyyəsinə aid olmuşdur. O, ideal qaz molekullarının sürətə görə paylanmasını - müasir fizikada Maksvel paylanması adlanan qanunu vermiş, qazların özlülüyünün molekulların sürətindən və sərbəst yolun orta uzunluğundan asılılığını hesablamış, quru havanın özlülük əmsalını təcrübədə ölçmüşdür. Lakin Maksvel nəzəriyyəsi də, bir çox nəzəriyyələr kimi bəzi tədqiqatçılar arasında birmənalı qarşılanmır: əksər fiziklər onun nəzəriyyəsini elmi əsası olmayan “yalançı” və “mexanizm əsaslı” (yəni klassik mexanika əsasında yaradılan) nəzəriyyə adlandırırdılar. Lakin məhz Maksvelin elmi işləri yeni fiziki nəzəriyyənin – statistik mexanikanın yaranması üçün əsas addım olur.

1865-ci ildə avstriya alimi **Loşmid** (1821-1895) qaz molekulları ölçülərini dəqiq müəyyən edir. Onun hesablamalarına əsasən hava molekulunun diametri $12 \cdot 10^{-8}$ cm-ə bərabərdir. Loşmid həmçinin, 1 cm^3 həcmdə normal şəraitdə molekulların sayını müəyyən edir. Bu ədəd, 1909-cu ildə Jan Perronun təklifi ilə, **Loşmid ədədi** adlandırılır ($N_i = 2,6867 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$).

Termodinamika necə yaranmışdı

Enerjinin ekvivalentliyi haqqında təbiətin fundamental qanunu (yəni bütün hərəkətlərin və qarşılıqlı təsirlərin bir-birinə çevrilməsi), Rudolf Klauzius tərəfindən “istiliyin mexaniki nəzəriyyəsi” adlandırılan yeni nəzəriyyənin təməlini qoydu. Daha sonra bu nəzəriyyə Uilyam Tomsonun (lord Kelvinin) ideyası ilə “termodinamika” adlandırıldı. Bu terminin “termo” və “dinamika” sözlərindən əmələ gəlməsinə baxmayaraq, fizikanın bu istiqamətini istiliyin hərəkəti haqqında elm kimi qəbul etmək lazım deyil. **Termodinamika - istiliyin hərəkəti haqqında (termo) qanunlardan və bu hərəkətlərin müxtəlif növ hərəkətlərə çevrilməsindən (dinamika) bəhs edən elmdir.** Termodinamikada bu çevrilmələrin daxili təbiəti öyrənilmir. Bunları, molekulyar-kinetik təsəvvürlər əsasında inkişaf edən statistik fizika araşdırır.

Klassik termodinamika tarazlıq halında olan makroskopik sistemin ümumi xassələrini və tarazlığın yaranmasının ümumi qanunauyğunluqlarını araşdırır. Termodinamik tarazlıq halı üçün zaman anlayışı vacib hesab olunmur. Burada sistemin tarazlıq halının temperaturu daha önəmli sayılır. İngilis fiziki Ralf Faylerin (1889-1944) təklifi ilə, temperaturun mövcud olduğu hal **termodinamikanın sıfırıncı qanunu** adlandırılır. **Termodinamikanın birinci qanunu** enerjinin saxlanması və çevrilməsi qanununu əks etdirir. Bu qanun bir növ mühasib rolunu oynayır, yəni enerji balansının saxlanmasına və çevrilməsinə nəzarət edir. Lakin bu zaman prosesin getmə istiqaməti naməlm qalır. Prosesin istiqaməti və növü **termodinamikanın ikinci qanununda** öz əksini tapır. Bu qanun isə sanki müdir rolunu oynayaraq, prosesi istiqamətləndirir. 1906-cı ildə alman fiziki Valter Nerns (1864-1941) aşağıdakı teoremi irəli sürür: “kimyəvi cəhətcə bircins olan bəkr cismin və ya mayenin entropiyası mütləq sıfır temperaturunda sıfıra bərabərdir”. Bu teorem isə **termodinamikanın üçüncü qanunu** kimi tarixə düşür.

Termodinamikanın inkişafına öz tövhlərini verən alimlər aşağıdakılardır:

1. İngilis fiziki, klassik elektrodinamikanın banisi hesab olunan **Ceyms Klerk Maksvelin** termodinamikaya aid mühüm nəticələr almışdır.
2. Fransız fiziki və mühəndisi **Benua Pol Emil Klapeyron** (1799 – 1864), Karnonun işlərini tədqiq edərək, ilk dəfə termodinamikada qrafik üsuldən istifadə etmişdir.
3. Termodinamikanın və molekulyar-kinetik nəzəriyyənin banilərindən biri olan alman fiziki **Rudolf Klauzius** (1822 – 1888) termodinamikanın ikinci qanununun tərifini vermişdir.
4. İngilis fiziki **Uilyam Tomson** (1824 – 1907) termodinamikanın banilərindən biridir. Onun apardığı elmi tədqiqat işləri, əsasən, istilik nəzəriyyəsinin problemlərinə həsr olunmuşdur. Tomson termodinamikanın ikinci qanununun riyazi ifadəsini vermiş, «enerjinin səpilməsi» anlayışını fizikaya gətirmişdir. Bundan başqa, o, Kainatın «istilik ölümü» hipotezini söyləmişdir.

Kainatın «istilik ölümü»

Çoxlu sayda zərrəciklərdən ibarət sistemlərdə istilik hadisələrini öyrənən termodinamikanı, ölçüləri molekul tərtibində olan sistemlərə tətbiq etmək mümkün deyil. Bu, termodinamikanın tətbiqinin aşağı sərhəddini müəyyən edir. Yəqin ki, termodinamikanın kosmik ölçülü sistemlərə, xüsusilə də Kainata tətbiqində müəyyən məhdudiyətlər mövcuddur. Məhz bu konsepsiyaya əsasən Kelvin və Klauzius “Kainatın istilik ölümü” konsepsiyasını vermişlər.

Termodinamika qanunlarını Kainata tətbiq etməyə cəhd göstərən Klauzius, bu konsepsiyayı sadə şəkildə belə şərh etmişdi: “Dünyanın enerjisi sabit qalır, entropiya isə maksimuma çatmağa cəhd edir”. Bu deyilənlərin izahını aşağıdakı kimi vermək olar: kainat nə axtsa termodinamik tarazlıq halına gələcək və nəticədə bütün proseslər “dayanacaq”, yəni digər prosesin yaranması üçün səbəb olmayacaq. Bu isə “istilik ölümü” deməkdir.

