

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

B.Jo‘rayev, R.Eshbo‘riyev

NISBIYLIK VA
KVANT NAZARIYALARI
TARIXI

Samarqand - 2019

UDK 530.12

BBK 22.313

Jo‘rayev Boboqul, Eshbo‘riyev Rashid. Nisbiylik va kvant nazariyalari tarixi. – Samarqand: SamDU nashri, 2019.- 96 b.

Ushbu ilmiy risolada nisbiylik va kvant nazariyalarining yaratilish tarixi va bu nazariyalarning yaratilishida buyuk fizik olimlar Albert Eynshteyn, Maks Plank, Nils Bor va boshqalarning xizmatlari, bu nazariyalarning maydonga kelishida yuzaga kelgan turli xil qarashlar tarixi to‘g‘risida ma‘lumotlar keltirilgan.

Ilmiy risola o‘rta maktab va litsey o‘quvchilari, oliy o‘quv yurtining fizika va falsafa yo‘nalishlari talabalari, falsafa hamda fizika tarixi bilan qiziquvchi keng kitobxonlar ommasiga mo‘ljallangan.

Mas’ul muharrir: f.-m.f.d., **prof. Eshqobilov N.B.**

Taqrizchilar: f.-m.f.d., **prof. Quvondiqov O.Q.**
f.-m.f.d., **prof. Eshpo‘latov B.**

SO‘Z BOSHI

Hozirgi zamon texnika va texnologiyasini o‘zlashtirish va undan unumli foydalanish uchun fizika fanini yaxshi bilish talab qilinadi. Zamonaviy fizikani o‘rganish uchun esa nisbiylik va kvant nazariyalarini yaxshi anglab yetish zarur. Ammo ko‘pchilik bu nazariyalarni yaxshi o‘zlashtira olmaydilar. Buning sababi bizningcha, mazmun-mohiyati va matematik jihati bilan murakkab bo‘lgan bu nazariyalarni o‘rganishda ko‘rgazmalilik va boshqa qiziqish uyg‘otuvchi vositalarning yetishmovchiligidadir.

Har qanday kishi ilmga qiziqishi va uni o‘zlashtirishi uchun ilmlarning haqiqiylikiga ishonishi, buning uchun ilmlar asoslab berilishi va ishonarli bo‘lishi kerak. Ilmlarni asoslash va ishontirishning eng asosiy vositasi fizikaviy hodisalarni tajribada namoyish etishdir. Ikkinchi yo‘li narsa va hodisalarning matematik ifoda va qonunlarini isbotlash, uchinchi yo‘li, mantiqiy muhokama yuritishdir. Asoslashning bu usullaridan foydalanish imkoniyati bo‘lmaganda tarixga murojaat qilish lozim bo‘ladi.

Nisbiylik nazariyasining boshlang‘ich qoidalarini (farazlarini) kutilmaganda e‘lon qilinishi va kvant tushunchasining kiritilishi ko‘plab o‘quvchilarni shoshtirib qo‘yadi. Qolaversa, bu nazariyalarni sodda va ravon tilda tushuntirish ham oson ish emas. Nisbiylik va kvant nazariyasining asoschilaridan biri, zamonamizning buyuk nazariyotchi olimi Albert Eynshteynning fikricha, bilimlarni majburiy ravishda singdirishga urinish, hodisalarning fizik mohiyatini berkitib qo‘yadigan murakkab matematik ifodalarni qo‘llash o‘quvchini fandan bezdirib qo‘yadi. Yoki aksincha, ilm berishda yuzaki qiziqtiruvchanlik va mavzuni haddan tashqari soddalashtirib yuborish ham foyda bermaydi. So‘zni uzoqdan boshlab, ilmlarni shunday tartiblashtirish va bayon qilish kerakki, bu kitobxonda fikr teranligini uyg‘otsin, ularni hayratlanish darajasiga yetkazsin. O‘quvchi ilmga bo‘lgan zaruratni his qilsin. Barcha qonunlar, kashfiyotlar tasodif emas, balki yuzlab olimlarning ming yillar davomida olib borgan tadqiqotlarining mahsuli ekanligini tushunsin va o‘zida ham ilmiy

ijodiy izlanishga ehtiyoj sezish kabi ilmiy pedagogik tavsiyalarni bu kitobni yozishda esda saqladik, zero yunon faylasufi Aristotel ham “fan hayratlanishdan boshlanadi”, deb bekorga aytmagan.

Nisbiylik va kvant nazariyalari tarixini yoritir ekanmiz, ko‘rgazmalilikning juda kamyob ekanligini hisobga oldik va shu sababli maqsad faqat fan tarixiga nazar tashlash, nazariyalarning asoschilari nomlari va yaratilish yillarini qayd etish, asosiy g‘oyalarni bayon etish bo‘lmadi, balki ilmiy g‘oya va nazariyaning boshlang‘ich qoidolari tug‘ilish sabablarini aniqlash hamda fizikani tarixiy manbalar asosida o‘rganmoqchi bo‘lganlarning o‘zlarini ilmiy haqiqatni izlashga jalb etishdan iborat bo‘ldi. Shu bois ushbu nazariyalarni yaratilishiga zamin bo‘lgan ko‘p asrlik ilmiy izlanishlar, kashfiyotlar, muvaffaqiyatsizliklar, adashishlar, ilmiy munozaralar, ziddiyatlar to‘g‘risidagi bor ma‘lumotlarni to‘plab tahlil qildik. Nisbiylik tamoyili va efir tushunchasi, uning asrlar davomida turli nazariya va tajribalarda saqlanib qolishi, elektromagnetizm va optika, makon va zamon tushunchalari, atom va korpuskulyar, issiqlikdan nurlanish nazariyalarining rivojlanishi, korpuskulyar-to‘lqin dualizmi va boshqa shu kabi, bir qarashda bir-biriga hech ham aloqasi bo‘lmagan ilm, narsa va hodisalarning oxir-oqibatda ikki buyuk nazariyaning yaratilishiga olib kelishi tarixini o‘qigan kitobxon bu nazariyalarning haqligiga ishonadi. Bular faqatgina ikki buyuk nazariyotchi olimlar A.Eynshteyn va M.Plank idrokining tasodifiy mahsuli emas, balki klassik fizikaning asrlar davomida rivojlanishining qonuniy yakuni ekanligiga imon keltiradi.

Risola bilan tanishgan har bir kitobxonda zamonaviy fizikaning asosini tashkil etgan ikki nazariyaga bo‘lgan qiziqish ortadi, degan umiddamiz. Maqsadimiz ham qiziqishni oshirish hisobiga shu ikki murakkab nazariyani o‘rganishga rag‘bat uyg‘otishdan iboratdir.

Kitobning belgilangan hajmidan kelib chiqib, matematik ifodalarni kam ishlatdik. Bu nazariyalarning yaratuvchilari bo‘lgan A.Eynshteyn va M.Plankning tarjimai holi hamda

o'quvchida kashfiyotlar ilmiy izlanishlar, uzluksiz mashaqqatli mehnat va buyuk ilmiy salohiyatning mahsuli emas, aksincha, bir tasodif va omad, degan xom hayolni tug'diradigan Nyutonning bog'ida olmaning yerga tushishi butun olam tortishish qonunining yaratilishiga sabab bo'lishi kabi hikoyat va rivoyatlarni keltirmadik. Zero, Nyuton qonunlari undan avval o'tgan olimlar, xususan Ibn Sino va al Beruniylar asarlarida to'lig'icha keltirilgan deyishga hamma asoslar bor.

Kitob ikki qismdan iborat. Birinchi qismida nisbiylik nazariyasi va ikkinchi qismida kvant nazariyasining yaratilish va rivojlanish tarixi keltirilgan.

Kitobni yozishda B.I.Spasskiyning "Fizika tarixi" nomli asaridan foydalandik. Ayrim mavzular shu kitobdan olingan matn, desak ham bo'ladi. Chunki rus tilida yozilgan bu asarni hamma ham birdek o'qib tushunavermaydi. Qolaversa, kitobning o'zi ham kamyob bo'lib qolgan. O'zbek tilida esa bunday kitoblar yo'q hisobi. Borlarini ham tushunib yetish uchun kitobxondan katta ma'suliyat va salohiyat talab qilinadi. Shu sababli bu ikki buyuk nazariyaning yaratilish tarixini imkon qadar soddaroq va ravon tilda bayon qilishga harakat qildik.

Risola keng kitobxonlar ommasiga mo'ljallangan. Kitobxonlar orasida bu sohaning chuqur bilimdonlari borligiga ishonamiz. Kitobning kamchiliklarini ko'rsatib, uni to'g'rilashga yordam bergan o'quvchilarga oldindan o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

I BOB

NISBIYLIK NAZARIYASINING SHAKLLANISHI VA RIVOJLANISH TARIXI

1. Nisbiylik prinsipi

Nisbiylik nazariyasi tarixi haqida soʻz yuritar ekanmiz, hozir har qanday harakat va tinchlik nisbiydir, deb dadil aytsak boʻladi. Chunki nisbiylik ham nazariyada ham tajribada tasdiqlangan. Bunga shubha yoʻq, lekin bunga erishish oson boʻlmadi.

Qadimgi Yunon, Rim va Xitoy faylasuflari Quyosh, Yer, Oy va boshqa sayyoralar harakati haqida soʻzlaganda, ayniqsa, Yerning oʻz oʻqi atrofida aylanishi va quyosh atrofidagi harakati haqida mulohaza yuritganlarida harakatning nisbiyligini yaxshi fahmlaganlar. Miloddan avvalgi I asrda yashagan xitoylik falakshunos Los Xun yozadi: “Yer doimo harakatlanadi, lekin odamlar buni sezmaydilar; ular kemanding yopiq xonasidagi boshqaruv jamoasi kabi; kema siljiy boshlaganda ular buni sezmaydilar”. Shunday qilib, harakatning nisbiyligi haqidagi gʻoya qadim zamonlardan boshlab pishib, yetilib kelgan.

Aristotelning fikricha, harakatni ham boshqa jismga nisbatan aniqlash mumkin. Demak, kinematik jihatdan har qanday harakat nisbiydir. Ammo, buyuk faylasufning mutlaq tinchlik va mutlaq harakat haqidagi gʻoyalari nisbiylik gʻoyasining rivojlanishiga gʻov boʻldi. Oʻrta asrlarga kelib vatandoshimiz Abu Rayhon Beruniy Yer harakatini tan olganligini hisobga olsak, oʻz asarlarida nisbiylik gʻoyasini oydinlashtirishga ham hissa qoʻshgan boʻlishi mumkin, deb ayta olamiz.

XVI asrga kelib, ilmiy inqilob boshlanishi bilan polyak olimi Nikolay Kopernikning geliosentrik nazariyasida nisbiylik gʻoyasi yana ilgari surildi. Kinematik nisbiylik prinsipini eslar ekan, harakatlanayotgan Yerda yashayotgan odamlar bu harakatni sezmaydilar, degan gʻoyani takrorlaydi va miloddan avvalgi I asrda yashagan rimlik shoir Vergiliyning “Dengiz tomon ketaveramiz, chekinaveradi va Yerlar hamda shaharlar”, degan

misrasini keltiradi. Nisbiylikning kinematik xarakteri shu misrada yaqqol ko'rsatilgan: biz dengiz tomon ketayapmiz ammo qirg'oq, unda yastanib yotgan shahar bizdan uzoqlashib ketaveradi. Demak, kuzatuvchi va kuzatiladigan jism harakatlari bir xil yoki boshqacha aytsak, ulardan istalgan birini tinch turibdi, desak bo'ladi.

Buyuk astronom Nikolay Kopernik Polshaning Torun shahrida 1473 yilda tug'ilib, 1543 yilda vafot etgan. Uning buyuk asari "Osmon sferasining aylanishi haqida" bo'lib, olim vafotidan oldinroq, 1543 yilda chop etilgan edi.

Olimning geliosentrik nazariyasining tarafdorlari ko'p bo'lmagan, ammo uning ashaddiy tarafdori, fizika fanining asoschilaridan biri Galileo Galiley Nikolay Kopernik vafotidan 21 yil o'tib, 1564 yilda Italiyaning Piza shahrida dunyoga keldi. Uning ijodining bosh g'oyasi Kopernikning geliosentrik sistemasining barqarorligi uchun kurashdan iborat bo'ldi. Geliosentrik nazariya dushmanlari Ptolemeyning so'zlarini takrorlab, Yer harakat qilsa edi, uning ustidagi jismlar, jumladan, odamlar ham Yerdan tushib qolib (zamonaviy tilda aytsak, to'satdan yurib ketgan mashinadan yiqilib, tushib qolgan kabi), uchib ketar, kosmik bo'shliqlarda qolib ketar edilar, hech bo'lmaganda odamlar bu harakatni sezgan bo'lar edilar, deb da'vo qildilar. Galiley o'zi ijod qilgan nisbiylik prinsipiga asoslanib, tinch holat va inersial harakat bir-biridan farq qilmaydi, deb tushuntirdi. Yer harakatini u inersial harakat deb hisobladi.

Yana kemanding yopiq kayutasiga qaytamiz. Kema tinch turganida ham, to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotganida ham kayuta ichidagi pashsha va kapalaklarning uchishida, akvariumdagi baliqchalarning suzishida, odamlarning harakatida, chelakdan boshqa idishga tomchilayotgan suv tushishida odatdan tashqari hech bir o'zgarish yuz bermaydi. Tinch turgan yoki tekis harakat qilayotgan poezd va uchib ketayotgan samolyot misolida ham hozir bu aytganlarni takrorlayversak bo'ladi. Shu xildagi kuzatuvlarga asoslanib Galiley o'zining nisbiylik prinsipini e'lon qildi: kayuta ichida qanday mexanik tajribalar o'tkazmaylik,

kemaning tinch turgani yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotganini aniqlab bo'lmaydi. Boshqacha qilib aytganda, nisbiylik prinsipiga asosan tinch holat va to'g'ri chiziqli tekis harakat holati istalgan mexanik tajribaga nisbatan ekvivalentdir. Hozirgi zamonda nisbiylik prinsipini fizika qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida invariantdir deb ta'riflamodalar. Ya'ni bu sanoq sistemalari inersial bo'lsa, biridan ikkinchisiga o'tganda fizika qonunlari o'zgarmay qoladi, demakdir. Inersial sanoq sistemalarining biridan ikkinchisiga o'tishning matematik ifodalarini Galiley isbot qilgan. Shuning uchun bu tenglamalar sistemasini Galileyning koordinata almashtirishlari deb ataladi. Bu almashtirishlarni darsliklardan topish mumkin.

Nisbiylik prinsipidan fransiyalik olim Rene Dekart (1596-1650) mexanik harakat qonunlarini ishlab chiqishda, gollandiyalik olim Xristian Gyuygens (1629-1695) sharlarning elastik to'qnashuv nazariyasini yaratishda foydalandilar.

Klassik fizikaning asoschisi Isaak Nyuton (1643-1727) nisbiylik prinsipini mexanikaning asosiy qoidalaridan biri deb hisoblab, Galileydan so'ng tinchlik holati va to'g'ri chiziqli tekis harakat holati bir-biridan farq qilmaydi, deb takrorladi. Biror inersial sanoq sistemaga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qiluvchi barcha sistemalar inersial bo'ladi deb, mexanikaning asosiy qonunlariga nisbiylik prinsipi asosida shu inersial sistemalarda ta'rif berdi. Ammo tabiatda hech bo'lmaganda bitta inersial sanoq sistemasi topilarmikan? To'g'ri, Galiley Yer harakatini inersial deb hisobladi, ammo Yer ham, Quyosh ham mutlaq inersial sanoq sistemasi vazifasini bajaraolmaydi. Chunki Yer Quyosh atrofida, Quyosh galaktika markazi atrofida aylanma harakat qiladi. Unday bo'lsa, mexanikaning qonunlari uydirma, asossiz gaplar emasmikan? Shu va boshqa shu kabi muammolar haqida suhbatni quyida davom ettiramiz.