Bu konsepsiyayı qəbul etməyən Bolsman “fluktuasiya hipotezini” irəli sürmüşdür. O hesab edirdi ki, ixtiyari tarazlıq sistemlərində fluktuasiyalar mövcuddur və bütövlükdə Kainatın termodinamik tarazlıq halında olmasına baxmaaraq, bizim (canlıların) yaşadığımız hissə Kainatın çoxlu sayda fluktuasiyalarının baş verdiyi hissələrindən biridir. Hər bir fluktuasiya müəyyən vaxtdan sonra itir və öz yerini digər fluktuasiyaya verir. Ona

görə də Bolsmanın fikrincə “bir dünyalar yaranır, digərləri yox olur və nəticədə Kainat yaşayır”.

Lakin bir qrup alimlər hər 2 konsepsiyayı təkzib edərək, makrosistemlərdə fluktuasiyaların mövcud olma ehtimalının çox az olduğunu söyləyirlər. Onların fikrincə “Kainat, uzaqtəsirli qravitasiya qüvvələri hesabına mövcud olan bütöv spesifik sistemdir. Spesifiklik özünü onda biruzə verir ki, əgər ideal qaz halı üçün zərrəciklərin fəzada bərabər paylanması daha çox ehtimallı hesab edilirsə, qravitasiyalı sistemlərdə bu cür paylanma maksimal entropiya ilə uzlaşmır. Ulduzlar və qalaktikalar fluktuasiyalar hesabına deyil, entropiyanın artması ilə baş verən təbii proseslərin nəticəsində, yəni maddələrin bərabər paylanması hesabına yaranırlar.”

Müasir müşahidələr nəticəsində isə kainatın qeyri-stasionar sistem olduğu, yəni Metaqalaktikanın getdikcə genişləndiyi aydın görünür. Ona görə də “Kainatın istilik ölümü” hipotezi düzgün olmayan konsepsiyadır.

İmtahan sualları

1. Maks Plank və Albert Eynşteynin işıqın korpuskulyar-dalğa hipotezinə öz baxışları
2. Kompton tərəfindən təcrübi yolla işıq kvantlarının varlığının sübutu
3. Nisbilik nəzəriyyəsi necə yarandı
4. Albert Eynşteyn nisbilik nəzəriyyəsinin banisi kimi
5. Eynşteynin xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin ümumi prinsipləri
6. Eynşteyn nəzəriyyəsinin sonrakı inkişafında Herman Minkovskinin rolu
7. Eynşteyndən öncə Puankare tərəfindən xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin prinsiplərinin verilməsi
8. Nisbilik nəzəriyyəsinin “paradoksları”
9. İstilik haqqında təsəvvürlərin inkişafı
10. Cisimlərin istilik dərəcəsini ölçən qurğuların – termometrlərin yaradılması
11. Farengeyt şkalası
12. Römer və Selsi termometrləri
13. Kelvin şkalası ilə Selsi şkalası arasındakı əlaqə
14. Beynəlxalq Praktiki Temperatur Şkalasının digər şkalalardan fərqi
15. Cozef Blekin materiyanın istilik nəzəriyyəsinin inkişafında rolu
16. Sadi Nikola Leonard Karnonun istilik haqqında özünəməxsus təsəvvürləri
17. Ümumbəşər qanun olan enerjinin saxlanma və çevrilmə qanununun kəşfi
18. Alman həkimi və fiziki Yulius Robert Mayerin enerjinin saxlanma və çevrilmə qanununun kəşfində rolu
19. Ceyms Preskott Coulnun Enerjinin saxlanma qanununun qəbul olunmasında rolu
20. Molekulyar kinetik təsəvvürlərin inkişafı
21. Termodinamika necə yaranmışdı
22. “Kainatın istilik ölümü” konsepsiyası

M Ü H A Z I R Ə 8

İSTİLİK ŞÜALANMASI

Qədim zamanlardan insanlara, işıq və istilik arasında mövcud olan bağlılıq məlum idi: ixtiyari cisim qızdırıldıqda, əvvəlcə qırmızı, sonra göy, daha sonra bənövşəyi rəng alır, yəni işıq buraxır.

İstilik şüalanması və ya şüaburaxma, elektromaqnit dalğaları şəklində enerjinin bir cisimdən digərinə həmin cisimlərin istilik enerjisi hesabına ötürülməsidir. “İstilik şüalanması” anlayışı kimyaçı **Karl Vilhelm Şeele** (1742-1786) tərəfindən irəli sürülmüşdür; ilk təcrübələri **Mark Oqüst Pikte** (1752-1925) aparmışdır.

19-cu əsrin birinci yarısında yalnız bir spektrin varlığı məlum idi və əksər hallarda istilik və işıq şüalanmasını səhv salırdılar. O dövrdə termodinamikanın I və II qanunları da məlum idi. Ayrı-ayrılıqda termodinamika və optika çox inkişaf etmişdi; onların birləşməsi isə öz-özünə baş verdi. Bu birləşmə fizikada inqilabi dəyişikliklərə səbəb oldu – kvant haqqında fikirlərin formalaşmasına təkan verdi.

Bu istiqamətdə ilk addım alman fiziki **Qustav Kirxqov** tərəfindən 1859-cu ildə atılmışdır: termodinamikanın qanunlarından istifadə edən Kirxqov göstərir ki, istilik tarazlığı halında qızdırılmış cismin şüalanma qabiliyyətinin onun udma qabiliyyətinə münasibəti universal funksiyadır (Kirxqov funksiyası adlanan bu funksiya şüalanma tezliyi ν -dan və mütləq temperatur T -dən asılıdır: $K(\nu, T)$). Kirxqov qanunu termodinamikanın ümumi prinsiplərindən, xüsusilə də “II dərəcəli perpedium mobilin” qeyri-mümkünlüyündən alınır (yəni istilik soyuq cisimdən isti cismə keçən zaman enerji əldə edilmir). Üzərinə düşən bütün enerjini udan cisimlərdə şüalanma qabiliyyəti maksimum olur. Bu cür cisimləri Kirxqov, 1860-cı ildə mütləq qara cisimlər adlandırır.

Bu cür cisimlərdə şüalanmanın spektral sıxlığını təyin etmək çətin idi. İlk belə hesablama amerikalı fizik **Lenqli** (1834-1906) tərəfindən aparılmışdır. Bunun üçün o, balometr adlanan yeni cihaz ixtira etmiş və 1886-cı ildə uzaq infraqırmızı oblastda istilik şüalanma spektri üçün enerji paylanmasını müəyyən etmişdir.

II addım **Lüdviq Eduard Bolsman** (1844-1906) tərəfindən atılmışdır. 1884-cü ildə o, işığın elektromaqnit nəzəriyyəsi əsasında sadə termodinamik verilənlərdən istifadə edərək göstərir ki, mütləq qara cismin şüalanma gücü səthin sahəsi və temperaturun 4-cü dərəcəsi ilə düz mütənasibdir; bu tənlikdə verilən mütənasiblik əmsalı isə universal sabitdir. Faktiki olaraq bu tədqiqatlar ilə Bolsman, 1879-cu ildə **Cozef Stefanın** aldığı nəticələri dəqiqləşdirir və bu qanun tarixə Stefan-Bolsman qanunu kimi düşür.