2. Efir haqida tasavvurlar

Fizika tarixida fizikaviy hodisalarni vaznsiz, rangsiz, shaffof, turli jismlar tarkibiga kiruvchi, biridan ikkinchisiga quyuluvchi, koʻzga koʻrinmas xayoliy bir muhit yordamida tushuntirishga urinishlar koʻp boʻlgan. Masalan, elektromagnit hodisalarni musbat va manfiy flyuidlar, magnit flyuidi, issiqlik va yonishga aloqador hodisalarni teplorod va flogiston yordamida tushuntirganlar. Bu muhitlar gaz, suyuq, elastik, qattiq jism ham boʻlishi mumkin deb hisoblaganlar.

Bu substansiyalar orasida “efir” koʻp asrlar davomida turli nazariyalar va tajribalar tarkibidan tushmasdan kelgan. Efir avval qadimgi yunon olimi Aristotel (384-322y.m.a.) ning “pellutsid” degan atamasida namoyon boʻldi. Allomaning fikricha, yorugʻlik manbadan chiqib, butun olamni toʻldirib turgan oʻta siyraklashgan muhit “pellutsid” da tarqalib, inson koʻziga kelib tushadi. Oʻrta asrlarga kelib vatandoshimiz Abu Ali ibn Sino (980-1027y) “Oʻzidan nur chiqaradigan har bir jism oraliqda shaffof jism boʻlsa, boshqa jismni yoritadi”, deb yozadi. Biz Ibn Sinoning “shaffof jism”i misolida ham efirni koʻramiz.

Rene Dekart issiqlik, elektr, magnit, yorugʻlik va boshqa tabiat hodisalarini, hatto hayvon va odam hayoti va tanida yuz beradigan barcha hodisalarni ham butun borliqni toʻldirib turgan, nafis va sezib boʻlmaydigan, siqilmaydigan ideal suyuqlik-efir bilan bogʻlaydi. Tabiatda qanday hodisa boʻlmasin, tushuntirish qiyin boʻlganda, Dekart va uning izdoshlari, ularni karteziANCHILAR deyдилar, bu Dekart nomining lotincha maʼnosi, albatta, efirga murojaat qilganlar. KarteziANCHILAR yaqindan taʼsir tarafdorlari boʻlib, butun olam tortilishini ham efir yordamida tushuntirganlar. Yaqin taʼsir deganda ular jismlarning bir-biriga bevosita tegib turishini, bosimini, itarilishini yoki urilishini tushunadilar. Olam jismlarining junbushga kelishi ular orasidagi efirni qoʻzgʻatadi, bu qoʻzgʻalish efirda tarqalib, boshqa jismlarga uzatiladi va u jismlar goʻyo bir-biriga tegib turgan kabi taʼsir koʻrsatadi. Bu taʼsir maʼlum bir chekli vaqt oraligʻida uzatiladi, bu vaqt

qo'zg'alishning efirda tarqalish vaqtiga teng bo'ladi. Dekart o'z qarashlarida kuch tushunchasini ishlatmagan, shu sababli yaqin ta'sirni kinematik ta'sir ham deb hisoblash mumkin. Shu sababli o'zaro ta'sirni miqdoriy hisoblash imkoni bo'lmadi, ammo o'z zamonining ilmi darajasida sodda tushuntirilishi va kishi ongiga tezda yetishi sababli karteziANCHILIK ko'pchilikning e'tiborini qozondi. Chunki bir jismning ta'sirini boshqasiga uzatish uchun oraliq muhit bo'lishi kerak, deb hisoblash tabiiy edi.

Nyuton "efir o'zi nima ekanligini men bilmayman", deb yozadi. U o'z ta'limotida efirdan foydalanmagan, butun olam tortilish qonunida uzoqdan ta'sir prinsipidan foydalanadi, ta'sir mexanizmini tushuntirib o'tirmasdan, jismlar o'rtasidagi masofa qanday bo'lishidan qat'iy nazar ta'sir bir onda uzatiladi, deb ta'sir kuchini hisoblash matematik ifodasini beradi. Bu eng muhimi! Bu qonunda efir hech keraksiz matoh bo'lib qoladi, hatto bu qonun bajarilishiga aks ta'sir ko'rsatishi mumkin edi. Chunki haqiqatda efir mavjud bo'lsa, osmon jismlarining harakatiga qarshilik ko'rsatib, ularning aylanish davrlarining o'zgarishiga olib kelar edi. Keyinchalik efir o'zi bor narsami yoki yo'q narsami degan savollar ko'payganida Yerning harakatini efirga nisbatan o'rganish ustida tajribalar qo'yilishiga shu fikr ham sabab bo'lgan bo'lsa, ajab emas. Bu to'g'rida quyida so'z yuritiladi.

Yorug'likni X.Gyuygens to'lqin deb, to'lqinning tarqalishi uchun elastik muhit kerak bo'ladi, bunday muhit vazifasini efir bajaradi, deb hisoblaydi. XIX asrga kelib, angliyalik olim Tomas Yung (1773-1829) va fransuz Ogyusten Frenel (1788-1827) yorug'likni efirda tarqaluvchi ko'ndalang to'lqinlardan iborat deb hisoblab, bajargan nazariy va eksperimental ishlari efirning optikada mavqiyini yanada mustahkamladi.

Angliyalik olim M.Faradey (1791-1867) maydon tushunchasini kiritib, maydonlar o'zaro tortishish kuch chiziqlari, elektr kuch chiziqlari, magnit kuch chiziqlari bilan ifodalanishini, elektr, magnit, optik hodisalar tabiatan birligini, bir-biriga aylanishi va ta'siri efirda chekli vaqt ichida yuz berishini ta'kidladi.

Faradeyning ilmiy g'oyalariga zamondoshlari ko'p e'tibor berishmadi. Uning g'oyalarini birinchi bo'lib zamondoshi va vatandoshi Jeyms Klerk Maksvell (1831-1879) diqqat bilan o'rganib chiqdi va matematik formulalar shaklida ifodaladi. Elektr maydonining magnit maydoniga va teskarisiga aylanishini, ular uyurma shaklida chambarchas bog'langan holda elektromagnit to'lqin sifatida tarqalishini, yorug'lik elektromagnit to'lqindan iborat ekanligini isbot qildi. Efir endi faqat yorug'lik hodisalari uchungina emas, balki elektromagnit hodisalar uchun ham makondir deb hisobladi.

Albatta, bu g'oya va nazariyalar faqat Gyuygens, Yung, Frenel, Faradey va Maksvellarninggina xizmati emas. Orada o'nlab, balki yuzlab ko'pchilikka nomlari ma'lum va noma'lum olimlarning ham xizmatlari bor. Ammo ularning hammasi ham efir tushunchasini qo'llab-quvvatlagan emas. Ular orasida Nyutonga o'xshab "efir nimaligini bilmayman", deb turganlari ham anchagina edi. Gap shundaki, efirning fizika uchun juda zarur tushuncha bo'lishiga qaramay XIX asrda uning bitta ham ishonarli nazariyasi yaratilmadi.

O'zida harakatlanayotgan jismga aks ta'sir etmasligi uchun efir o'ta siyraklashtirilgan gaz bo'lishi kerak. Bunday muhitda faqat bo'ylama to'lqinlar tarqalishi mumkin. Yorug'lik, demak, elektromagnit to'lqin ham ko'ndalang to'lqindan iborat. Bunday to'lqin tarqalishi uchun efir o'zida elastik siljish deformatsiyasi yuz beradigan qattiq jism bo'lmog'i kerak. Bunday tubdan qarama-qarshi xossalarga ega bo'lgan muhitda turli hodisalarni tushuntirish maqsadida efirni gohida o'ziga xos bir suyuqlik, gaz, sovun ko'pigiga o'xshash modda, gohida esa ham suyuq, ham qattiq xossaga ega bo'lgan saqichsimon modda, ba'zan esa butunlay qattiq modda deb ham hisoblashdi. Nima bo'lganda ham rus olimi D.I.Mendelev (1843-1907) elementlarning davriy jadvalida efir uchun alohida bir katakni bo'sh qoldirdi.

Shunday qilib, efir to'g'risida bir-birini inkor qiluvchi turli g'oya va farazlar aytilaverdi, lekin efir XX asr boshlarigacha ilmiy kashfiyot va tajribalarda o'zining g'olibona yurishini davom

ettirdi. Nisbiylik nazariyasi yaratilib, efir tushunchasiga barham berilgan bo'lsa ham, radio va televideniya eshittirishlari "efirga" uzatiladi, degan e'lonni hech qanday munozarasiz eshitamiz va qabul qilamiz.

3. Harakatdagi jismlar optikasi

Ingliz astronomi Bradley 1728 yilda Ajdar yulduz turkumidagi γ yulduzining og'ishini o'lchay turib, yulduz vaziyatida yillik davrga ega bo'lgan ayrim o'zgarishlar yuz berayotganini sezib qoldi. Bu o'zgarish astronomik hodisadan ham ko'ra optik hodisadir, yorug'lik tezligi bilan Yerning orbital tezligi qo'shilishi natijasida yuz beradigan oberratsiya hodisasidir. Bu hodisaning son qiymati yulduzning kuzatilgan o'rni va haqiqiy o'rni tomon yo'nalishlar orasidagi burchak kattaligi bilan aniqlanadi. Yerning harakat yo'nalishi bilan yulduzdan kelayotgan nur o'zaro perpendikulyar bo'lganda, oberratsiya burchagi quyidagi sodda formula bilan topiladi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\vartheta}{c}$$

bu yerda α - Oberratsiya burchagi, ϑ - yerning orbital tezligi, c - yorug'lik tezligi. Bradley tajribada hamma yulduzlar uchun

($\alpha = 20'',5$) bir xil qiymatni topdi. Yer tezligini $\vartheta = 29,78 \frac{\text{KM}}{c}$ ekanligini

bilgan holda yorug'lik tezligini $s = 300000 \frac{\text{KM}}{c}$ topamiz.

Yulduzdan kelayotgan yorug'lik korpuskulalari teleskop ob'ektividan o'tib, uning okulyariga yetib kulguncha teleskop Yer bilan birgalikda ϑ tezlik bilan ma'lum masofaga siljiydi, natijada yulduzning haqiqiy o'rni bilan ko'rinma o'rni tomon yo'nalishlar orasida oberratsiya burchagi hosil bo'ladi. Shunday qilib, birinchi marta yorug'lik manbai yoki kuzatuvchi harakatining optik hodisaga ta'siri haqidagi masala kelib chiqdi. Qimirlamay turgan yorug'lik manbai – yulduzga nisbatan teleskop va kuzatuvchining Yer bilan birgalikdagi harakati tufayli oberratsiya hosil bo'ladi.

Boshqa yana bir masala shundan iboratki, to'xtab turgan yorug'lik manbaidan nur harakatdagi jismga tushsa, jismning sindirish ko'rsatkichi shu jismning tezligiga bog'liq bo'ladimi degan masaladir. 1810 yilda bu savolga javob topish maqsadida fransuz olimi Dominik Fransua Arago (1786-1853) yulduzdan kelayotgan nurni Yer bilan birgalikda harakat qilayotgan prizma tushirib, sindirish ko'rsatkichini o'lchadi. Sindirish ko'rsatkichida hech qanday o'zgarish kuzatilmadi, ya'ni Yerda harakatlanmay turgan manbadan tushgan nur prizma sindirish ko'rsatkichini qancha bersa, yulduzdan kelgan nur ham shuncha berdi.

Yuqorida keltirilgan ikki hodisani ham, ya'ni oberratsiya va Arago tajribasini ham korpuskulyar nazariya yordamida tushuntirish uncha qiyin bo'lmadi. To'liq nazariyasi asosida tushuntirish esa juda qiyin bo'ldi. Chunki elektromagnit to'liq, ya'ni yorug'lik butun olamni to'ldirib turgan, barcha jismlarning ichida ham, tashqarisida ham mavjud bo'lgan efirda tarqaladi, degan tushuncha qat'iy o'rnashib olgan edi. Shu sababli harakatdagi yorug'lik manbai va harakatdagi kuzatuvchining optik hodisaga ta'sirini to'liq nazariyasi asosida tushuntirish uchun, avvalo, moddiy jism bilan efirning o'zaro munosabatini, jism ichidagi efirning tashqarisidagi efirdan nima bilan farq qilishini, efir ichida harakatlanayotgan jismning ahvolini aniqlab olish kerak bo'ladi.

Harakatdagi jismlar optikasi hodisalarini to'liq nazariya asosida tushuntirish uchun 1804 yilda ingliz olimi Tomas Yung (1773-1829) efir hamma joyda, jumladan harakatlanayotgan jism ichida ham harakatsiz tinch qoladi deb faraz qildi. Shu asosda oberratsiyani tushuntirsa ham Arago tajribasini tushuntira olmadi. Fransuz olimi Ogyusten Frenel (1788-1827) efir harakatlanayotgan jismga qisman ergashadi, deb faraz qildi va oberratsiyani ham, Arago tajribasini ham tushuntirdi. Frenelning fikricha, hisoblashlarda v/c kattalikning ikkinchi $(v/c)^2$ va undan yuqori tartibli qiymatlari hisobga olinmasa, prizmaning Yer bilan birgalikdagi harakatining uning sindirish ko'rsatkichiga

ta'siri borligini sezib bo'lmaydi. Shunday qilib, Yerning harakati uning bilan birgalikda harakat qilayotgan jismlar sindirish ko'rsatgichiga ta'sir etgan bilan bu ta'sir kichik bo'lgani uchun bu ta'sirni sezmaymiz. Shu sababli ham Yer ustida o'tkazilgan har qanday optik tajriba Yerning efirga nisbatan harakatini aniqlay olmaydi. Gollandiyalik nazariyotchi fizik Xendrik Lorens (1853-1928) $\frac{v}{c}$ kattalikning ikkinchi darajasidagi aniqlikkacha bo'lgan o'lchashlarda efirga nisbatan harakat optik hodisalarga hech qanday ta'sir qilmaydi, degan umumiy xulosaga keldi.

Ingliz olimi Jorj Stoks (1819-1903) Yer harakatlenganda efirni o'zi bilan to'liq ergashtirib ketadi degan faraz asosida 1845-1846 yillarda o'beratsiya nazariyasini ishlab chiqdi. Aragoning tajribasi kutilgan natijani bermaganini ham tushuntirdi va Yer ustida o'tkazilgan har qanday optik tajribada Yerning harakat tezligini aniqlab bo'lmaydi degan xulosaga keldi. Boshqa tajribalarda ham Yerning efirga nisbatan harakat tezligini o'lchab bo'lmadi, sababi yana shu bo'ldiki, ularning hech birida o'lchash aniqligi $(v/c)^2$ darajasida bo'lmadi.