Bu qanun o dövr üçün elektromaqnit nəzəriyyəsinin pik nöqtəsi hesab edilsə də, o bizə yalnız bütöv spektrin enerjiləri cəmi haqqında məlumat verir; enerjinin spektr boyu hansı qanunauyğunluqla paylanması, yəni istilik şüalanması enerjisinin dalğa uzunluğundan və temperaturdan asılılığı bizə qaranlıq qalır.

Bu istiqamətdə III addım 1893-cü ildə alman fiziki **Vilhelm Vin** (1864-1928) tərəfindən atılır. O müəyyən edir ki, qara cismin şüalanma spektrinin paylanma sıxlığı əyrisi maksimuma malik olmalıdır və bu maksimumun dalğa uzunluğu mütləq temperatur ilə tərs mütənasibdir: $\lambda_{\text{mak}} T = \text{const} = 0,2898 \text{ sm}$ -dir. Beləliklə, Vinin sürüşmə qanunu kəşf edilir.

Bu qanun temperaturun artması ilə spektrdə intensivlik maksimumunun kiçik dalğa tərəfə sürüşməsinə aydın şəkildə izah edir. Vin qanunundan həmçinin, kiçik temperaturda istilik şüalanmasının görünməz, 6000°-də isə intensivliyin maksimumuna malik olması, yəni görünən olması da öz izahını tapır; maksimumun yerini bilməklə, bu qanundan şüalanma mənbəyinin temperaturunu da hesablamaq olar.

Daha sonra Vin rus fiziki Vladimir Aleksandroviç Mixelsonun “qaz molekullarının sürətlərə görə paylanma” hipotezindən istifadə edərək, 1896-cı ildə həmin hipotezə analoji olan şüalanma enerjisinin paylanmasının empirik tənliyini irəli sürür. Daha dəqiq tədqiqatlar bunun yalnız kiçik dalğa oblastı üçün doğru olduğunu göstərir.

1900-cü ildə **Reley** “enerjimim sərbəstlik dərəcəsinə görə bərabər paylanması” qanunundan istifadə edərək, mütləq qara cismin spektrində enerjimim paylanması üçün digər tənlik alır: $\rho_\nu = C\nu^2 T$. Burada C temperaturdan asılı olmayan kəmiyyətdir. Bu tənliyin daha düzgün və dəqiq görünüşü **Cins** tərəfindən irəli sürüldüyü üçün, o Reley-Cins adı ilə tarixə düşür. Bu tənlik isə yalnız uzun dalğa oblastında özünü doğruldurdu.

Reley-Cins tənliyindən alınır ki, istilik şüalanması spektrində enerjinin böyük hissəsi kiçik dalğa oblastına – ultrabənövşəyi (UB) oblasta düşür. Bu isə təcrübə ilə ziddiyyət təşkil edirdi. Ona görə də bunu, **Paul Erenfest** “UB katastrofa” (bəla, faciə, fəlakət və s. tərcümə etmək olar), və ya “Reley-Cins paradoksu” adlandırır.

Əlbəttə ki, bütöv spektrin enerji paylanmasının 2 müxtəlif tənliklə verilməsi normal olmayan fakt idi. Bu o deməkdir ki, şüalanma enerjisi, temperatur və dalğa uzunluğu arasında mövcud olan fundamental qanunauyğunluq yenə də elmə naməlum idi. Ona görə də hər 2 qanunu özündə birləşdirən universal tənliyin axtarılması istiqamətində intensiv şəkildə tədqiqatlar aparılırdı.

KVANT TƏSƏVVÜRLƏRİ

19-cu əsrdə ρ_ν (və ya ρ_λ) spektral funksiya üçün təcrübi nəticələrlə uzlaşan tənliyin tapılmasına cəhd edən alimlər içərisində **Maks Karl Ernst Lüdviq Plank** da var idi. Plankın qarşısına qoyduğu məqsəd çox sadə idi: Vin və Reley-Cins qanunlarını özündə əks etdirən empirik riyazi ifadənin tapılması. O öz arzusuna çatır; ilk dəfə olaraq qara cismin istilik şüalanmasının bütün xassələrini izah edən tənlik yazır.

Çox-çox sonralar bu günü Plank belə yada salırdı: “Bazar günü oktyabrın 7-si (1900-cü il) mənim dostum və kolleqam təcrübəçi-fizik Henri Rubens bizə qonaq gəlir. Söhbət zamanı o bildirir ki, son günlər apardığı təcrübələrdə o aşağıdakı qanunauyğunluğu görür: şüalanma intensivliyi kiçik dalğalar üçün Vin qanununa tabe olur, uzun dalğalarda isə intensivlik temperaturla mütənəssib olur. Bu nəticə məni çox düşündürür. Elə həmin axşam mən, interpolasiya (hərfi tərcümədə “quraşdırmaq, uzlaşdırmaq” deməkdir) yolu ilə həm Vin qanununu, həm də Reley-Cins qanununu doğrudan yarımempirik ifadə aldım”.

Plankın irəli sürdüyü tənlik doğrudan da, kiçik dalğa uzunluqlarında Vin qanununa, böyük dalğa uzunluqlarında isə Reley-Cins qanununa keçir:

$$\rho_\lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

Burada C_1 və C_2 sabitləri təcrübi nəticələrin müqayisəsindən tapılır. Sonra bu sabitlər uyğun olaraq h və k ilə əvəz olunur və onların qiymətləri hesablanır: $h=6,55 \cdot 10^{-27}$ erq·san,

$k=1,346 \cdot 10^{-16}$ erq/dər. Bu düsturla “UB fəlakət” də aradan qalxır. Beləliklə, Plank göstərir ki, “enerji elementi” olan $\varepsilon = h\nu$, yəni enerji kvantlar vasitəsi ilə - $h\nu$ diskret porsiyaları ilə ötürülür.

Bütün inqilabi ideyalar kimi, Plankın kvant ideyası da müasirləri tərəfindən qəbul edilmir və onun doğruluğu şübtə altına düşür. Çünki onlar tərəfindən bu qanunun klassik qanunlarla isbat edilməsi cəhdləri boşa çıxır. Bu qanunun ardıcıl əsaslandırılması, yalnız 1924-cü ildə Boze-Eynşteynin kvant statistikasını ilə mümkün olur.