1851 yil fransuz olimi Ippolit Fizo (1819-1896) harakatlanayotgan suvda yorug'lik tezligini o'lchab, harakatlanayotgan suv efirni qisman ergashtirib ketadi degan xulosa chiqardi. Bu bilan u Frenel nazariyasini tasdiqladi. 1886 yilda amerikalik Albert Maykelson (1852-1931) va Morli Fizo tajribasiga o'xshash tajribani katta aniqlikda o'tkazib, Fizo chiqargan xulosani chiqardilar. Lekin bu tajribalar kichik o'lchamdagi muhit efirni qisman ergashtirishi mumkinligini tasdiqlasa ham Yer o'lchamidagi jismning efirni qay darajada ergashtirishi noma'lum bo'lib qolaverdi. Ingliz olimi Jeyms Maksvell (1831-1879) Arago tajribasini 1868 yilda takrorladi, ammo kutilgan natijaga erisha olmadi. Shundan so'ng Maksvell Yerdagi yorug'lik manbaidan chiquvchi yorug'lik tezligini Yerning harakat yo'nalishida va teskari yo'nalishda o'lchash ustida tajriba o'tkazish haqida o'ylaydi. Ammo buning uchun yorug'likning faqat bir yo'nalishda ma'lum masofani bosib o'tish

uchun ketgan vaqtni o'lchash kerak bo'ladi, bu o'lchashni esa tajribada bajarib bo'lmaydi. Yorug'lik tezligi o'sha paytda ma'lum bo'lgan o'lchash usullarida nurning borib kelish uchun ketgan vaqtdan foydalanib topilar edi. Shunday tajribani Maykelson interferometrda 1881 yilda o'tkazdi. Bu tajribada Yerdagi manbadan chiqqan nurning bir qismi Yer harakat yo'nalishiga tegishli masofaga borib kelsa, ikkinchi qismi Yerning harakat yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishda aynan shunday masofaga borib keladi. Tajriba tavsifi bilan tegishli adabiyotlarda tanishish mumkin. Biz bu yerda shuni ta'kidlaymizki, o'lchash aniqligi $(v/c)^2$ darajasida bo'ldi, ya'ni $(v/c)^2 \approx 10^{-8}$ nihoyatda kichik kattalik, demak, efirning Yerga ergashishi tufayli tajribada kuzatilishi kerak bo'lgan interferensiyon maksimumlarning bir-biriga nisbatan siljish kattaligi yanada kichik bo'lishi kerak. Tajriba shunday kichik siljishni ko'z atishga imkon berar edi. Olimlar o'z tajribasini 1887 yilda ham nihoyatda katta aniqlik bilan takrorladilar. Ammo hech qanday siljish kuzatilmadi, demak, Yer yuzida efirning siljishi yo'q, ya'ni efir shamoli yo'q, demak Yer efini o'zi bilan to'liq ergashtirib ketadi va Stoks gipotezasi to'g'ri.

Shunday qilib, optikada munozarali bir vaziyat vujudga keldi. Bir tomonda Frenel nazariyasi ko'pchilik tajribalarni tushuntirdi, lekin Maykelson tajribasiga to'g'ri kelmadi. Boshqa tomondan Stoks nazariyasi Maykelson tajribasini tushuntirsada, boshqa tajribalarga to'g'ri kelmadi. 1892 yilda irland fizigi Jorj Fitsjerald (1852-1901) va unga bog'liq bo'lmagan holda Lorens ham shu yili jismlarning efirga nisbatan harakati yo'nalishida o'lchamlarning qisqarishi haqidagi gipotezani ilgari surdilar. Bu gipoteza harakatsiz efir, ya'ni harakatdagi jismga ergashmaydigan efir haqidagi gipoteza bilan birgalikda Maykelson tajribasini tushuntirdi. Keyinchalik Lorens o'zining harakatdagi jismlar optikasi va elektrodinamikasi haqidagi nazariyasida bu gipotezani ishonarli qilib asoslab berdi.

Harakatdagi jismlar optikasida Doppler effekti muhim masala sifatida muhokama qilindi. 1842 yilda Avstriyalik fizik Xristian

Doppler (1803-1853) kuzatuvchi qabul qilayotgan tovush va yorug'lik to'lqinlari chastotalarining manba va kuzatuvchining harakat tezligiga bog'liqligini nazariy asoslab berdi. Tovush hodisalarida bu nazariy bashorat tezda tasdig'ini topdi. Yorug'lik hodisalari uchun bu nazariyani tajribada tekshirish munozarali kechdi. Dopplerning o'zi taklif qilgan tajriba kutilgan natijani bermadi.

1848 yilda Fizo tomonidan osmon yoritgichlarining tezligini Doppler effekti asosida topish haqidagi taklifi tezda amalga oshirildi. Ayrimlar Doppler effektini umuman tan olmadilar. Ammo tajribada va nazariy tadqiqotlarda Doppler effekti o'z tasdig'ini topdi.

1887 yilda nemis olimi Voldemar Foygt (1850-1919) Doppler effekti matematik jihatdan to'lqin tarqalayotgan muhit bilan bog'liq bo'lgan koordinata sistemasidan manba yoki kuzatuvchi bilan bog'liq bo'lgan koordinata sistemasiga o'tish koordinata almashtirishlaridan iborat deb hisoblab, maxsus nisbiylik nazariyasining ayrim ifodalarini keltirib chiqardi. Foygtning koordinata almashtirishlari Lorens koordinata almashtirishlaridan bir muncha farq qiladi, ammo har ikkisi ham rus olimi N.A.Umov (1846-1915) taklif qilgan koordinata almashtirishlarining xususiy holi sifatida keltirib chiqarilishi mumkin. Bu aytilganlardan ko'rinib turibdiki, Doppler effekti maxsus nisbiylik nazariyasining boshlang'ich nuqtalaridan bo'lib, Lorens koordinata almashtirishlari maxsus nisbiylik nazariyasining asosini tashkil etadi, rus olimi N.A.Umov birinchilardan bo'lib, nisbiylik nazariyasini tushunib yetdi va bu nazariyani ijobiy baholadi.

4. Harakatdagi jismlar elektrodinamikasi

Harakatdagi jismning elektromagnit hodisalariga ta'sirini birinchi bo'lib Maksvellning o'zi hisobga olgan. Masalan, o'zgaruvchan magnit maydonida o'tkazgich harakat qilsa, o'tkazgich ichida ikki xil ta'sir hisobidan elektr maydoni hosil

bo‘ladi. Birinchisi, tashqi magnit maydonining o‘zgarib turishidan, ikkinchisi, shu tashqi maydon ichida o‘tkazgichning harakat qilishidan. Ammo Maksvell harakatdagi jismlar elektrodinamikasi masalasini qarab chiqmagan. Demak, aytish mumkinki, harakatdagi jismlar elektrodinamikasi masalasini birinchi bo‘lib, 1890 yilda nemis fizigi Genrix Gers (1857-1897) ishlab chiqdi. Gers o‘zining tenglamalar sistemasini chiqarishda harakatdagi jism o‘z ichidagi efirni to‘liq ergashtirib ketadi, degan farazga asoslandi. Takrorlash kerakki, bu yerda elektromagnit to‘lqin efirda tarqaladi, degan fikr farazning markazida turadi. Agar hisob sistemasi harakatlanayotgan jism bilan birga harakatda bo‘lsa, u holda uning ichidagi elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari xuddi tinch holatdagi dielektrikdagi kabi o‘zgarishsiz qoladi. Agar hisob sistemasi qo‘zg‘almas bo‘lib, uning ichida jism harakat qilsa, u holda elektr va magnit maydonlari munosib ravishda faqatgina magnit va elektr maydonlarining o‘zgarishi natijasida emas, efir ichida jismning harakati vaqtida shu maydonni kesib o‘tishi tufayli ham hosil bo‘ladi. Shuning uchun maydonni ifodalovchi tenglamalar sistemasi Maksvell tenglamalar sistemasidan farq qiladi. Quyida shu tenglamalar sistemalarini solishtiramiz.

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} E &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}, & \operatorname{div} D &= 4\pi\rho \\ \operatorname{rot} H &= \frac{1}{c} \left\{ \frac{\partial D}{\partial t} + 4\pi j \right\}, & \operatorname{div} B &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Maksvell tenglamalari sistemasi

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} E &= -\frac{1}{c} \left\{ \frac{\partial B}{\partial t} + \operatorname{rot}[B, u] \right\}, & \operatorname{div} D &= 4\pi\rho \\ \operatorname{rot} H &= \frac{1}{c} \left\{ \frac{\partial D}{\partial t} + u \operatorname{div} D + \operatorname{rot}[D, u] + 4\pi j \right\}, & \operatorname{div} B &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Gers tenglamalari sistemasi

Moddiy tenglamalar har ikki sistema uchun ham bir xil o‘zgarishsiz qoladi. Biz ularni keltirmaymiz. Keltirilgan

tenglamalardagi belgilar va matematik amallar o'quvchiga ma'lum deb hisoblab, faqat Gers tenglamalaridagi bitta belgi u -harakatdagi jismning efirga nisbatan tezligi ekanligini qayd qilamiz. Maksvell tenglamalariga dielektrikning u -tezlik bilan harakati natijasida vujudga kelgan elektr va magnit maydon kuchlanganliklari qo'shib olingan. Gers tenglamalari aynan shu qo'shimcha hadlar bilan farq qiladi.

Gers harakatlanayotgan dielektrik uchun o'zi chiqargan elektromagnit maydon tenglamalarini tajriba bilan solishtirib, tekshirib ko'radi. Buning uchun 1876 yilda amerikalik fizik Genri Rouland (1848-1901) o'tkazgan, 1885 yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen (1845-1923) o'tkazgan tajribalar natijalarini o'zining formulalarida hisoblab chiqdi. Rouland zaryadlangan ebonit diskini Yerga ulangan kondensator qoplamalari orasida aylantirib magnit maydonini hosil qilgan edi. Rentgen esa elektr maydonidagi zaryadlanmagan ebonit diskni aylantirib magnit maydonini hosil qilgan edi.

Gers formulalari Rouland tajribalariga mos tushdi, Rentgen tajribasiga esa sifatiiy jihatdan mos desa bo'ladi, chunki Rentgen tajribani oxiriga yetkaza olmagan va magnit maydon kuchlanganligini miqdor jihatdan aniq hisoblab chiqmagan. Gers o'z nazariyasini yorug'lik oberratsiyasi, Fizo tajribasi, Maykelson tajribalari kabi harakatdagi jismlar optikasi hodisalari bilan solishtirib ko'rishi mumkin edi. Ammo u faqat harakatdagi jismlar elektrodinamikasi bilan cheklandi.

Harakatdagi jismlar elektrodinamikasiga Lorens boshqacha yondashdi. Uning fikricha, hamma joyda efir tinch turadi, harakatda qatnashmaydi. Efirda elektr zaryadlari harakat qiladi, bu zaryadlar vujudga keltirgan elektromagnit maydon shu efirda tarqaladi va zaryadlarning o'zlariga ta'sir qiladi. Shu mulohazalar asosida, 1895 yilda harakatdagi jismlar elektrodinamikasini ishlab chiqdi. Lorens tenglamalar sistemasida bir tenglama tinch turgan muhit uchun Maksvellning yuqorida keltirilgan tenglamalaridan farq qiladi, qolgan uch tenglama Maksvell tenglamalarini aynan takrorlaydi.

$$\text{rot}B = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \left\{ \frac{\partial P}{\partial t} + \text{rot}[P, u] + \rho u + j \right\},$$

bu yerda u -muhitning yoki jismning efirga nisbatan harakat tezligi, P -muhitning qutblanish vektori.

Lorens nazariyasining Gers nazariyasidan ustunligi shunda ediki, Lorens o'z nazariyasini harakatdagi jismlar optikasiga tadbiq etib, Maykelson tajribasidan boshqa hamma tajribalarni tushuntirib berdi. Harakat yo'nalishida o'lchamlarning qisqarishi haqidagi gipoteza bilan birgalikda Maykelson tajribasini ham tushuntirdi. Albatta, Lorens nazariyasini Rouland va Rentgen tajribalari bilan solishtirib ko'rish va shu tajribalarga o'xshash boshqa tajribalar o'tkazish ham maqsadga muvofiq kelar edi.

Bu vazifani rus fizigi A.A.Eyxenvald (1863-1944) bajardi. 1901-1904 yillarda Rouland va Rentgen tajribalarini juda katta aniqlikda takrorladi va ularga o'xshash yangi tajriba o'tkazdi. Rouland tajribasi Gers nazariyasiga ham, Lorens nazariyasiga ham mos keluvchi natija berdi. Ammo Rentgen tajribasidan va o'zi yangidan o'tkazgan tajribasidan olgan natijalari faqat Lorens nazariyasini tasdiqladi. Eyxenvald muhim xulosa chiqardi: Lorens nazariyasida aytilganidek, efir hamma joyda tinch turadi, ya'ni harakatdagi jism ichida ham, tashqarisida ham efir harakatlanmaydi.

Mexanik va elektromagnitik hodisalar o'zaro bog'liq bo'lgani holda mexanika qonunlari Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant, lekin Maksvell tenglamalari invariant emas. Nisbiylik prinsipi universal bo'lishi kerak. Shu mulohazalar asosida Lorens koordinata almashtirishlarini ishlab chiqdi, tinch holatdagi koordinata sistemasining x, y, z koordinata o'qlaridan harakatdagi jism bilan bog'liq bo'lgan koordinata sistemasining x^1, y^1, z^1 o'qlariga, muvofiq ravishda haqiqiy t vaqtdan "mahally vaqt" t^1 ga, E va B elektr va magnit maydon kuchlanganliklaridan E^1 va B^1 ga o'tish formulalarini ishlab chiqdi. Bu koordinata almashtirishlarda $(v/c)^2$ darajasidagi aniqlik bilan Maksvell tenglamalarining invariantligi isbotlandi. O'zi yaratgan bu

almashtirishlar doirasida harakatdagi jismda tarqalayotgan yorug'lik tezligini topdi.

Lorens efirning qo'zg'olmasligiga yana bir tasdiq sifatida ingliz olimi Oliver Loj (1851-1940) tajribasini keltiradi. 1891 yilda Loj parallel disklar orasidan qarama-qarshi yunalgan ikki nur interferensiyasini kuzatib, disklar harakatlanganda efirga o'z tezligining 0,005 qismini ham uzatmaganini tasdiqladi, ya'ni efir harakatdagi diskarga hech ham ergashmaydi. O'z tajribasi bilan efir nazariyasining asossiz ekanligini isbotladi.

1900 yilda ingliz fizigi Jozef Larmor (1857-1942) harakatdagi jismlar elektodinamikasida yangi sahifa ochdi. Larmor ham efirni harakatsiz deb hisoblab, Maykelson tajribasini tushuntirishda o'lchamlarning qisqarishi gipotezasini qo'lladi va koordinata, vaqt va maydon kuchlanganliklari almashtirishlarini efir uchun qo'llab, bu qisqarishni isbot qildi. Avval Lorens kabi almashtirishlarni bajarib, Maksvell tenglamalarining invariantligini $(v/c)^2$ darajasidagi aniqlik bilan isbot qildi. So'ngra koordinata, vaqt va maydonning ikkinchi marta almashtirishlarini qo'llab, Maksvell tenglamalarining to'liq invariantligini isbot qildi. Larmor nazariyasiga ko'ra, makrojism zaryadlar sistemasidan iborat bo'lib, efirga nisbatan harakatda qatnashsa, uning mustahkamligi avvalgidek saqlansa ham, uni tashkil qilgan zaryadlar orasidagi masofa $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ marta qisqaradi.

Bu yerda $\beta = \frac{v}{c}$.