ATOMUN TARİXİ

Bir çox fiziki ideyalar içərisində atom hipotezi xüsusi rola malikdir. Görkəmli amerikalı fizik **Riçard Feynman** (1918-1988) bunu belə şərh etmişdi: “Əgər hər hansı bir dünyavi fəlakət nəticəsində əsrlər boyu elm aləmi tərəfindən edilən kəşflər məhv olsaydı və bu zaman insanların yaddaşında həkk olunmuş hansı fikir onlara daha çox informasiya verərdi? Bu suala mən qısa şəkildə belə cavab verərdim: atom hipotezi. Çünki sadə görünən bu iki söz elmin yenidən inkişafına təkan verən ən güclü amil olardı”.

Təxminən 2 min yüzilliklər boyu atom quruluşu olmayan ən kiçik hissəcik hesab olunurdu. Yalnız 19 və 20-ci əsrlərdə edilən möhtəşəm kəşflər atomun quruluşuna malik olmasını, onun elektron və nüvədən ibarət olmasını göstərdi. Sonra aydın olur ki, nüvə özü də mürəkkəb obyekt olub, proton və neytronlardan ibarətdir. Daha sonra bu cütlük (proton və neytron) nuklon adlandırılır. Fizikanın sonrakı inkişafı bunun da son olmadığını sübut edir; məlim olur ki, nuklonlar daha mürəkkəb quruluşuna malik olub, bir-birinə çevrilən kvarklardan təşkil olunublar. Müasir təsəvvürlərə əsasən isə, bilir ki, materiyanın ən kiçik hissəcikləri leptonlar və kvarklardır.

Atom haqqında təsəvvürlər. Bildiyimiz kimi, yunanca tərcümədə atom bölünməyən, kəsilməyən mənasını verir. Qədim mütəfəkkirlər bütün Kainatda və Yerdə mövcud olan varlıqların - cisimlərin atomdan – kiçik hissəciklərdən təşkil olunduğunu söyləyirdilər. Atom terminini isə **Demokritin** və onun müəllimi **Levkişin** adı ilə bağlayırlar. Buna biz orta əsr alimlərinin yazılarında rast gəlirik. “...kainatın əvvəli atom və boşluqdur...atomlar ölçülərinə görə bir-birindən fərqlənirlər...onlar Kainatda hərəkət edərək od, su, hava və torpaq yaratmışlar” kəlmələrini ilk dəfə Demokrit söyləmiş, daha sonra isə **Epikür tərəfindən genişləndirilmişdir.**

Qədim mütəfəkkirlərin atomistik fikirləri, müasir elmdə olduğu kimi məntiq üzərində qurulmuşdur. Bütün ilkin ideyalarda, hipotezlərdə olduğu kimi, atomistik təsəvvürlər də bir çoxları tərəfindən qəbul edilmirdi. Atomistik nəzəriyyənin qatı düşmənlərindən biri də **Aristotel** idi. Müşahidəyə, təcrübəyə üstünlük verən Aristotel, “mən gözlə görünməyən heç nəyi qəbul etmirəm” söyləyirdi. Bundan başqa, Aristotelin fikrincə “materiya kəsilməzdir, çünki təbiət boşluğu qəbul etmir; buna görə də kəsilməz olan hər şey sonsuz sayda bölünməz atomlardan ibarət ola bilməz”. Aristotel həmçinin, Yeri Kainatın mərkəzi hesab etdiyi üçün, onun fikirləri kilsə tərəfindən birmənalı şəkildə qəbul olunurdu. Demokrit isə kilsə tərəfindən allahsızlıqda günahlandırılırdı və bu səbəbdən də onun bütün əlyazmaları yandırılırdı. Kilsə bunu belə əsaslandırır: “Alverli Demokrit deyir ki, Kainatın sonu yoxdur. Bu isə o deməkdir ki, Kainat heç bir varlıq tərəfindən yaradılmayıb... Əgər bütün Kainat atomlardan təşkil olunubsa, onda deməli Allah da atomlardan təşkil olunub. Onda belə bir sual ortaya çıxır: bəs atomlar nə vaxt və kim tərəfindən yaradılıb?”

Atom ideyasının çoxərli təqibi. Gördüyümüz kimi, Aristotelin o dövrdəki nüfuzu sayəsində atomistik ideyaların inkişafı dondurulur ki, bu da elmin inkişafına böyük zərbə vurur.

Aristoteldən başqa, atomistik ideyaları Sisiron, Seneka, Qalen kimi mütəfəkkirlər də qəbul etmirdi. Lakin bununla yanaşı onun mövcudluğunu qəbul edənlər də az deyildi.

O dövrdə atom ideyasını inkişaf etdirmək istəyən bir çox mütəfəkkirlər kilsə tərəfindən təqib edildikləri üçün, sonra bu ideyanı inkar etmək məcburiyyətində qalırdılar. Lakin **Nikola Kuzanski, cordano Bruno, Qalileo Qaliley** və s. kimi filosoflar bütün qarşıdurmalara baxmayaraq, atomistikanın inkişafında böyük rol oynamışlar. Məsələn, 1638-ci ildə **Yoqan Şterlinq** (1603-1658) tərəfindən yazılmış “Fizikadan təlimat” dərsliyində biz, atomun varlığı haqqında aşağıdakı fikirlərə rast gəlirik: “atom ideyaları bir çoxlarının təsəvvür etdiyi kimi, o qədər də qorxulu bir şey deyil. Bizim dövrümüzün ən yaralı yeri ondan ibarətdir ki, bizlər hər hansı bir ideya haqqında öz fikirlərimizi söyləyə bilmədikdə, o saat onu inkar edirik, Epikürü, Demokriti və onların davamçılarını ağılsız və dəli adlandırırıq”.

Atomistik ideyaların 16-cı əsrdə yenidən populyarlaşmasında **Piyer Qassendinin** əməyini xüsusilə qiymətləndirmək lazımdır. O, 1649-cu ildə qədim mütəfəkkirlərin atom haqqında ideyalarını təhlil edərək, bu ideyaların ateizmlə heç bir əlaqəsinin olmamasını izah etməyə cəhd göstərərək demisdi: “...atom da Allah tərəfindən yaradılıb və o, Allahın əmri ilə hərəkət edir”.

Daha sonra, maddənin quruluşu və fiziki proseslərin mexanizmlərinin təhlilində, **Rene Dekart** və **Robert Boyl** atomistikadan istifadə etmişlər. Onların fikrincə məhz bu kiçik zərrəciklərin nəticəsində dünyada hər şey daim dəyişir və yenilənir.

Atom hipotezini **Nyuton** da qəbul edirdi və öz əsərlərində bunu xüsusilə vurğulayırdı: “Allah bu kiçik zərrəcikləri elə yaratmışdır ki, onlar onlardan yaranmış şeylərdən qat-qat möhkəm və bərkdir”. Nyutonun uzaq dünyagörüşünə həm də ona görə həsəd aparmaq olar ki, o həmin zərrəciklər arasında mövcud olan qarşılıqlı təsirlər nəticəsində iri zərrəciklərin, daha sonra isə iri zərrəciklərdən daha iri zərrəciklərin və nəhayət, cisimlərin əmələ gəldiyini söyləmiş, cisimlərin kimyəvi və optik xassələrinin kiçik zərrəciklərdən yox, məhz böyük zərrəciklərdən asılılığını ön plana çəkmişdir. Bununlada o, fizika və kimyanın inkişafında sonrakı 3 əsr ərzində baş verə biləcək nailiyyətləri sanki qabaqcadan hiss etmiş və atomun daha kiçik hissəciklərdən ibarət mürəkkəb quruluşa malik olmasını qeyd etmişdir. Məhz bu fikirləri ilə Nyutonun atomistik ideyaları özündən əvvəlki mütəfəkkirlərin ideyalarından fərqlənirdi.

Atom hipotezinin elmi əsası.

Atom hipotezinin kimya dövrü Atom hipotezinin elmi əsasının qoyulmasında fiziklərdən çox kimyaçıların əməyi xüsusi qiymətləndirilməlidir. Belə ki, 1802-04-cü illərdə ingilis kimyaçısı və fiziki **Con Dalton** (1766-1844) “kimyəvi element” və “atom çəkisi” anlayışlarını elmə gətirərək, elementlərin atom çəkilərini göstərən ilk cədvəl tərtib etmişdi. Ona görə də Daltonu “kimyəvi atom nəzəriyyəsinin atası” adlandırırlar. Daltonun əsas ideyaları aşağıdakılardan ibarət idi:

- Kimyəvi elementlər kiçik, diskret, bölünməz və parçalanmaz kiçik zərrəciklərdən – atomlardan ibarətdir; onlar bütün kimyəvi və fiziki dəyişikliklər zamanı öz xassələrini saxlayırlar;

- Verilmiş elementin atomları eyni xassələrə və eyni kütləyə malikdirlər (izotopların kəşfindən sonra bu fikrin doğru olmadığı sübut olundu);
- Müxtəlif elementlərin atomlarının kütlələri müxtəlifdir;
- Atomlar kiçik tam qiymətli ədədlərin, məsələn 1:1, 1:2, 2:3 və s. kimi kombinasiyasından yaranıblar.

Daha sonra 1799-cü ildə Dalton tərəfindən 2 fundamental qanun – “tərkibin sabitlik qanunu” və “sadə tam münasibətlər qanunu” (закон простых кратных отношений) kəşf edilir. Dalton öz nəticələrini 1808-ci ildə çap etdirdiyi “Kimyəvi fəlsəfənin yeni sistemi” kitabında ətraflı şəkildə verir.

1756-cı ildə **Lomonosov** tərəfindən, 1774-cü ildə **Lavuazye** tərəfindən müəyyən edilir ki, kimyəvi reaksiyalarda “maddə kütləsinin saxlanması qanunu” özünü doğruldur, yəni reaksiyaya girən və kimyəvi birləşmə əmələ gətirən kimyəvi elementlərin çiki kəmiyyətləri arasında müəyyən münasibət olur. Məsələn, su hidrogen və oksigenin 1:8 münasibətində yaranır; bu o deməkdir ki, 1 qr hidrogenlə 8 qr oksigen birləşərək, 9 qr su əmələ gətirir.

Həmin dövrdə elmə “kəmiyyət ölçüsü”, “atom çəkisi” kimi terminlər gətirilir (müasir dövrdə “atom çəkisi” əvəzinə “atom kütləsi” termini işlədilir).

“Kimyaçıların şahı” sayılan **Berselius**, 1814-cü ildə çoxlu sayda maddələri tədqiq edərək, 41 kimyəvi elementin atom çəkilərini özündə əks etdirən cədvəl tərtib edir və hər bir element üçün müasirlərimiz tərəfindən də işlədilən xüsusi simvollar yaradır. Avoqadro qanununun kəşfi (1811) isə daha böyük sensasiyaya səbəb olur.

Lakin həmin dövrdə alimlər atom və molekul arasındakı fərqi tam aydın dərk etmirdilər. Ona görə də bəzi səhvlərə yol verilirdi; onlar öz mülahizələrində bu anlaşılmazlığı aradan qaldırmaq üçün “mürəkkəb atomlar”, “elementar molekulalar” kimi anlayışlardan istifadə edirdilər. 1860-cı ildə almaniyanın Karlsruye şəhərində keçirilən Beynəlxalq kimya konqresində səsvermə yolu ilə “atom” və “molekul” terminlərini bir-birindən ayırmaq qərarı qəbul olunur.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin sürətlə inkişaf etməsinə baxmayaraq, atom təsəvvürləri hələ də hipotez olaraq qalırdı. Belə ki, məşhur filosof **Şopenqayer** (1788-1860) atomları “əzcaçıların uydurması”, avstriyalı fizik **Ernst Max** (1838-1916) həm kinetik nəzəriyyəni, həm də atom və molekulaları inkar edərək, atomistik nəzəriyyənin ardıcılığını “möminlər icması” adlandırırdı, alman fiziki **Ostvald** (1853-1932) isə söyləyirdi ki, “atomlar yalnız kitabxanaların tozlarında mövcud ola bilər”. Bu ideyalar alimlər tərəfindən tələbələrə də yeridilirdi. Buna qarşı çıxanlara isə “Siz heç olmasa bir atom görmüsünüz?” sualını verirdilər. Alimlər arasında mövcud olan bu cür qarşıdurma Bolsmana daha çox təsir edirdi. hər dəfə atomun varlığını israr edən Bolsman əks tərəfdən güclü təqiblərə və təhqirlərə məruz qalırdı. Tarixçilərin araşdırmalarına görə Bolsmana qarşı yönəldilən düşmənçilik, onda qarabasmalara səbəb olmuş və sonra onun özünü intihar etməsi ilə nəticələnmişdi.

Atomlar varmı? 19 əsrin əksər fizikləri atomun varlığını sübhə altına almırdılar. Təcrübi faktlarla üst-üstə düşən atom-molekulyar nəzəriyyənin nəticələri də, atom hipotezinin doğruluğunu sübut edən əsas amillərdən biridir. Lakin buna baxmayaraq, atomun reallığını sübut edən təcrübələrin də qoyulması lazımdır. İlk təcrübə 1827-ci ildə şotland botaniki Robert Broun (1773-1858) tərəfindən qoyulur. O, bu təcrübədə bitkinin

kiçik tozcuqlarının hansısa qüvvənin altında hərəkət etdiyini görür. Uzun illər bu hadisənin izahı verilmir. Yalnız 19-cu əsrin sonunda belə qənaətə gəlinir ki, mikroskop altında bitki tozcuqlarının görünən qarmaqarışlıq hərəkəti xarici təsirlər hesabına olmayıb, daxili quruluşla bağlıdır.