1902 yilda Reley, 1903 yilda Trouton va Nobel, 1904 yilda Vres va boshqalar turli fizikaviy tajribalarda Yerning efirga nisbatan harakatini aniqlash ustida tajribalar o'tkazdi. Ularda aniqlik darajasi $(v/c)^2$ bo'lsa ham, Maykelson tajribasidagi kabi kutilgan natijaga erishilmagan. Bu tajribalar Lorensni harakatdagi jismlar elektodinamikasini qayta ishlab chiqishga undadi. Yangi tadqiqot asosida o'lchamlarning qisqarishi haqidagi gipotezaning yangi varianti yotar edi. Bu gipotezada efirda harakatlanayotgan

barcha zarralar o'lchami $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ marta kamayadi, zarralar o'rtasidagi o'zaro ta'sir ϑ kuchi ham shunga muvofiq o'zgaradi. Bu ishdan chiqarilgan asosiy xulosa shundan iborat bo'ldiki, harakatlanayotgan jism ichida o'tkazilgan har qanday optikaviy yoki elektromagnit tajribalar $\frac{v}{c}$ bo'lsin, $(\vartheta/c)^2$ bo'lgan darajadagi aniqlik bilan o'tkazilganda ham jismning efirga nisbatan harakat holatini aniqlay olmaydi. Bu yerda ham u koordinata, vaqt, maydon va boshqa o'zgaruvchilarning almashtirish formulalarini qidirdi, ularning invariantlarini topmoqchi bo'ldi. Lekin masalani oxirigacha yecha olmadi, ayrim tenglama va kattaliklarning invariantligini aniqlay olmadi. Lekin nima bo'lganda ham, Lorens almashtirish formulalari yordamida jismning efirga nisbatan harakatini aniqlaydigan hech qanday tajriba yo'q ekanligini isbot qildi, aytish mumkinki, amaliy nisbiylik prinsipini yaratgan edi.

Fransuz matematigi va fizigi Anri Puankare (1854-1912) Lorens nazariyasini matematik jihatdan qat'iy tartibga tushirdi. U 1905 yilda nisbiylik prinsipidan kelib chiqib, elektromagnit nazariya tenglamalarining, ya'ni Maksvell tenglamalarining Lorens almashtirishlar sistemasiga nisbatan to'liq invariant ekanligini isbot qildi. 1900 yildayoq Maykelson tajribasining salbiy natijasini tabiat umumiy qonunining ifodasi deb atadi. 1904 yilda yangi nisbiylik prinsipini fizikaning asosiy prinsiplaridan biri, Yerning absolyut harakatini topish mumkinmasligini tabiatning umumiy qonuni deb atadi. 1906 yilda Puankare matematik usul sifatida to'rt o'lchamli fazo tushunchasini kiritdi, bunda uchta koordinata o'qlari uch o'lchamni, vaqt esa fazoning to'rtinchi o'lchamini tashkil etishini ta'kidladi. Bunda Lorens almashtirishlari koordinata o'qlarining burilishi kabi tasavvur qilinadi. Gravitatsiya kuchlarining tarqalish tezligi chekli bo'lib, bu tezlik yorug'lik tezligiga tengligi nisbiylik prinsipidan kelib chiqadi, degan xulosa chiqaradi. O'zining bu ishlari bilan Puankare nisbiylik nazariyasiga kelib qo'ygan edi, matematik usullari jihatidan u hatto nisbiylik nazariyasi ijodkori Eynshteyndan ham ilgarilab ketgan edi. Ammo klassik

tasavvurlardan kecha olmaganini, ko'p jihatdan efir to'g'risidagi eski tasavvurlarga suyanligi tufayli Puankare nazariyasi nisbiylik nazariyasiga aylana olmadi, harakatdagi jismlar elektrodinamikasi nazariyasigicha qolib ketdi. Puankare vaqtni o'lchash, hodisalarning bir vaqtlilik tushunchalarini muhokama qilishlari jihatidan nisbiylik nazariyasiga yaqin kelib qolgan edi, ammo bu tushunchalarni oxirigacha aniqlab berolmadi, haqiqiy va mahalliy vaqtni bir-biridan farq qildi, absolyut harakat tushunchasini qo'llash mumkinligini, bu harakatni qo'zg'almas efirga nisbatan harakat deb hisoblash mumkinligini tan olish va boshqa qarashlar bilan klassik tushunchalardan xalos bo'la olmadi. Eynshteynning nisbiylik nazariyasi matematik jihatdan Lorens-Puankare natijalariga olib kelgan bo'lsa ham, klassik-fizikaviy qarashlardan butunlay xalos bo'lgan edi.

5. Fazo va vaqt haqidagi tasavvurlarning rivojlanishi

Fazo va vaqt falsafaning asosiy kategoriyalari, ya'ni tushunchalaridan bo'lib, turli ensiklopediyalarda materiya mavjudligining asosiy shaklidir deb ta'riflanadi. Fizika va matematikaning rivojlanishi bilan fazo va vaqt haqidagi tasavvur rivojlanib, chuqurlashib va takomillashib boradi. Bu rivojlanishda astronomiya va kosmologiya fanlari ham muhim o'rin tutadi.

Matematik jihatdan fazo turli shakl va qurilmalarni amalga oshiradigan, fizik jihatdan turli hodisalar yuz beradigan makon desak ko'p xato bo'lmaydi. Falsafada fazo va vaqtni makon va zamon ham deb atalishi shundan bo'lsa ajab emas. Makon tushunchasi biz yashab turgan uy, muhit yoki atrof-muhit, borliqqa to'g'ri keladi, bu esa o'quvchiga ko'proq tushunarli bo'ladi. Biz barcha narsa va hodisalar mavjud bo'lgan muhit, makon yoki borliqni fazo deb atasak, fazoning hozirgi zamon tushunchasiga yanada yaqinlashamiz.

Butun borliq atom va bo'sh fazodan tashkil topgan deb, qadimgi yunon faylasufi Demokrit (460-370 y) fazo bu bo'shliqdan iborat degan edi. Oradan 20 asrdan ko'proq vaqt o'tib,

buyuk Nyuton bu qarashlarni muhokama qildi va o'z asarlarida rivojlantirdi. Qadimgi yunon faylasufi Aristotel (384-322 y) har bir narsa materiya bilan shaklning birligidan iborat deb, fazo va vaqt haqidagi tasavvurlar rivojlanishining boshqa yo'nalishini boshlab beradi. Uning bu qarashlarini nemis faylasufi Vilgelm Gotfrid Leybnits (1646-1716) rivojlantirib fazo, vaqt, materiya va harakatning nisbiyligini ta'kidlab, ularning mustaqil mavjud bo'la olmasligini, o'zaro uzviy bog'liqligini uqtirdi, ya'ni materiya fazo va vaqtda mavjuddir, materiya fazo va vaqtdan tashqarida mavjud bo'la olmaydi. Boshqa tomondan fazo va vaqt moddiy narsalar va hodisalar bilan bir qatorda mavjud bo'la olmaydi. Makrojism, mikrozaralar va maydonlar mustaqil mavjud bo'la oladigan real moddiy ob'ektlar, ya'ni substansiyalar bo'lib, bizning sezgi organlarimizga ta'sir etadi va bizda his-tuyg'u uyg'otadi. Moddiy ob'ektlarda yuz berayotgan jarayonlar fizik hodisalar deb ataladi va ular ham real mavjuddir. Ob'ektlar va hodisalar orasida turli munosabatlar bo'ladi. Mana shu munosabatlarni Leybnits fazo va vaqt sifatida tasavvur qiladi. Masalan, har bir jismning o'lchami, shakli bo'ladi, yoki har bir hodisa ma'lum bir vaqt oralig'ida yuz beradi, bir hodisa boshqa hodisadan oldin, keyin yoki bir vaqtda yuz berishi mumkin. Shunday qilib, narsa va hodisalarning o'lchami, shakli va ketma-ketligidan fazo va vaqtning mavjudligini his qilamiz. Fazo va vaqt moddiy olam, ya'ni materiya orqali namoyon bo'ladi. Shuning uchun moddiy ob'ektlarni substansiya, fazo, vaqtni narsa va hodisalardan ajralmas munosabatlar, deb hisobladi faylasuf. Munosabatlar moddiy narsalar va hodisalardan ajralmasdir.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, fazo - bu jismlar va ularning nisbiy kattaliklarining bir-biriga nisbatan o'zaro joylashishlarining munosabatidir. Vaqt esa hodisalarning bir-biridan keyin kelish va ularning davomiyligi munosabatidir. Olimning bu qarashlari fazo va vaqt haqidagi hozirgi zamon qarashlariga yaqin keladi.

Ammo bu qarashlar XX asrgacha Nyutonning buyuk obro'yi soyasida qolib ketdi. Nyutonning fikricha, fazo mutlaq, mohiyati jihatidan hech nimaga bog'liq bo'lmagan, tashqi ko'rinish

jihatidan yagona va harakatsiz bo'shliqdan iborat, fazoning bo'laklari ham o'z tartibini o'zgartirmaydi. Mutlaq fazoda harakat ham mutlaqdir. Nyutonning mexanikaviy fazosi Evklid geometriyasiga suyanar edi. Chunki Nyuton qadimgi yunon matematigi Evklid (m.a. IV-III asr) geometriyasining mutlaqligiga ishonar edi. Nyutonning fikricha, vaqt ham mutlaq hech narsaga bog'liq bo'lmagan va bir tekisda oqib turuvchi davomiylikdir. Demak, vaqt fazoga, materiyaga, harakatga bog'liq bo'lmagan absolyut haqiqatdir. Bu qanday haqiqat ekanligi hozirgacha ham aniq emas, desak, xato bo'lmaydi. Aristotel ham o'z zamonida bizni o'rab turgan tabiatdagi noaniq narsalar orasida eng noaniq'i vaqtdir, chunki vaqtning o'zi nimaligini va uni qanday boshqarishi kerakligini hech kim bilmaydi, deb aytgan.

Fazo va vaqt haqida buyuk faylasuflar Leybnits, Berkli, Yum, Kant, Gegel, Max, Marks, Engels va boshqalarning fikr-mulohazalari, ular orasidagi munozaralarga to'xtalmaymiz. Shunday ham tasavvurimizga sig'may turgan bu munozarali tushunchalarni yanada chalkashtirib yubormasligimiz kerak. Hozirgi zamonning eng sodda o'quvchisi uchun fazo va vaqt bo'laklari haqida Nyuton aytgan fikr juda ma'qul kelar edi: fazo va vaqtning bo'laklari o'z joyidan qo'zg'alsa edi, ular o'z-o'zidan harakat qilgan bo'lar edi, zero fazo va vaqt o'z-o'zi uchun va butun borliq uchun omborxona kabi bo'sh joydir. Shu fikrga qo'shilsak, Nyutonga ergashib fazo, vaqt, harakat bir-biriga bog'liq emas, ular absolyutdir - mutlaqdir der edik, materiya shu bo'shliqda turadi, harakat qiladi, der edik. Absolyut fazo va vaqtda Quyosh, Yer va boshqa planetalar absolyut harakatda bo'ladilar. Ammo amalda Nyuton jismlar harakatini boshqa jismga nisbatan, masalan, Yerga yoki Quyoshga nisbatan oladi. Biz absolyut fazo va vaqtni, absolyut harakatni yaxshi tasavvur qilmasak ham, harakatning nisbiyligini yaxshi tasavvur qilamiz.

Falsafa va fizikaviy ilmiy adabiyotlarda fazo va vaqt alohida-alohida quyidagicha ta'riflanadi: fazo narsa va hodisalarning bir vaqtda, bir joyda mavjud bo'lish tartibini ifodalaydi. Vaqt esa hodisalarning ketma-ketlik tartibini ifodalaydi. Fazoda biror

narsaning sanoq boshi deb qabul qilingan narsaga nisbatan holati koordinata o'qlari belgilanadi. Demak fazo uch o'lchamlidir. Vaqt esa bir o'lchamga ega. Vaqtni ikki ma'noda ishlatamiz: biri kerakli paytni (ertalabki, kechki, tungi va hokazo), ikkinchisi, vaqt oralig'ini (ertalabdan kechgacha yoki ertalabgacha, tonggacha va hokazo). Absolyut vaqt haqida hech nima bilmaymiz. Ammo nisbiy vaqtni Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi, Quyosh atrofidagi harakati yoki Oyning Yer atrofidagi aylanishi bilan bog'laymiz.

Fiziklar XX asrgacha fazoning bo'shliq ekanligini tan olmasa fazo va vaqtga nisbatan Nyuton qarashlaridan foydalanib keldilar. Fizikaviy fazo xossalari Evklid fazosi xossalari bilan aynan bir xil, ya'ni Evklid geometriyasi bilan ifodalanadi, deb hisobladilar. Noevklidcha geometriyaning kashf etilishi esa fazo xossalari haqidagi masalani qayta ko'rib chiqishni talab qildi.

Ma'lumki, Evklid geometriyasi elementar geometriya darsligining asosini tashkil etadi. Darslikka Evklid geometriyasi qariyb o'zgarishsiz kiritilgan. Ammo Evklidning parallel to'g'ri chiziqlar haqidagi beshinchi postulati yigirma asr davomida buyuk matematiklar fikrini band qilib keldi. Beshinchi postulat quyidagicha o'qiladi: bir to'g'ri chiziqning ikki to'g'ri chiziqni kesib o'tishidan hosil bo'lgan ichki burchaklar yig'indisi ikki to'g'ri burchakdan kichik bo'lsa, bu ikki to'g'ri chiziqlar shu tomonda bir-biri bilan kesishadi. Bu postulat orqali geometriyaga "cheksizlik" kirib keldi, cheksizlik uzoqdami yoki yaqindami, to'g'ri chiziqlar qayerda kesishadi va hokazo savollarga javob axtarishlar natija bermadi. Eng ulug' matematiklarning yigirma asrlik urinishlari bekor ketdi. Baxtli tasodifni qarangki, bir necha yil oraliq farq bilan uch buyuk matematiklar: nemis matematigi Karl Gauss (1777-1855) 1818 yilda, Venger matematigi Yanosh Bolyay (1802-1860), 1823 yilda va rus matematigi N.I.Lobachevskiy (1792-1856) 1826 yilda noevklidcha geometriya bo'lishi mumkinligini aytdilar va keyingi qator yillar ichida noevklidcha geometriyani yaratdilar. Bu ulug' insonlar haqida turli yillarda aytilgan ijobiy fikr va maqtovlarni

keltirmaymiz, ammo qayd qilish kerakki, ular bir-biridan bexabar holda, mustaqil ravishda yangi geometriya asoslarini ishlab chiqdilar. Beshinchi postulatni isbot qilishga urinish befoyda ekanligini birinchi bo‘lib Gauss tushundi va har xil sirtlar uchun bu postulat har xil mazmunga ega bo‘lishi mumkin degan fikrga keldi. Parallellik haqidagi postulat bajarilmasa, Evklid geometriyasidagi boshqa qoidalar ham bajarilmaydi. Masalan, yozuv stolimiz ustida uchburchak chizsak, uning ichki burchaklari yig‘indisi 180^0 ga yoki aylana uzunligining diametriga nisbati $\pi = 3,14...$ ga teng bo‘ladi. Agar bu uchburchakni Yer shari sirtiga ko‘chirsak, uchburchakning ichki burchaklari yig‘indisi 180^0 dan katta, $\pi = 3,14$ bo‘lmay qoladi. Bir tasavvur qilaylik, Yer ekvatorini uning ikki meridiani kesib o‘tganda har ikki kesishish nuqtasi atrofida 90^0 li burchaklar hosil bo‘ladi, bu yerda uchburchakning asosidagi ichki burchak yig‘indisi 180^0 bo‘ladi, kesishish nuqtalari orasida turib bu ikki meridian o‘zaro parallel deb ayta olamiz. Ammo ular qutblarga borib kesishadi va uchburchakning uchidagi uchinchi burchagini hosil qiladi, bu burchak kattaligini qo‘shsak uchburchakning ichki burchaklari yig‘indisi 180^0 dan oshib ketadi. Shu xilda muhokama yuritsak, $\pi = 2$ bo‘lishi mumkinligini ham isbot qilish mumkin. Yoki yozuv stolimizda vektorlarni bir-biriga parallel ko‘chira olamiz, ammo Yer sirtida ularni parallel ko‘chirganda bir-biridan yo‘nalishi va hatto kattaligi jihatidan ham tubdan farq qiladigan vektorlarga ega bo‘lamiz. Ularning farqi Yer sirti egrilik darajasining tekis sirtdan farq qilish darajasi bilan aniqlanadi. Bu aytilganlarni butun olam kengliklariga ko‘chirsak, masala yanada chigallashadi. Shundan so‘ng parallellar haqidagi postulatning ikki ming yil davomida olimlar boshini qotirganini tushunganday bo‘lamiz.