1877-ci ildə Delsol və Karbonel belə bir fikir yürüdürlər ki, broun hərəkəti maye molekulları zərrəciklərinin müvazinətsiz toqquşmalarının nəticəsində yaranır. Bunun isbatı yalnız 1908-09-cu illərdə fransız fiziki Jan Perren tərəfindən aparılan təcrübələrdə verildi. Bunun üçün Perren, broun zərrəciklərinin bircinsli emulsiyasını yaradır və müxtəlif üsullardan istifadə edərək, emulsiya şarlarının radiusunu və onların emulsiyadakı sıxlıqlarını müəyyən edir. Bu cür emulsiyanı maye üzərinə əlavə etsək, broun hərəkəti nəticəsində zərrəciklər mayenin bütüm həcmi boyu paylanacaq. Təcrübələrindən sonra, 1912-ci ildə Perren yazırdı: "Bununla da aton nəzəriyyəsi öz sübutünü tapdı

Daha sonra Eynşteyn və Smoluxovski tərəfindən broun hərəkətinin nəzəriyyəsi yaradılır. Onların fikrincə broun zərrəciyinin qət etdiyi həqiqi məsafəni bilmək o qədər də vacib deyil. Müəyyən zaman intervalında zərrəciyin kütlə mərkəzinin orta yerdəyişməsini bilmək kifayətdir. Mikroskop altında bunu hesablamaqla və Eynşteyn tənliyindən istifadə etməklə asanlıqla Avoqadro sabitini tapmaq olar.

Maddənin atomistik quruluşa malik olmasının digər isbatı 1909-cu ildə Rezerford və Royds tərəfindən radioaktiv parçalanmasını göstərən təcrübə ilə verilir. Bu təcrübə ilə onlar müəyyən edirlər ki, 1 sm³-da atomların sayı molekulyar-kinetik təsəvvürlər əsasında hesablanmış Loşmid ədədinə çox yaxındır.

Beləliklə, XX əsrin əvvəllərində atom-molekul hipotezinin doğruluğu heç kimdə şübhə doğurmurdu. Bu istiqamətdə aparılan çoxlu sayda təcrübələrdən sonra alimləri daha onun varlığı yox, məhz onun hansı quruluşa malik olması düşündürürdü.

Atomun mürəkkəb quruluşa malik olmasını sübut edən təcrübələr. Atomun ilkin qəbul olunmuş "bölünməzlik" ideyasının puç olmasına və onun hər hansı bir quruluşa malik olmasını göstərən fundamental təcrübələr aşağıdakılar idi:

1. Elektrik yükünün diskretliyi
2. Elektronun kəşfi
3. Elektronun, elektrik yükünü daşıyan kiçik zərrəcik olması
4. Radioaktivlik hadisələri
5. Rentgen şüalarının kəşfi
6. Işıqlanan cisimlərin spektrinin tədqiqi.

Bu təcrübələr içərisində katod şüalarının tədqiqi ilə məşğul olan Vilhelm Rentgenin (1845-1927) təcrübələri üzərində dayanmaq istərdim. Belə ki, 1895-ci ildə Rentgen görür ki, səthi bariumun flüoressensiyaedici duzu ilə örtülmüş kağız parçası, işlək kruks borusundan kənarda yerləşməsinə baxmayaraq, işıqlanır. Bununla da katod şüalarının düşdüyü yerdə yeni şüaların – X-şüaların (sonradan Rentgenin şərəfinə Rentgen şüaları adlandırılır) varlığı və bu şüaların maqnit sahəsinin təsiri altında kənara çıxmamaları aşkar edilir. Bu şüaların sınımasını və difraksiyasını müəyyən edərək bilməyən Rentgen o qənaətə gəlir ki, bu şüalar köndələn elektromaqnit dalğalarından ibarətdir.

Bunun isbatı isə 1905-ci ildə ingilis fiziki Çarlz Barkl tərəfindən verilir; o bu şüaların köndələn polyarlaşmış şüalar olmasını və onların aşağıdakı növlərini müəyyən edir: 1) tormozlanmış rentgen şüaları; bu şüalanma anti katodun materialından asılı olmayıb,

elektronların tormozlanması nəticəsində yaranır və bütöv spektrə malik olur (bu şüalanmanı bir çoxları ağ rentgen şüalanması da adlandırırlar) . 2) xarakteristik rentgen şüaları; bu şüalanma isə antikatodun hazırlandığı materialdan birbaşa asılı olub, xətti spektrə malikdir.

1912-ci ildə Maks Laue (1879-1960) X-şüaların interferensiya nəzəriyyəsini verir. Bu nəzəriyyənin doğruluğu isə Lauenin öz əməkdaşları Valter Fridrix və Paul Knipping tərəfindən təcrübi yolla təsdiq edilir. Bununla da, rentgen şüalarının da işıq şüaları kimi köndələn elektromaqnit dalğalar olduğu aydın olur. Daha sonra bu şüaların dalğa uzunluqları (10^{-8} - 10^{-9} sm) da müəyyən edilir. Bu nailiyyətlərə görə Maks Laue 1914-cü ildə Nobel mükafatına layiq görülür.

Daha sonra, 1912-ci ildə ingilis fiziki Henri Berq və onun oğlu Lorens, kristallik quruluşun öyrənilməsində rentgen şüalanmasının difraksiya hadisəsindən istifadə edərək, kristallik qəfəsin sabitini və şüalanmanın dalğa uzunluğunu müəyyən edirlər. Bu hadisədən sonra rentgenquruluş analizinin əsası qoyulur. Aldıqları nəticələrə görə hər iki alim 1915-ci ildə Nobel mükafatına layiq görürlər.

1896-cı ildə X-şüalarının fosforesensiyaedici maddələrdən şüalanmasını tədqiq edən fransız fiziki Antuan Bekkerel (1852-1923) tərəfindən təsadüf nəticəsində qəribə şüalar kəşf edilir və bunun izahı belə verilir: 1) bütün uran duzları eyni təbiətli dalğalar şüalandırırlar; 2) bu şüalanmanın intensivliyi, duzdakı uranın miqdarından asılıdır.

Bu təcrübələrdən o alınır ki, şüalanma qabiliyyəti uran elementinə xas olan və sırf atomik quruluşla bağlı xüsusiyyətdir. 1898-ci ildə Mariya Skolodovskaya Kuri (1867-1934) tərəfindən torium duzlarının da şüaburaxma qabiliyyəti aşkar edilir. O, həyat yoldaşı fransız fiziki Piyer Kuri ilə apardığı tədqiqatlar nəticəsində daha 2 elementin varlığını müəyyən edirlər və bu elementlərdən biri Mariya Skolodovskaya Kürinin vətəni Polşanın şərəfinə polonium, digəri isə kimyəvi cəhətcə barium ilə eyni xassələrə malik olduğu üçün radium adlandırılır. Daha sonra Kürilər tərəfindən elmə “radioaktivlik” termini gətirilir. Onlar da elmə verdikləri tövhəyə görə 1903-cü ildə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.

1899-cu ildə Bekkerel görür ki, buraxılan şüalar bircins olmayıb, korpuskulyar təbiətə malikdirlər və maqnit sahəsinin təsiri nəticəsində onların bir qismi bir istiqamətə, digər qismi isə ona əks istiqamətdə yönəlir. Bu faktı Rezerford da təsdiq edir və uzun sürən tədqiqatlar nəticəsində tərkibində radioaktiv maddələr olan minerallarda heliumun varlığını görür. O, müəyyən edir ki, helium həmin maddələrin özündə müəyyən çevrilmələr nəticəsində yaranır. Bununla da, Rezerford elementlərin təbii yolla bir-birinə çevrilmə qanunu kəşf edir, yəni atomun bölündüyü təcrübələrlə sübut olunur.

Atom modelləri. Belə bir fikir sürülür ki, atomun mürəkkəb quruluşa malik olması ideyası ilk dəfə 1815-ci ildə ingilis həkimi Uilyam Praut tərəfindən verilmişdir. Onun təsəvvürlərinə görə bütün atomlar hidrogendən ibarətdir və onların kütləsi hidrogen atomlarının sayı ndan asılıdır.

XX əsrin əvvəllərində atomun quruluşu haqqında fantastik fikirlər – müxtəlif atom modelləri irəli sürülürdü. O dövrdə əksər alimlər oksigen atomunun dairəvi, kükürd atomunun isə uzunsov olduğuna inanırdılar.

1901-ci ildə Jan Perren “atomun nuklear-planetar” quruluşunu verir. O hesab edirdi ki, atomun mərkəzində + yüklü zərrəcik yerləşir, ətrafında isə + yükü kompensə edən elektronlar yerləşir. Analoji fikir 1904-cü ildə yapon fiziki Naqaoka (1865-1950)

tərəfindən irəli sürülür. O isə atomun “saturnian” modelini verir. Gördüyümüz kimi, irəli sürülən bütün modellərin əsasında planetar model dururdu. Hətta bütün dərslərdə də bu modellər haqqında bəsit də olsa, müxtəlif fikirlər yürüdülürdü.

Bütün modellər içərisində Tomsonun “damcı” modeli daha maraqlı idi. Bu modelə əsasən atom bircins müsbət yüklü sfera kimi təsvir edilirdi və içərisində kişmişli bulkada olduğu kimi elektronlar həmin sferanın daxilində paylanırdı. Lakin atomun quruluşunu müəyyən etmək üçün aparılan təcrübələr bu modellərin yararsız olduğunu sübut etmişdir. İlk belə təcrübə 1903-cü ildə Lenard tərəfindən aparılır. Yalnız Rezerfordun irəli sürdüyü nüvə, və ya planetar model digər modellərdən fərqli olaraq, əksər təcrübə faktları izah edə bilirdi. Bilirik ki, Rezerfordun əsas işləri atom nüvəsinə aid idi. O, radioaktivliyin mürəkkəb proses olduğunu müəyyənləşdirmiş, radioaktiv şüalanmanın korpuskulyar komponentlərini α - və β - *şüaları* adlandırmış, α - şüalarının helium atomunun nüvələrindən, β - şüalarının isə elektronlar selindən ibarət olduğunu isbat etmişdir. Rezerford radioaktivliyin özbaşına (spontan) parçalanma prosesi olması və bu prosesdə bir elementin atomlarının digər elementin atomlarına çevrilməsi nəzəriyyəsini irəli sürmüşdür.

Rezerford α - zərrəciklərin maddə ilə qarşılıqlı təsirini tədqiq etmiş, səpilmənin effektiv kəsiyini hesablamış, atomda müsbət yüklü ağır nüvənin mövcud olduğunu müəyyənləşdirmişdir. Bütün bu tədqiqatlar nəticəsində isə o, atomun planetar modelini vermişdir. Bu modelə əsasən atom Günəş sistemi kimi verilirdi: mərkəzdə Günəşin yerinə nüvə, ətrafda isə planetlərin əvəzinə elektronlar fırlanırdı. Lakin bu analogiyanın fərqi o idi ki, planetlər öz xassələrinə görə bir-birindən fərqləndikləri halda, elektronlar eyni kütləyə, eyni yükə malik idilər.

Rezerford nəzəriyyəsi Qeyqerin və Marsdenin 1913-cü ildə apardıqları təcrübələrdə hərtərəfli yoxlanılmışdır. Lakin buna baxmayaraq, bu model də əksər alimlər tərəfindən qəbul edilmirdi. Çünki Maksvel-Lorensin klassik elektrodinamikasına əsasən, ətrafında elektronlar olan müsbət yüklü nüvədən ibarət sistem mövcud ola bilməz. Doğrudan da, elektrodinamika qanunlarına görə sürətlə hərəkət edən yük öz enerjisini itirdiyi üçün (yəni şüalar buraxdığı üçün), gec-tez müsbət yükün üzərinə “düşməlidir” və bu da sistemin məhvəinə səbəb olmalıdır. Beləliklə, ya Rezerfordun modeli qəbul edilməli idi, ya da elektrodinamika qanunları. Ona görə də, 1911-ci ildə məşhur fiziklərdən Eynşteyn, Plank, Küri, Lanjevanın iştirak etdiyi konqresdə Rezerfordun ideyası haqqında heç məlumat belə verilməmişdi. Planetar modelin alimlər tərəfindən inkar edildiyinə baxmayaraq, düzgün hesab etdiyi yoldan dönməyən, arxaya baxmayan və bu xasiyyətinə görə məşhur fizik Kapitsa tərəfindən krokodil adlandırılmış ser Ernest, bu modelin doğruluğuna ilk inanan alim olmuşdur. O, deyirdi:” Atomun dayanıqlılığı bu mərhələdə nəzərə alınmamalıdır, çünki bu quruluş atomun incə quruluşundan və onun ətrafında hərəkət edən yüklü zərrəciklərdən - elektronlardan birbaşa asılıdır”. Bu qarşıdurmadan çıxmaq cəhdi Nils Bor tərəfindən edilir.