Ikki ming yillik urinishlar bekor ketdi, deyish ham uncha to‘g‘ri bo‘lmas, albatta. Bu urinishlar parallel to‘g‘ri chiziqlar nazariyasini qayta ko‘rib chiqish zarurligini tasdiqladi va oqibatda noevklidcha geometriyaning yaratilishiga olib keldi. Noevklidcha geometriyaning yaratilishida Sharq olimlari ham munosib hissa qo‘shganlar. Bu olimlar orasida vatandoshimiz Shamsiddin

Samarqandiy, asli eronlik bo'lsa ham, Buxoro va Samarqandda ko'p yillar yashab ijod qilgan Sharqning sevimli shoiri Umar Xayyomlar borligini mamnuniyat bilan qayd qilamiz. Al-Xaysam uchta burchagi to'g'ri va bir burchagi o'tkir yoki o'tmas bo'lgan to'rtburchakni, Umar Xayyom va Nasriddin at-Tusiylar ikki tomoni o'zaro teng bo'lib, asosiga perpendikulyar va ikki burchagi o'tkir yoki o'tmas bo'lgan to'rtburchakni tahlil qilib, beshinchi postulatni isbot qilishga urinishdi, parallel chiziqlar nazariyasining rivojlanishi va noevklidcha geometriyaning yaratilishida katta xizmat qilishdi. Ularning asarlari tarjimasidan ovrupolik olimlar ko'p asrlar davomida foydalandilar.

Noevklidcha geometriya asoschisi N.I.Lobachevskiy deb ko'p o'qiganmiz, eshitganmiz. Maqola va asarlarning chop etilishi, matematik jamiyatlarda qilingan ma'ruzalar muddatini xronologik tarzda joylashtirilsa, o'zimiz ham shu fikrga qo'shilamiz. Chunki Gauss noevklidcha geometriya bo'yicha o'z asarlarini matbuotda e'lon qilmagan. Y.Bolyayning yagona ishi, uning otasining kitobiga qo'shimcha tarzda 1832 yilda bosilib chiqqan. Qozon universitetining professori N.I.Lobachevskiy fizika-matematika fakultetining kengashida 1826 yilda noevklidcha geometriyaning kashfiyoti haqida ma'ruza o'qigan. 1829 yilda Qozon universiteti jurnali «Казанский вестник» da «О началах геометрии» degan maqolasini chop etgan va umrining oxirigacha bu masala ustida ishlagan. Gaussning bu sohadagi maqolasi uchalasining ham vafotidan keyin, 1860 yilda chop etilib, Lobachevskiy ishlarini “Ustalik bilan sof geometrik ruhda” yozilgan deb maqtagan va “Men yosh geometr fon Bolyayni birinchi kattalikdagi daho deb hisoblayman”, deb yozgan edi.

Endi fazo va vaqt haqidagi suhbatimizga qaytsak, Lobachevskiy fazosining Evklid fazosidan qanchalik farq qilishini tushunganday bo'lamiz. Muhimi, Lobachevskiy bo'sh fazo haqida so'z yuritgan emas: fazo xossalari materiyaning xossalari va uning harakati bilan belgilanadi, deb yozgan ulug' olim. Tabiatda biz faqat harakatni o'rganamiz, geometriyani bizning aqlimiz harakat

xossalardan olib sun'iy ravishda ishlab chiqqan, shu sababli fazo o'z-o'zicha, alohida mavjud bo'la olmaydi. Geometriyaga kelsak, Evklid geometriyasimi yoki Lobachevskiy geometriyasimi, qaysi haqligini tajriba hal qiladi, deb aytgan.

Noevklidcha geometriyaning yaratilishi geometriya va tajriba hamda geometrik qonunlar bilan tabiat qonunlarining o'zaro bog'liqlik muammosini va fazoning xossalari haqidagi masalani o'rta qo'ydi. Shu sababli nemis matematigi Gaussning shogirdi Berngrad Riman (1826-1866) Gauss tomonidan yaratilgan sirt geometriyasini 1854 yilda uch o'lchamli fazo uchun umumlashtirdi. Uning fikricha, fazoning xossalari moddiy jismlar va ular ichida yuz berayotgan jarayonlar bilan bog'liqdir. U fazoning cheksizligi haqidagi gipotezani kiritdi: nul egrilikka ega bo'lsa, fazo yassi bo'lib, cheksiz Evklid fazosiga, musbat egrilikka ega bo'lsa chegaralanmagan sferik, ammo chekli Riman fazosiga, salbiy egrilikka ega bo'lsa, Lobachevskiyning psevdosferik fazosiga ega bo'lamiz. Yassi sirt yuqorida aytganimizdek, uchburchaklarning ichki burchaklar yig'indisi 180^0 ga teng, sferik sirt 180^0 dan katta, psevdosferik sirt uchun 180^0 dan kichik bo'ladi. Italiyalik matematik Beltram Lobachevskiy planometriyasini Evklid fazosidagi doimiy salbiy egrilikka ega bo'lgan sirtning geometriyasi sifatida qarash kerak, deb hisoblagan. Bu fikr XIX asrning 50 yillarida Lobachevskiy geometriyasiga qiziqishni kuchaytirdi. Lobachevskiy geometriyasi mexanika qonunlariga mos tushganligi noevklidcha fazoda mexanika yaratilishi mumkinligini ko'rsatdi. Bu yangi-yangi fizikaviy g'oyalarning tug'ilishiga sabab bo'ldi. Masalan, XIX asr 70-yillarida angliyalik matematik Klifford fazoning ayrim bo'laklari noevklidcha geometriyaga bo'ysinadi deb, materiyaning maydon nazariyasiga o'xshash nazariya yaratdi, unda moddiy zarracha fazoning kuchli egrilangan sohasi sifatida namoyon bo'ladi. Kliffordning fikricha, fizikada fazo egriligining o'zgarishidan boshqa hech qanday hodisa yo'qdir. Bu fikrdan kelib chiqib, ayrim olimlar Kliffordni Eynshteynning o'tmish fikrdoshi ham deb ataganlar.

XIX asrning ikkinchi yarmidan boshlab, noevklidcha geometriya yaratilgandan keyin, ko'pchilik olimlar Nyutonning mutlaq fazodagi mutlaq hisob sistemasiga nisbatan yuz beradigan mutlaq harakat haqidagi g'oyasini muhokama qildilar. Ular orasida nemis matematigi K.Neyman, V.Tomson, L.Lange, Yernst Max (1838-1916) va boshqalar bor edi. Ayniqsa, Max absolyut - mutlaq fazo va mutlaq vaqt, absolyut - mutlaq harakat tushunchalarini rad etdi va harakatni faqat boshqa jismga nisbatan sodir bo'lishini tan oldi va shu asosda yangi mexanika yaratishga harakat qildi. Harakat holatini belgilovchi har qanday kattalik, jumladan, tezlanish ham nisbiydir. Maxning ilmiy-falsafiy g'oyalari oqibatda nisbiylik nazariyasi yaratilishiga xizmat qildi.

Lorens tomonidan elektron nazariyasi yaratilishi va materiyaning elektromagnit tabiati haqidagi gipoteza tufayli Nyutonning absolyut (mutlaq) fazo, absolyut (mutlaq) harakat va absolyut (mutlaq) hisob sistemi haqidagi g'oyasi yangi ma'no kasb etdi. Lorensning nazariyasida butun olam qo'zg'almas efir bilan band bo'lib, efir absolyut hisob sistemi vazifasini bajarishi mumkin, unga nisbatan absolyut harakatni o'rgansa bo'ladi degan yangi takliflar bo'ldi. Aynan shu taklif tufayli Maykelson tajribasida efirga nisbatan Yerning absolyut harakatini aniqlash mumkin, degan umid bor edi. Yuqorida ko'rganimizdek, bu umidlar puchga chiqdi. Shu tasavvurlar asosida yaratilgan Puankare nazariyasi ham nisbiylik nazariyasining matematik ifodasi bo'lgani bilan eski klassik tushunchalarga asoslangan edi. Bu to'g'rida yuqorida to'liq tushuncha bergan edik. Lorens, Puankare va boshqalar yaratib qo'ygan nisbiylik nazariyasini buyuk A.Eynshteyn butunlay yangi nuqtai nazardan ishlab chiqdi, deb aytaversak bo'ladi. Bu to'g'rida quyida alohida to'xtalamiz.

6. Maxsus nisbiylik nazariyasining yaratilishi

Elektrodinamikada XIX asr oxirida munozarali vaziyat yuzaga keldi. Bu uchta bir-biriga aloqador bo'lgan muammolar bilan bog'liq edi: birinchisi, efirning tuzilishi haqidagi muammo,

ikkinchisi, harakatdagi jismlarda efirning ahvoli masalasi va uchinchisi, nisbiylik prinsipini elektromagnit hodisalarga qo'llash haqidagi masala edi. Galiley almashtirishlariga nisbatan mexanika qonunlari invariant bo'lgani holda elektrodinamika qonunlari invariant emas. Aslida mexanik va elektromagnit hodisalar o'zaro bog'liq bo'lganidan, mantiqan, nisbiylik prinsipini har ikkisi uchun birdek qo'llanishini kutish mumkin edi. Umuman olganda, barcha fizik hodisalar uchun nisbiylik prinsipi universal ahamiyat kasb etishi kerak edi.

To'g'ri, yuqorida ko'rganimizdek, Larmor, Lorens yangi koordinata almashtirishlarni qo'llab, Puankare ham Lorens almashtirishlaridan foydalanib, Maksvell tenglamalarining invariantligiga erishdilar. Ammo ularning nazariyalari hali nisbiylik nazariyasi emas edi, harakatdagi jismlarda elektrodinamik hodisalar nazariyasi edi. Ayniqsa, Puankare nisbiylik nazariyasiga boshqalarga nisbatan juda yaqin kelgan bo'lsa ham, fazoning turli nuqtalarida yuz berayotgan hodisalarning birvaqtlilik tushunchasini hal eta olmadi, haqiqiy va mahalliy vaqt tushunchalaridan foydalandi, harakatsiz efirga nisbatan absolyut harakatni o'rganish mumkin deb hisobladi. Qisqasi, efir, fazo va vaqt haqidagi klassik tushunchalardan qutila olmadi.

Ammo, bu qadar murakkab muammolarni hal etish uchun o'zigacha bo'lgan barcha ilmiy tadqiqotlar natijalarini to'plab tahlil qilaoladigan, o'ziga xos tafakkur egasi bo'lgan, favqulodda buyuk donishmand va jasoratli olim kerak edi. O'zining mo'tabar hamkasblaridan boshqacha, odatdan tashqari fikr yuritadigan shunday iqtidorli olim dunyoga keldi. Bu olim buyuk nemis nazariyotchisi Albert Eynshteyn (1879-1955) edi.

Eynshteynning fikricha, necha asrlar turli tajriba va nazariyalardan tushmay kelayotgan efirdan voz kechish kerak, chunki o'tkazilgan barcha tajribalarda efir borligi tasdiqlanmadi. Shunda efirning tuzilishi va harakatdagi jismlardagi ahvoli haqidagi savollar o'z-o'zidan barham topadi. Elektromagnit to'lqinni mustaqil ob'ekt deb hisoblaymiz, uning tarqalishi uchun hech qanday efirga o'xshash muhit kerak bo'lmaydi. Olimning

fikricha, elektromagnit induksiya hodisasi magnit bilan o'tkazgichning nisbiy harakatiga bog'liq bo'lib, elektromagnit hodisalarga nisbatan barcha inersial koordinata sistemalari teng huquqlidir, ya'ni nisbiylik prinsipi universal bo'lib, elektromagnit hodisalariga ham qo'llash mumkin. Maksvell tenglamalari o'zgarishsiz qoladi, bir inersial hisob sistemasidan boshqasiga o'tishda Galiley almashtirishlaridan emas, Lorens almashtirishlaridan foydalanish kerak. Lorens almashtirishlarini qanoatlantirishi uchun mexanika tenglamalarini yangisi bilan almashtirish kerak bo'ladi.

Tabiatning hamma qonunlarining invariantligi bilan birga, ya'ni nisbiylik prinsipi bilan birga yorug'lik tezligining ham barcha inersial hisob sistemalarida invariantligi Eynshteynga aniq sezildi. Bu yorug'lik tezligi barcha inersial hisob sistemalarida o'zgarishsiz qoladi, shu bilan birga qarama-qarshi yo'nalishda ham yorug'lik tezligi doimiy qoladi degani edi, ya'ni yorug'lik tezligi manbaning tezligiga bog'liq emas.

1905 yilda "Annalen der fizik" nomli nemis jurnalida hali hech kimga tanish bo'lmagan, Berndagi patent byurosining eksperti, 26 yoshli Albert Eynshteynning "Harakatdagi jismlar elektrodinamikasi" degan maqolasi bosilib chiqdi. Bir qarashda bu maqola harakatdagi jismlar optikasi va elektrodinamikasiga doir shunchaki odatdagi maqola edi. Aslida esa bu fazo va vaqt haqidagi eski tushunchalar butunlay o'zgarishiga sabab bo'lgan, fizikaviy dunyoga butunlay boshqacha ko'z bilan qarashga undovchi, fizikada butunlay yangi bir davrni boshlab bergan tarixiy maqola bo'ldi. Unda nisbiylik nazariyasining asoslari bayon qilingan edi.

Nisbiylik nazariyasiga ikkita prinsip asos qilib olindi: birinchisi, nisbiylik prinsipi–fizik sistemalar holatining o'zgarish qonunlari bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikki koordinata sistemalarida, ya'ni inersial hisob sistemalarida o'zgarishsiz qoladi, ya'ni invariantdir (jism holatining yoki fizik sistemalar holatining o'zgarishi koordinata sistemalarining qaysi birida yuz berayotganiga bog'liq bo'lmagan

holda); ikkinchisi, yorug'lik tezligining doimiylik prinsipi, ya'ni yorug'lik manbai tinch turibdimi yoki harakatdami, bundan qat'iy nazar, yorug'lik nuri tinch turgan koordinata sistemasiga nisbatan ma'lum bir doimiy tezlikda harakatlanadi.

Bu ikki prinsipni klassik nisbiylik prinsipiga ko'ra bir-biriga sira qo'shib bo'lmaydi. Chunki, tezliklarni qo'shish klassik fizika qonuniga asosan, bir inersial hisob sistemasida yorug'lik c tezlikda tarqalsa, bu sistemaga nisbatan ϑ tezlik bilan harakat qilayotgan ikkinchi inersial hisob sistemasida yorug'lik tezligi $c \pm \vartheta$ bo'lib qoladi. Ya'ni, yorug'lik tezligining doimiylik prinsipi bajarilmaydi. Ammo Eynshteyn bir vaqtlilik tushunchasining nisbiy xarakterga egaligidan foydalanib, bu nomuvofiqlikni ijobiy hal qildi. Bundan tashqari fazo va vaqt tushunchalarini qayta ko'rib chiqish kerak, degan xulosaga keldi.