Bor atomu. Rezerfordun planetar modeli qəbul edilmədiyi dövrdə fiziklərin sırasına cavan alim daxil olur və planetar modeli qəbul edir. Kvant fizikasının banilərindən biri sayılan **Nils Henrik David Bor** (1885 – 1962) postulatlar (Bor postulatları) ilə atom quruluşunun ilk kvant nəzəriyyəsini yaradır. O, bu nəzəriyyə ilə hidrogen və s. atomların

spektrlərindəki xüsusiyyətləri izah edir, elementlərin dövri sistemini nəzəri sürətdə əsaslandırır.

Bor nəzəriyyəsi bir çox alimlərin işləri ilə təsdiq olunsa da, Rezerford tərəfindən qoyulan bəzi suallara (məsələn, 1) Bor ideyalarını klassik mexanika ilə necə uzlaşdırmaq olar; 2) elektron hansı səviyyəyə keçəcəyini haradan bilir) bu nəzəriyyə cavab verə bilmirdi. Əlyazma halında müzakirə edilən “Bor nəzəriyyəsinə” Rezerford tərəfindən göstərilən qeydləri Bor, uzaqgörən qeydlər adlandırmışdır. Bundan başqa, bu nəzəriyyə ilə çoxelektronlu atomları da izah etmək də mümkün olmurdu. Bu baxımdan Bor nəzəriyyəsinin ilkin variantının bəzi çatışmamazlıqları göz qabağında idi.

Bor nəzəriyyəsinə daha da inkişaf etdirən **Arnold Zommerfeld** (1868 – 1951) nəzəriyyənin izah edə bilmədiyi bir çox məqamları aradan götürmək üçün *fəza kvantlanması* ideyasını irəli sürdü. Bu ideyanın əsasında o dururdu ki, elektronun orbit boyu hərəkəti elektronun enerjisini təyin edən radial və azimutal kvant ədədləri ilə, və ya baş kvant ədədləri ilə, orbitin fəza boyu vəziyyəti isə üçüncü maqnit kvant ədədi ilə müəyyən edilir. Bu ədədlərin daxil edilməsi ilə Zeyemanın normal effektini izah etmək mümkün olduğu halda polyarlaşıma xətləri haqqında fikir söyləmək mümkün olmurdu: anomal effekt, spektrlərin multiplet quruluşu adi Bor nəzəriyyəsi çərçivəsinə daxil olmurdu. Hətta 1919-cu ildə **C.S.Rojdestvenski** (1876 - 1940) söyləmişdir ki, spektral xətlərin dublet və tripletliyi elektronların hərəkəti ilə əlaqədar mövcud olan maqnit qüvvələri ilə bağlıdır.

O.Ştern və **V.Qerlax** 1921-ci ildə molekulyar dəstəni bircins olmayan maqnit sahəsindən buraxaraq, atomlarda maqnit momentinin varlığını sübut etdilər. Lakin bu təcrübənin də nəticələrini Bor-Zommerfeld nəzəriyyəsi ilə izah etmək mümkün olmurdu.

Bor nəzəriyyəsinin qarşılaşdığı bu və digər ziddiyyətləri aradan qaldırmaq məqsədi ilə Bor özünün kvant mexanikasındakı uyğunluq (1923) və tamamlama prinsiplərini (1927) irəli sürür. Borun bu prinsipləri Eynşteyn, Lorens, Plank, Rezerford, Cins tərəfindən qəbul edilmiş, Zommerfeld tərəfindən isə fəal olaraq inkişaf etdirilmişdir.

Kvant statistikasının meydana gəlməsi

1924-cü ildə Hind fiziki **Şatendranat Boze** (1894 – 1974) Dakkidən (indiki Banqladeşdən) «Zeitschrift für Physik» alman jurnalına özünün «Plank qanunu və işıq kvantları hipotezi» əsərini göndərir ki, bununla da fizikanın yeni bir bölməsinin - kvant statistikasının yaranmasına təkan vermiş olur. Boze impulsa malik kvantları Eynşteyn təsəvvürlərinə görə zərrəcik qəbul edərək, işıq kvantlarının hallara görə paylanmasının statistik yeni metodunu irəli sürür. O, bir-birindən fərqlənməyən kvantların özlərinin paylanmasını deyil, tərkibində heç bir kvant olmayan özəklərin paylanmasını hesablayır.

Bozenin bu əsəri Eynşteynin marağına səbəb olur və o, əsərin sonunda bu deyilənlərlə əlaqədar öz qeydlərini yazır. Məhz buna görə də Şatendranat Boze fizika tarixinə kvant statistikasının banisi kimi düşür.

1925-ci ildə **Corc Ulenbek** (1900 – 1988) və **Qaudsmit** tərəfindən fizikaya yeni bir termin – «*spin*» anlayışı daxil edilir. **Pauli** (1900 – 1958) bu anlayışı qəbul etməyərək ona etinasız yanaşır. Lakin **Tomas** tərəfindən spin ilə dublet parçalanma hesablandıqdan sonra o da bu anlayışın vacibliyini düzgün qiymətləndirə bilir. **Bor** və **Heyzerberq** elmdə spin anlayışını qəbul edən ilk alimlər olmuşlar.

Beləliklə, 1925-ci il tariximizdə fizika sahəsində edilən aşağıdakı nailiyyətlərlə yadda qalmışdır:

1. **Heyzenberq** və **Dirakın** kvant mexanikasının yaranması ili kimi;
2. **Boze-Eynşteynin** yeni kvant statistikasının yaranması ili kimi;
3. Pauli prinsipinin yaranması ili kimi;
4. Spin hipotezinin yaranması ili kimi.

İmtahan sualları

1. İstilik şüalanması
2. İstilik şüalanmasının inkişafında Qustav Kirxqovun rolu
3. Lüdviq Eduard Bolsman tərəfindən istilik şüalanması hadisələrinin inkişafı
4. Qara cismin şüalanma spektrinin öyrənilməsində Vilhelm Vinin rolu və Vinin sürüşmə qanununun kəşfi
5. Reley və Cins tərəfindən mütləq qara cismin spektrində enerjiminin paylanma qanununun irəli sürülməsi
6. “UB katastrofa”, və ya “Reley-Cins paradoksu” nədir?
7. Kvant təsəvvürləri
8. Atomun tarixi
9. Atom haqqında təsəvvürlər
10. Atom ideyasının çoxəsrli təqibi
11. Atom hipotezinin elmi əsası
12. Atom hipotezinin kimya dövrü
13. Atomlar varmı?
14. Atomun mürəkkəb quruluşa malik olmasını sübut edən təcrübələr.
15. Rezerfordun, Bekkerelin və Kürilərin təcrübələri
16. Atom modelləri
17. Rezerford modelinin o dövr üçün çatışmamazlıqları
18. Bor atomu
19. Kvant statistikasının meydana gəlməsi
20. Hind fiziki Şatendranat Bozenin kvant statistikasının inkişafında rolu