Nyutonning mutlaq vaqt haqidagi fikriga asosan fazoning hamma nuqtasida hodisalar bir vaqtda sodir bo'ladi. Ammo Eynshteyn bu tushunchadan voz kechdi va o'zining bir vaqtlilik prinsipini ishlab chiqdi. Bir vaqtlilik prinsipining mohiyati va uning nisbiyligi bilan B.Spasskiyning "Fizika tarixi" kitobida tanishish mumkin. Olim yorug'likning tezligi turli yo'nalishlarda doimiy qolishidan foydalandi va tinch turgan hisob sistemasiga nisbatan fazoning istalgan nuqtasidagi hodisalar bir vaqtda yuz beradi, ammo yorug'lik tezligi chekli qiymatga ega bo'lganidan bir vaqtlilik nisbiy xarakterga ega degan xulosaga keldi. Ya'ni tinch turgan sanoq sistemasiga nisbatan fazoning ikki nuqtasida bir vaqtda yuz bergan hodisalar shu hisob sistemasiga nisbatan harakat qilayotgan boshqa hisob sistemasiga nisbatan turli vaqtda yuz beradi. Boshqacha aytsak, to'xtab turgan kuzatuvchi uchun fazoning ikki nuqtasida hodisalar bir vaqtda yuz berayotgan bo'lsa, shu kuzatuvchiga nisbatan harakatda bo'lgan ikkinchi kuzatuvchi uchun bu hodisalar turli vaqtlarda sodir bo'ladi.

Shu aytilganlardan boshlang'ich xulosani chiqarsak bo'ladi, ya'ni fazo va vaqt materiya mavjudligining yagona shakliga, fazo-

vaqt tushunchasiga aylanib borayapti. Bu xulosamiz keyingi muhokamalarda yanada chuqurlashib boraveradi.

Bir vaqtlilikning Eynshteyncha yangi tushunchasi, bir vaqtlilikning nisbiyligi jismlar o'lchamining nisbiylik tushunchasiga olib keldi, ya'ni bir-biriga nisbatan turli tezlikda harakat qilayotgan kuzatuvchilar uchun jism uzunligi turlicha bo'lib chiqadi. Shunday qilib, nisbiylik prinsipi, yorug'lik tezligining doimiyligi, fazoning bir jinsli va izotropligi haqidagi farazlar asosida ilgari Larmor, Lorens, Puankarelar chiqargan koordinata va vaqt almashtirish formulalarini keltirib chiqardi. Lekin Eynshteyn formulalari mohiyat jihatidan butunlay boshqa formulalar edi. Masalan, Lorens nazariyasi harakatdagi jism o'lchamining efirdagi tinch holatiga nisbatan qisqarishini va shartli ravishda mahalliy vaqtni hisobga olsa, Eynshteyn nazariyasida jismning haqiqiy uzunligi uning tezligiga qarab o'zgaradi, hodisalarning davomiylilik vaqt oralig'i turli tezlikda harakat qilayotgan soatlarda o'lchansa, turlicha chiqadi. Shunday qilib, Eynshteyn nazariyasida jism o'lchami, vaqt oralig'i (intervali) jismning harakat tezligi va o'lchov asboblarning tezligiga bog'liq holda nisbiy xarakterga ega bo'lib qolmoqda.

Aniq qilib aytadigan bo'lsak, sistemaning harakat tezligi oshgan sari bu sistemada vaqtning o'tishi sekinlashadi, jismning harakat yo'nalishidagi uzunligi qisqaradi. Shu sababli bir vaqtlilikning nisbiyligi namoyon bo'ladi, ya'ni fazoning ikki nuqtasidagi hodisalar tinch turgan kuzatuvchi uchun bir vaqtda yuz beradi, bu kuzatuvchiga nisbatan harakat qilayotgan kuzatuvchi uchun turli vaqtlarda yuz beradi. Aynan shu effektlar hisobga olinsa, tezliklarni qo'shish klassik qonuniga xilof ravishda chekli tezlik, ya'ni yorug'lik tezligi hamma kuzatuvchilar uchun birdek o'zgarishsiz qolaveradi. Bu aytilganlarni Lorens almashtirishlari yordamida juda sodda ko'rinishda matematik jihatdan isbot qilsa bo'ladi. Shunday qilib, Lorens almashtirishlarida tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni kelib chiqadi.

Eynshteyn shu ishida tezliklarni qo'shishning relyativistik formulasi, ya'ni tezliklarni almashtirish formulasi, elektromagnit maydon uchun almashtirish formulalarini, Doppler effektining yangi formulalarini keltirib chiqardi. Massaning tezlikka bog'liq bo'lgan nisbiy kattalik ekanligini isbot qildi, kinetik energiyaning yangi formulasini keltirib chiqardi.

Juda sodda mulohazalar asosida jismning to'liq energiyasi bilan uning massasi orasidagi bog'lanishni topdi: jism massasi uning energiyasining o'lchovidir; agar jism energiyasi ΔE ga o'zgarsa, uning massasi $\Delta E/c^2$ qadar o'zgaradi, degan xulosaga keladi. Shu xulosa asosida

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

ekanligini topamiz, ya'ni Eynshteynning ekvivalentlik prinsipi kelib chiqadi. Bu munosabat yadro fizikasida energetik munosabatlarni aniqlashda qo'llanilmoqda, umuman yadro fizikasining asosini tashkil etadi.

Eynshteyn yaratgan nisbiylik nazariyasini M.Plank katta ko'tarinkilik bilan qabul qildi va uni klassik mexanika tenglamalariga qo'lladi, harakat miqdori, kinetik energiya, entropiya va boshqa mexanik kattaliklar formulalarini qayta ko'rib chiqdi. Bu masalaga boshqa olimlar ham o'z hissalarini qo'shdilar, jumladan Eynshteynning o'zi ham ishtirok etdi.

Eynshteynning nisbiylik nazariyasiga bag'ishlangan maqolalarini o'qigan ustozi, Syurix Politeknikumida Eynshteynni o'qitgan, nemis matematigi German Minkovskiy (1864-1909), bu o'sha, ma'ruzalardan qochib yuradigan Eynshteyn-ku, unga hech ishonib bo'lmaydi, deb o'z hayratini yashiraolmagan edi. Lekin shogirdning ishlari ustozni qiziqtirib qoldi va Minkovskiy nisbiylik nazariyasini matematik jihatdan asoslab berdi, bu nazariyaning mohiyat jihatidan fazo va vaqt nazariyasi ekanligini ta'kidladi.

Minkovskiyning fikricha, bundan keyin fazo va vaqtni o'z-o'zicha alohida-alohida qarash yolg'on-uydirma bo'lib ularning o'zaro uzviy bog'liqligi materiya mavjudligining mustaqil yagona

shakli bo'lib qolishi mumkin. Fazoning uch o'lchami va vaqtni qo'shib yagona to'rt o'lchamli fazo deb qarash kerak degan g'oyani ilgari surdi. To'rt o'lchamli fazoni "dunyo", uning har bir nuqtasini "dunyoviy nuqtalar" deb qaradi, bu dunyo elementlari hodisalar bo'lib, bu hodisalar to'rt o'lchamli fazoning ma'lum nuqtalarida, ma'lum vaqtda sodir bo'ladi. Bu hodisalar hisob sistemalariga bog'liq bo'lmagan fizik reallikni tashkil etadi. Bu fizik hodisalarning qonunlari Lorens almashtirishlariga nisbatan invariant bo'lishi kerak, shunda ularni to'rt o'lchamli vektorlar va tenzorlar o'rtasidagi matematik ifodalar ko'rinishida tasvirlash mumkin. Albatta buning uchun shu qonunlar formulalarida qatnashuvchi kattaliklar to'rt o'lchamli vektor va tenzorlar ko'rinishida bo'lishi kerak. Shunday qilib, Minkovskiy o'zining tadqiqotlarida nisbiylik nazariyasi fazo va vaqtga qarashlarni tubdan o'zgartirib yubordi, deb ta'kidladi. Bu nazariya ular orasidagi universal bog'lanishni aniqladi, ularni o'zaro bog'lab, materiyaning yagona mavjudlik shakli fazo-vaqt kategoriyasiga aylantirdi.

Shunday qilib, 1910 yilga kelib nisbiylik nazariyasi bir butun nazariya bo'lib yaratildi. Uni yaratishda Born ta'kidlaganidek, zamonasining buyuk tadqiqotchilari Lorens, Puankare, Eynshteyn, Minkovskiy birgalikda ishtirok etdilar.

Nisbiylik nazariyasiga ko'pchilik olimlar ishonchsizlik bilan qaradilar, juda mashhur olimlar bu nazariyaning turli jihatlarini tanqid qildilar, uni to'ldirmoqchi, tuzatmoqchi bo'ldilar. Juda ko'plari efirdan kecha olmadilar, o'zlarining klassik qarashlarida mahkam turib oldilar. Biz bu qarashlarga alohida to'xtalmaymiz, chunki biz uchun muhimi nisbiylik nazariyasining yaratilishi va tajribada tasdiqlanishidir, davrlar o'tishi bilan nisbiylik nazariyasining xulosalari tajribalarda tasdiqlanib bormoqda. Tajriba natijalariga esa quyida alohida to'xtalamiz.

7. Umumiy nisbiylik nazariyasining yaratilishi

Eynshteynning "Umumiy nisbiylik nazariyasi asoslari" degan maqolasi 1916 yilda bosilib chiqdi va 1907 yilda boshlangan juda

og'ir nazariy tadqiqotlarining yakuni bo'ldi. Oradan o'tgan o'n yil ichida olim o'nlab maqolalar e'lon qildi, tabiatshunoslarning ilmiy kengashlarida ma'ruzalar o'qidi. Yuqorida bayon qilingan maxsus nisbiylik nazariyasi, yana uni xususiy nisbiylik nazariyasi ham deb ataydilar, yakuniy maqola e'lon qilingandan keyin alohida "maxsus" yoki "xususiy" deb ataladigan bo'ldi. 1905 yilda xususiy nisbiylik nazariyasi yaratilgandayoq Eynshteyn bu nazariyani umumlashtirish ustida o'ylay boshlagan edi. Nihoyat, ko'p yillik izlanishlar, ikkilanishlar, bahs-munozaralardan keyin umumiy nisbiylik nazariyasi yaratildi.

Maxsus nisbiylik nazariyasida klassik fizikadagi kabi energiya va impulsning saqlanish qonunlari bajariladi. Lekin bunda energiyaning va massaning saqlanish qonunlari klassik fizikadagi kabi mustaqil emas, ular o'zaro bog'langan bo'lib, birgalikda ifodalanadi. Maxsus nisbiylik nazariyasida moddiy zarraning harakat tenglamasi ham topildi. Harakat tezligi yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lganda bu tenglama klassik mexanikadagi harakat tenglamasiga, ya'ni Nyutonning ikkinchi qonuni formulasiga aylanishi, bu o'z navbatida klassik mexanika nisbiylik nazariyasining xususiy holi ekanligini ko'rsatdi. Bu hol Borning muvofiqlik prinsipining bajarilishiga yana bir yaqqol misol bo'ldi.

Maxsus nisbiylik nazariyasi butun olam tortishish kuchlari bilan bog'liq bo'lmagan hodisalar uchun to'g'ri bo'lib, tortishish maydonida yuz berayotgan fizikaviy hodisalarni maxsus nisbiylik nazariyasi doirasida tushuntirib bo'lmasligi ma'lum bo'ldi. Bu qiyinchilikdan chiqishning birdan-bir yo'li nisbiylik prinsipini noinersial sistemalarga ham tadbiq etishda edi. Eynshteyn bunday imkoniyatni inersiya kuchi va tortishish kuchining ekvivalentlik prinsipini yorug'lik hodisalariga qo'llash mumkin ekanligida ko'rdi.

Inersiya kuchi va tortishish kuchining ekvivalentligi inert va gravitatsion massalar tengligidan kelib chiqadi. O'z vaqtida Galiley, Nyuton va 1890 yilda vengriyalik fizik Roland Etvesh (1848-1919) hamma jismlar kimyoviy tuzilishi, xossalari va

massalariga bog'liq bo'lmagan holda yerga bir xil tezlanish, ya'ni erkin tushish tezlanishi bilan tushadi, degan xulosaga kelishgan. Bu xulosani Nyutonning butun olam tortishish qonunidagi gravitatsion yoki og'irlik massasi bilan Nyutonning ikkinchi qonunidagi inert massalarning tengligi sifatida qabul qilish mumkin. Maxsus nisbiylik nazariyasida inert massaning tezlikka bog'liqligi ma'lum bo'lgandan keyin og'irlik kuchi tezlanishining jism tuzilishi va xossasiga bog'liqligi qanday bo'lishini bilish kerak bo'ldi. Bu masala bilan 1907 yilda S.S.Tomson, 1910 yilda uning shogirdi Souterns, 1907 yilda Plank shug'ullandilar va yana gravitatsion hamda inert massalar o'zaro teng va bir xil tabiatga ega degan xulosaga keldilar.

Eynshteyn 1911 yilda ikki hisob sistemasidan biri tezlanishli harakat qilayotganda, ikkinchisi tinch turgan bo'lsa-yu, unda bir jinsli gravitatsion maydon ta'sir qilayotgan bo'lsa, ular mexanik hodisalarga nisbatan ekvivalent va bir-biridan farq qilmaydi degan xulosaga keldi. Bu ekvivalentlikni optik hodisalarga va umuman hamma fizik hodisalarga tadbiq etsa bo'ladi, deb hisoblab, bu ekvivalentlik prinsipini umumiy nisbiylik nazariyasiga asos qilib oldi. Ekvivalentlik prinsipini bir jinsli tortishish maydonidagi, ya'ni gravitatsiya maydonidagi optik hodisalarga tadbiq etsak, yorug'lik spektrining qizil nurlar sohasiga siljishi va yorug'lik nurining to'g'ri chiziqli tarqalish qonunidan chetlanishi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Tik yuqoriga otilgan toshning yana vertikal yo'nalishda qaytib tushishini yaxshi bilamiz. Agar toshning tezligini oshira borsak, qaytib tushishida vertikaldan og'ishi mumkin, tezlikni birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarga yetkazsak, tosh yerning sun'iy yo'ldoshlari kabi aylanasiimon, ellipssimon orbitalarga chiqib olishi mumkin. Uchinchi kosmik tezlikda esa yerning ta'sir doirasidan chiqib ketib, boshqa kosmik jismlar ta'siriga tushmasa, cheksizliklarga ketishi va bir zamonlar qaytib kelishi mumkin. Noevklid geometriyasi shunday xulosa qilishga imkon beradi. Ammo toshimiz boshqa osmon jismlarining tortishish maydoniga tushib, uning yo'ldoshiga aylanishi va hatto "qora tuynuk" ta'sir

doirasiga tushsa, butunlay unga singib ketishi mumkin. Agar yorug'lik nurini tik yuqoriga yo'naltirsak, uning toshga o'xshab yerga qaytib tushganini hech kim ko'rmagan. Ammo nur ham "qora tuynuk"ka tushsa, qaytib chiqmas bo'lib singib ketishi shubhasiz.

Eynshteyn ekvivalentlik prinsipini yorug'lik hodisalariga tadbiiq etib umumiy nisbiylik nazariyasini yaratdi. Aytish mumkinki, Nyutonning butun olam tortishish qonunidan butunlay farq qiladigan, zamonaviy olam tortilish qonunini yaratdi. Boshqacha aytsak, relyativistik gravitatsiya qonunini kashf qildi. Xususiy holda, tezliklar yorug'lik tezligidan juda kichik ($v \ll c$) bo'lganda, relyativistik gravitatsiya qonunidan Nyutonning butun olam tortilish qonuni kelib chiqadi. Bu ham o'z navbatida Borning muvofiqlik prinsipining bajarilishiga yana bir misol bo'ladi.

Juda sodda mulohazalar asosida Eynshteyn quyidagi xulosalarga keldi: bir jinsli tortishish maydonida joylashgan, gravitatsiya potentsiali katta bo'lgan nuqtadan gravitatsiya potentsiali kichik bo'lgan nuqtaga yorug'lik nuri yetib kelsa, chastotasi oshadi

$$v = v_0(1 + \Phi/c^2),$$

bu yerda v_0 -gravitatsiya potentsiali katta nuqtadan chiqqan yorug'lik chastotasi, v -gravitatsiya potentsiali kichik bo'lgan nuqtaga yetib kelgandagi chastotasi, Φ -gravitatsiya potentsiali, c -yorug'lik tezligi. Nuqtalar o'rnini almashtirsak, natija teskari bo'ladi, ya'ni chastota kamayadi.

Bu xulosani Eynshteyn bir jinsli bo'lmagan gravitatsiya maydonlari uchun umumlashtirdi. Masalan, Quyosh va Yerning tortishish maydonlarini olsak, bir jinsli emas, ya'ni Quyoshning gravitatsion maydoni juda kuchli, Yerniki juda kuchsiz. Natijada gravitatsion potentsiallar farqi manfiy qiymat oladi va nur Quyoshdan yerga yetib kelganda yuqoridagi formulaga ko'ra yorug'lik chastotasi kamayadi hamda spektral chiziq qizil nurlar sohasi tomonga siljiydi. Bu qizil siljish tajribada tekshirib ko'rilishi mumkin.

Gravitatsiya maydonini o'tayotganda yorug'lik chastotasining o'zgarishi haqidagi xulosa maydon o'zgarishi vaqt oqimining o'zgarishiga olib keladi, degan xulosaga kelishimizga imkon beradi. Eynshteyn fikricha, soatning yurishi va vaqt oqimi gravitatsiya maydonining turli nuqtalarida turlicha bo'ladi. Tortilish maydoni kuchli bo'lgan nuqtada soat yurishi $\left(1 + \frac{\Phi}{c^2}\right)$ marta susayadi, demak vaqt intervali katta bo'ladi. Shunga muvofiq chastota ham o'zgaradi. Demak, yorug'lik tezligi ham doimiy bo'la olmaydi. Masalan, gravitatsiya potentsiali nolga teng bo'lgan koordinata boshida yorug'lik tezligi c_0 bo'lsa, gravitatsion potentsiali Φ bo'lgan nuqtada yorug'lik tezligi

$$c = c_0 \left(1 + \frac{\Phi}{c^2}\right)$$

bo'ladi, bu umumiy nisbiylik nazariyasidan chiqarilgan asosiy natijadir. Yorug'lik tezligi tortishish kuchi yo'nalishi va yorug'lik tarqalish yo'nalishiga bog'liq ravishda katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Bir jinsli bo'lmagan gravitatsiya maydoni sifatida Quyosh va Yerning tortishish maydonini olsak, Quyosh sirtining biror nuqtasidan chiqayotgan nur Quyosh sirtiga tik yo'nalishda tashqariga tarqalsa, Quyoshning tortishi tufayli tezligi bir muncha kamayishi, nur Quyoshga tushayotgan bo'lsa, tezligi birmuncha oshishi to'g'risida fikr yuritish mumkin. Yuqorida aytganimizdek, Yerdan tik yo'nalishda kosmosga tarqalayotgan yorug'lik nuri, agar yorug'lik tezligi toshning tezligidan juda katta bo'lmaganida, otilgan tosh kabi yerga vertikal holda qaytib tushgan bo'lar edi. "Qora tuynuk" ning gravitatsiya maydoni haddan ziyod katta bo'lganidan unda yotgan har qanday moddiy jism, jumladan, yorug'lik ham unga singib ketadi, "qora tuynuk" o'zidan chiqqan nurni ham, yerdan otilgan tosh kabi, o'ziga qaytarib tushiradi deyish mumkin.

Albatta, bu aytilganlarni tajribada aniqlash haqida bir nima deyishi qiyin, ammo yuqorida keltirilgan barcha mulohazalardan keyin tortish maydoni juda kuchli bo'lgan jism yonidan yorug'lik nuri o'tayotganida tortish kuchi ta'sirida nur egrilanishi mumkin,

ya'ni to'g'ri chiziqli tarqalish yo'nalishidan chetlashadi, degan xulosaga kelamiz. Bu effektni Eynshteynning fikricha, tajribada kuzatsa bo'ladi. Osmon gumbazida Quyosh bilan bir yo'nalishda joylashgan yulduzlardan kelayotgan nurlarning Quyoshning yonidan o'tayotganida Quyoshning gravitatsion maydoni ta'sirida egrilanishini tajribada aniqlash mumkin.

Umumiy nisbiylik nazariyasini yaratishda Eynshteyn noevklid geometriyasi tushunchalaridan va matematik ifodalaridan foydalandi. Ekvivalentlik prinsipidan kelib chiqadigan bo'lsak, istalgan chekli sohada fazo-vaqt egrilangan, ya'ni noevklid bo'ladi, ya'ni uch o'lchamli fazoda geometriya, umuman olganda, noevklidcha geometriya bo'ladi, vaqt esa turli nuqtalarda turlicha kechadi. Shunday qilib, Eynshteynning olam tortishish nazariyasiga ko'ra haqiqiy gravitatsiya maydoni to'rt o'lchamli fazo-vaqt egrilanishining namoyon bo'lishidir.

Umumiy nisbiylik nazariyasi asosida maxsus nisbiylik nazariyasi yotadi: qulay koordinatalar sistemasi tanlab olinganda cheksiz kichik to'rt o'lchamli soha uchun maxsus nisbiylik nazariyasi bajariladi. Buni shunday tushunish kerak: gravitatsiya maydoni ta'sir qilayotgan bo'lsa ham, shunday hisob sistemasini $K_0(x_1, x_2, x_3, x_4=st)$ tanlab olish mumkinki, unga nisbatan fazo va vaqtning cheksiz kichik sohasida moddiy nuqta harakati erkin, ya'ni to'g'ri chiziqli tekis harakat bo'ladi; yorug'lik bu sistemaga nisbatan c tezlik bilan to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi, hamma fizik jarayonlar tortish kuchi ta'sir qilmagandek, inersial sanoq sistemasida yuz bergan kabi kechadi. Shunday qilib, fazo-vaqtda tortishish kuchining ta'siri bo'lmasa, jismlarning inersiya bo'yicha harakati maxsus nisbiylik nazariyasida to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi, matematik tilda aytiladigan bo'lsa, harakat traektoriyasi ekstremal chiziqdan yoki geodezik chiziqdan iborat bo'ladi. Geodezik to'g'ri chiziqli harakat evklid fazosida yoki Minkovskiyning psevdoevklid fazosida yuz berishi mumkin. Yuqorida ko'rganimizdek, maxsus nisbiylik nazariyasini Minkovski to'rt o'lchamli psevdoevklid fazoda tasvirlagan edi. Minkovskiyning psevdoevklid to'rt o'lchamli fazosi nol egrilik

doimiysiga ega, ya'ni sirt to'g'risida fikr yuritayotgan bo'lsak, bu sirt yassi bo'ladi.

Boshqa har qanday $K(x_1, x_2, x_3, x_4)$ hisob sistemasida harakatni erkin deya olmaymiz, chunki moddiy nuqta gravitatsiya maydoni ta'sirida bo'ladi. Gravitatsiya maydoni o'z navbatida massalar taqsimotiga, energiya taqsimotiga, moddiy nuqtalar harakati, bosimi, zichligi, impulsi, deformatsiyasi, elektromagnit maydoni va boshqa fizik maydonlarga bog'liqdir. Bunday ta'sirlar bilan bog'liq bo'lgan to'rt o'lchamli fazoni shartli ravishda Eynshteyn fazosi deb atasak, Eynshteyn fazosi Minkovski fazosi kabi nol egrilanish doimiysiga ega emas, egrilanish doimiysi noldan farq qiladi, ya'ni sirt sferik yoki psevdosferik bo'ladi, umumiy holda esa nuqtadan nuqtaga egriligi o'zgarib boradi, egriligi tortilish maydoni kattaligi bilan bog'liq bo'ladi. Har bir nuqtadagi tortilish maydoni kattaligi shu nuqtadagi Eynshteyn fazosi egriligi kattaligi bilan belgilanadi. Shunday qilib, moddiy nuqtaning gravitatsiya maydonidagi harakatini erkin "Inersial" harakat deb qarasak, bu "Inersial" harakat Evklid yoki Minkovskiyaning psevdoevklid fazosida emas, balki o'zgaruvchan egrilikka ega bo'lgan Eynshteyn fazosida yuz beradi. Shuning uchun bu moddiy nuqtaning harakat tenglamasini yoki yorug'lik nurining harakat tenglamasini Eynshteyn maydonidagi geodezik chiziq tenglamasi ko'rinishida yozish kerak bo'ladi.

Shu muhokamalardan keyin fazo va vaqt haqidagi barcha bahs va munozaralarga nuqta qo'ysak ham bo'ladi. Chunki yuqorida aytilganlardan fazo-vaqt materiyaning yagona mavjudlik shakli ekanligini bilib oldik, chunki fazo-vaqt egrilanishi gravitatsiya potentsiali bilan, gravitatsiya esa materiya massasi va boshqa xossalari bilan bog'liq.

Eynshteyn materiyaning xarakterlovchi kattaliklarning koordinatalar va vaqtning funksiyalari bo'lgan gravitatsiya potentsiali qiymatlari bilan bog'lanishini topib, moddiy nuqtalar harakati va yorug'lik nurining tarqalish masalalarini yechgani holda, gravitatsiya maydonining umumiy tenglamasini topdi.

Gravitatsiya maydoni kuchsiz bo'lganda fazo-vaqt o'lchovi Evklid fazosidan kam farq qiladi, shunda Eynshteyn tenglamasi Nyuton tenglamasiga aylanadi. Shunday qilib, umumiy nisbiylik nazariyasida butun olam tortilish muammosi umumiy yechimini topdi.

Bu muammoning turli xususiy hollarini yecha turib, Eynshteyn yorug'lik nurining Quyosh yonidan o'tayotganda to'g'ri chiziqdan og'ishining aniq kattaligini hisoblab topdi, yulduzlardan kelayotgan yorug'lik spektrining yerdagi manbalardan chiquvchi nur spektrlariga nisbatan qizil sohaga ko'chishini yana bir bora tasdiqladi. Quyosh atrofida planetalar harakatiga doir masalani yechaturib, hozirgacha ma'lum bo'lgan, ammo to'liq tushuntirish imkoni bo'lmagan Merkuriy perigeliyining qo'shimcha burilish kattaligining aniq son qiymatini hisoblab chiqdi. 1916 yilda gravitatsion nurlanish haqida postulatni e'lon qildi. 1918 yilda esa gravitatsion nurlanish quvvatining formulasini keltirib chiqardi.

Bu umumiy nisbiylik nazariyasi, umuman, nisbiylik nazariyalari atrofidagi gap-so'zlarni, bahs-munozaralarni yanada kuchaytirib yubordi. Unga qarshi bo'lganlar sonini ko'paytirib, nisbiylik nazariyasiga yaqin turli nazariyalar yaratilishiga sabab bo'ldi. Biz bu bahs-munozaralarni sharhlaymiz, chunki yaratilgan yangi nazariyalarning hech biri nisbiylik nazariyasi kabi fanda shuhrat qozona olmagan. Ammo nisbiylik nazariyasi dushmanlarining bitta da'vosini keltirish zarurga o'xshaydi. Zamonasining atoqli olimlari umumiy nisbiylik nazariyasida yorug'lik tezligining kuchli gravitatsiya maydonida o'zgarishini maxsus nisbiylik nazariyasining asosiy farazi – inersial hisob sistemalarida yorug'lik tezligi doimiyligi haqidagi farazga qarama-qarshi ekanligini zaharxanda bilan pisanda qilgan edilar. Eynshteyn bu tanqidlarga parvo qilmadi: yorug'lik tezligining doimiyligi fazo-vaqtning gravitatsiya potentsiali doimiy bo'lgan sohalarida saqlanadi, deb uqtirdi. Vaqt odil hakamdirdir. Zamonlar o'tishi bilan Eynshteynning haqligi isbot qilina bordi. Oradan o'tgan 100 yil davomida o'tkazilgan tajribalarning birortasidan

nisbiylik nazariyasini inkor etuvchi natija olingan emas. Aksincha, juda ko‘plab tajribalar nisbiylik nazariyasini tasdiqladi. Tajribalar natijalariga quyida alohida to‘xtalamiz.

8. Nisbiylik nazariyasining tajribada tasdiqlanishi

Maxsus nisbiylik nazariyasi yaratilgandanoq uni tanqid qiluvchilar va uning dushmanlari ko‘payib ketdi. Buning sababi bor edi. Yangi nazariya fizikada shu vaqtgacha qaror topgan barcha tushuncha va qarashlarni qayta ko‘rib chiqishni talab qilar edi: ayniqsa, fazo va vaqt haqidagi tasavvurlarni o‘zgartirib yubordi, optika va elektrodinamikaning suyanchi bo‘lgan efirni rad etdi. Buning ustiga, Lorens nazariyasi tushuntirgan tajribalarni nisbiylik nazariyasi tushuntirdi-yu, lekin tajribada tekshirib ko‘rish mumkin bo‘lgan biror bir yangi hodisani bashorat qila olmadi. Muhimi bu nazariya xulosalarini tekshiradigan zamonaviy tajribalar o‘tkazish imkoni ham yo‘q edi.

Nihoyat, 1913 yilda U. de Sitter qo‘shaloq yulduzlar harakatini kuzata turib, Eynshteynning yorug‘lik tezligi manbaning tezligiga bog‘liq emas degan postulatining to‘g‘riligini tasdiqladi. 1900-1906, 1921, 1922-24 yillarda amerikalik fizik Dayton Millyer (1866-1941), 1926 yilda Kennedi, o‘sha yili Pikkar va Staellar, 1927 yilda Illingvor va boshqalar Maykelson tajribasini juda katta aniqlik bilan takror o‘tkazdilar. Yerga nisbatan efir shamoli yo‘qligini tasdiqladilar. Bu xulosalar Eynshteynning efir bo‘lmagan narsa yoki aniq qilib aytsak, umuman efir yo‘q degan xulosasining tasdig‘i edi. Bu tajribalar hozir ma‘lum bir tarixiy ahamiyatga ega xolos, chunki hozirgi zamonga kelib, nisbiylik nazariyasi xulosalarini tasdiqlovchi tajribalar soni juda ko‘payib ketdi. O‘zaro ta’sirning, ya’ni elektromagnit, kuchsiz va kuchli ta’sirlarning zamonaviy kvant nazariyasi maxsus nisbiylik nazariyasining fazo-vaqt psevdoveklid geometriyasiga asoslangan. Bu nazariyalarda leptonlar kvant elektrodinamikasi 10^{-16}sm bo‘lgan qisqa masofalargacha qo‘llanilishi aniqlangan. Bundan ko‘rinadiki, maxsus nisbiylik nazariyasi geometriyasi shunday qisqa masofalargacha amal qiladi. Maxsus nisbiylik nazariyasidan chiqarilgan muhim

xulosalardan biri jism massasining uning energiyasiga proporsionallik prinsipidan hozirgi zamon yadro fizikasida keng foydalanilmoqda.

Umumiy nisbiylik nazariyasining ko'plab tajribalarda tasdiqlanishi maxsus nisbiylik nazariyasining ham tasdig'i bo'lib xizmat qildi. 1919 yilda bir guruh angliyalik olimlar Braziliyaga, boshqa bir guruhi Afrika qirg'oklaridagi orollarga jo'nab ketdilar: maqsad Quyosh to'liq tutilganda uning yonidan o'tayotgan yorug'lik nurining egrilanishini kuzatishdan iborat edi. Umumiy nisbiylik nazariyasidan chiqadigan bu xulosa mavjudligi tasdiqlandi. Shunday tajriba 1922 yilda ham o'tkazildi, bu tajriba ham Eynshteyn aytgan bu hodisa mavjudligini tasdiqladi. Shunda olimlardan tashqari ilmga hech qanday aloqasi bo'lmagan aholining turli qatlamlari ham Albert Eynshteyn nomini bilib oldilar, nisbiylik nazariyasi bilan qiziqib qoldilar. Ammo nisbiylik nazariyasi dushmanlari iloji boricha bu tajriba natijalarini kamsitishga urindilar. Tajribalarning aniqlik darajasi juda katta emasligi ham bunga sabab bo'lgan edi.

Quyosh yaqinida nurning egrilanishini kuzatish uchun yana 1929, 1936, 1952, 1956 yillarda turli mamlakat olimlari tajriba o'tkazdilar. Tajriba aniqligi 10-20 foiz atrofida bo'lib, Quyosh diski chetlarida nurning to'g'ri chiziqdan og'ishi 1,75 sekundni tashkil etdi. 1980 yilda Yerdan tashqaridagi nuqtaviy radiomanbalar yordamida o'tkazilgan tajriba aniqligi 6 foizga yetkazildi va nurning kuchli tortilish maydonida to'g'ri chiziqli yo'nalishdan og'ishi haqidagi Eynshteyn effekti tasdiqlandi. Endi hech qanday bahs-munozaraga o'rin qolmagan edi.

Nurning kuchli tortilish maydonida to'g'ri chiziqli tarqalish yo'nalishdan chetlanishi bilan bog'liq bo'lgan boshqa bir hodisa - umumiy nisbiylik nazariyasi effektlarini hisobga olmagan formulalar bilan hisoblaganda tortilish maydonida yorug'lik tarqalish vaqtining uzoq davom etishi, ya'ni soat yurishining susayishidir. Nur Quyosh yaqinidan o'tayotganda vaqtning bu xil kechikishi $2 \cdot 10^{-4}$ sekundni tashkil etishi kerak. 1980 yilda Merkuriy va Veneraning Quyosh orqasidan o'tishida

radiolokatsiya yordamida o'tkazilgan tajribada va kosmik kemalar radiolokatsiya signallarining retranslyatsiyasi yordamida o'tkazilgan tajribalarda vaqtning bu xil kechikishi 2 foiz aniqlik bilan topildi.

Umumiy nisbiylik nazariyasi asosida yotuvchi ekvivalentlik prinsipini olaylik. Nazariyaga asos qilib olingan prinsip to'g'ri bo'lmasa, nazariyaning to'g'riligi haqida gap ham bo'lishi mumkin emas. Hamma jismlar kimyoviy tuzilishi, materiyaning turi va massasiga bog'liq bo'lmagan holda gravitatsiya maydonida bir xil tezlanish bilan tushishini avval, Galiley, Nyuton topgan bo'lsa, vengriyalik fizik R. Etvesh erkin tushish tezlanishini 10^{-8} darajada aniqlik bilan topgan edi. R. Etvesh tajribasi umumiy nisbiylik nazariyasi yaratilishidan 10-15 yil ilgari o'tkazilgan. Nazariya yaratilgandan keyin ekvivalentlik prinsipi qayta-qayta tekshirildi. Masalan, 1964 yilda amerikalik fizik Robert Dikks inert va gravitatsion massalar tengligini 10^{-11} darajada, V.B. Braginskiy 10^{-12} darajasida aniqladilar. Bu natijalar nazariya mustahkam asosga qurilganini isbot qiladi.

Ekvivalentlik prinsipining to'g'riligini isbot qiluvchi boshqa bir effekt ham bor. U ham bo'lsa kuchli gravitatsiya maydonida yorug'lik chastotasining o'zgarishidir. Chastotaning o'zgarish formulasi umumiy nisbiylik nazariyasining yaratilish tarixi mavzusida keltirilgan. Shu formulaga asosan yoza olamiz:

$$\Delta\nu = \nu_0 \frac{\Phi}{c^2}$$

Chastotaning manfiy o'zgarishi osmon jismlaridan kelayotgan nur spektrining qizil siljishiga sabab bo'ladi. Astronom Sent-Jon 1923-1926 yillarda Quyosh spektrini, Adam 1925 yilda Sirius yo'ldoshi spektrini kuzata turib, Eynshteyn nazariyasi xulosasini tasdiqlagan edilar. Ammo nisbiylik nazariyasi muxoliflari bu tajribalar natijalarini shubxa ostida qoldirgan edilar. Ammo XX asrning 60 yillaridan keyin laboratoriyalar sharoitida o'tkazilgan tajribalarda chastota o'zgarishi 1 % aniqlik bilan samolyot va raketalarda o'tkazilgan tajribalarda 0,04 % aniqlik bilan o'lchandi.

Umumiy nisbiylik nazariyasi asosida Eynshteyn Merkuriy harakatidagi anomallikni ham tushuntirib berdi. Gap shundaki, Quyosh atrofida harakatlanuvchi planetalar orbitalarida qo'shimcha burilish kuzatiladi. Merkuriy orbitasida yaqqol kuzatilgan, ya'ni Merkuriy orbitasi o'z tekisligiga nisbatan ya'ni orbita tekisligiga nisbatan perigeliyda 100 yil ichida $572,70''$ burchakka buriladi. Perigeliy-bu orbitaning Quyoshga eng yaqin nuqtasi. Bu burilish burchagining bir qismi, to'g'rirog'i kattaroq qismi Merkuriyga boshqa planetalarning gravitatsion ta'siridan ekanligi umumiy nisbiylik nazariyasigacha ham tushuntirilgan bo'lib, $42,56'' \pm 0,5''$ qismining paydo bo'lishi tushuntirilmagan edi. Umumiy nisbiylik nazariyasi asosida Eynshteyn bu kattalikni $43'' \pm 0,03''$ chiqardi. Bu kattalik tajribada 1 % aniqlik bilan tasdiqlandi.

Umumiy nisbiylik nazariyasida gravitatsion to'liq nurlanishi, ya'ni gravitonlar haqida ham xulosa chiqarilgan. Gravitonlar nurlanishi yaqinda to'g'ridan to'g'ri tajribada kuzatildi. Ammo uning oqibatlari tajribada ilgaridan topilgan edi. Gravitatsion to'liq nurlanishi hisobidan, masalan, qo'shaloq yulduzlarning orbital harakat davri qisqarishi kerak. Shu qisqarish pulsar PSR193+16 – da kuzatildi. Umumiy nisbiylik nazariyasi bu pulsar uchun davr qisqarishini – $2,40 \cdot 10^{-12}$ s. beradi, kuzatishda bu kattalik 1982 yilda $(-2,30 \pm 0,2) \cdot 10^{-12}$ s. ekanligi aniqlandi.

Shunday qilib, tajribalar umumiy nisbiylik nazariyasi asosida yotgan farazlarni ham, nazariyadan chiqarilgan xulosalarni ham katta aniqlik bilan tasdiqladi. Nisbiylik nazariyasi XX asrning buyuk kashfiyoti bo'ldi va o'z ijodkori A.Eynshteynga ulkan shon-shuhrat keltirdi. U insoniyat uchun ulkan imkoniyatlarni ochib berdi. Bu imkoniyatlar insoniyat baxti-saodati yo'lida xizmat qilmoqda.

II. KVANT NAZARIYASINING SHAKLLANISHI VA RIVOJLANISH TARIXI

1. Atomizm va korpuskula haqida tasavvurlar

Atomizm bu modda, narsa va hodisalarning uzlukli, diskret (dona-dona) tuzilishi haqidagi ta'limotdir. Jismning juda ko'p martalab bo'linishi natijasida hosil bo'lgan, bo'linmaydigan va shu jismning xossasini o'zida saqlab qoladigan bo'lagini atom deb ataganlar. Atom yunon tilidan olingan bo'lib, atomos — bo'linmas degan ma'noni anglatadi. Tuzilishning shu donador bo'laklarini lotin tilida corpusculum — zarracha deb ataganlar. Ko'pincha korpuskula degan sifat atamasi ishlatiladi, bu zarracha xossasiga ega bo'lgan, degan ma'noni bildiradi. Shunday qilib, atom deganda ham, korpuskula deganda ham klassik fizikada bo'linmas zarracha degan ma'noni tushunamiz. Tom ma'nodagi ko'plab zarrachalardan tuzilgan murakkab atom to'g'risida quyida alohida so'z yuritiladi.

Kundalik hayotiy kuzatishlar va chuqur mulohaza asosida miloddan avvalgi V asrda yashab, ijod qilgan yunon faylasufi Demokrit har qanday narsaning bo'linmay qolgan oxirgi bo'lagini atom deb atadi. Hamma narsa abadiy harakatda bo'lgan atomlardan tuzilgan bo'lib, atomlarning tartibi, shakli, o'lchami, soni va xillari bilan tushuntiriladi, deb ta'lim beradi. Uning ta'limotini vatandoshi Epikur (IV-III asr), Lukretsiy (m.a.I asr) davom ettirdi va rivojlantirdi. Levkip, Demokrit, Epikur ta'limotlari rimlik shoir Lukretsiy Karning "Narsalarning tabiati haqida" degan poemasi orqali bizgacha yetib kelgan. Demokrit va Epikurning fikricha, buyumlardan chiqayotgan atomlarning ko'zga kelib tushishi natijasida ko'rish sezgisi yuzaga keladi.

Ammo miloddan avvalgi V asrda yashab, ijod qilgan buyuk yunon faylasuflari Aristotel va Platon (m.a V-IV asr) atomizm ta'limotiga qarshi chiqdilar. Aristotel moddalarni cheksiz maydalash mumkin desa, Platon Demokrit asarlarini butunlay yo'q qilib tashlashga farmoyish berdi. Shu sababli atomistlar asarlari bizning zamonimizgacha yetib kelmagan. Atomizm

ta'limoti haqida 1000 yillar davomida so'z ochish mumkin bo'lmadi.

O'rta asrlarga kelib, sharq olimlari yunon olimlarining moddalar tuzilishi haqidagi korpuskulyar ta'limotini yoqlab chiqdilar. Masalan, vatandoshimiz Ibn Sino "Suv zarralari harakat qilganda unda o't borligini sezish mumkin... faqat o'tning suv ichidagi harakatigina avval issiq bo'lmagan suvni isitadi", deb yozgan edi. Beruniy (973-1048) moddaning donadorligini tan olgan va Aristotelning moddalarni cheksiz maydalash mumkin, degan fikrlarini yoqlamagan.

Faqat XVII asrga kelib, fransiyalik olim Per Gassendi (1592-1655) qadimgi atomizm ta'limotini qayta tikladi. U yorug'likni o'ziga xos atomlar - yorug'lik zarrachalari oqimidan iborat deb hisobladi. Dekart yorug'likning to'lqin nazariyasi asoschisi hisoblanadi, ammo u yorug'lik impulsleri efir deb atalgan ikkinchi muhitning zarralari yordamida tarqaladi deb tushuntirdi, yorug'likning tarqalishini to'pning uchishi bilan qiyosladi. Yorug'lik hodisalarini tushuntirishda korpuskulyar ta'limotdan ham foydalandi. Ammo uni korpuskulyar ta'limot tarafdori demaydilar. Gyuygens to'lqin nazariyasi tarafdori, ammo u ham to'lqinni efirning elastik parchalari impulsini bir-biriga o'zatishi kabi tasavvur qildi. Shunday qilib, atomizm ta'limoti ilmiy munozaralarda odatiy tushunchaga aylana bordi.

Galiley va Nyuton atomizm ta'limotini rivojlantirmagan. Faqat undan o'z kashfiyotlarini tushuntirishda foydalanganlar. Masalan, Galiley havoning og'irligini aniqlab, kutilmagan bir kashfiyot qildiki, bu havoni suyuqlik va qattiq jism kabi moddiy jism deb atalishiga olib kelgan asosiy sabablardan biri bo'ldi. Moddiy jismlar atomlardan tashkil topgan degan tushuncha qa'tiy tasdiqlanib borayotgan edi. Angliyalik Robert Boyl (1627-1691) U-simon shisha nayda simob ustunini tutib turuvchi kuch havo bosimi ekanligini isbot qildi va 1661 yilda o'zining gaz bosimi bilan hajmi orasidagi bog'lanishni beruvchi mashhur qonunini kashf qildi. 17 yil o'tib termodinamik tushunchalar asosida

fransuz olimi E.Moriott (1620-1684) ham shu xulosaga keldi va qonunni kashf qildi.

Buyuk I.Nyuton atomlar inertlik va o‘zaro tortishish xossalari ega va jism massasi bir xil zarrachalar soniga proporsional, deb hisobladi. O‘zi optikada qilgan barcha kashfiyotlarida asosan yorug‘likni korpuskula deb tushuntirdi. Olim o‘z ta’limotida to‘lqin nazariyasini qat’iyan rad etmagan, ammo yorug‘lik hodisalarini korpuskulyar nazariya asosida tushuntirganligi uchun uni yorug‘likning korpuskulyar nazariyasi asoschisi deb hisoblaydilar.

Rus olimlari M.A.Lomonosov (1711-1765) va D.Bernulli (1700-1782) issiqlik modda zarrachalarining-korpuskulalarning harakatidan iborat deb tushuntiradi. Boyl-Mariott qonunini korpuskulyar nazariya nuqtai nazaridan tushuntirib berdilar.

XIX asr boshlaridan atom kimyo faniga ham kirib keldi. Angliyalik olim jon Dalton (1766-1844) tomonidan atom og‘irligi tushunchasining, italiyalik olim Amedeo Avogadro (1776-1856) tomonidan molekula tushunchasi kiritilishi, fizikada gazlar kinetik nazariyasi, statistik nazariya, energiyaning saqlanish qonuni va “energetizm” atrofidagi munozaralar, D.I.Mendeleev tomonidan elementlarning davriy sistemasi (1869 y.) yaratilishi atom-molekulyar tuzilishni tasdiqladi.

1827 yilda angliyalik botanik olim Broun tomonidan broun harakatining kashf etilishi va uning 1905 yilda A.Eynshteyn tomonidan nazariy tushuntirilishi va 1908 yilda fransuz olimi Jan Perren (1870-1942) tomonidan tajribada isbot qilinishi atom va molekulalarning haqiqatda mavjudligini isbot qildi. XIX asr oxiri va XX asr boshida esa atom murakkab sistema ekanligi tasdiqlandi. XX asr boshiga kelib, yorug‘likning korpuskulyar xossasi haqida yana so‘z ochildi. Korpuskula va atomning murakkabligi haqida quyida alohida so‘z yuritildi.

2. Muvozanatli nurlanish qonunlari

XIX asr oxirlarida ko'pchilik yetuk olimlar nazariy fizikani to'liq yakun topgan fan deb hisoblar edilar. Masalan, Maks Plank yoshligida professor Jolliga nazariy fizika bilan mashg'ul bo'lish niyati borligini aytib, fizikaning qaysi sohasida nazariy tadqiqotlar olib borishi mumkinligini so'raganda, ustozning javobini eshitib, lol qolgan edi: nazariy fizika poyoniga yetgan fan, istiqboli yo'q ishga hayotingizni baxsh etishning nima keragi bor? Ammo ingliz olimi Vilyam (Kelvin) Tomson (1824-1907) boshqacha fikrda edi: fizika fanining musaffo osmoni ikkita "bulutcha" bilan xira torta boshladi: birinchisi, efir muammosi bilan bog'liq bo'lgan anglashilmovchiliklar, ikkinchisi, esa "ultrabinafsha halokat" dir.

Fizika fanining musaffo osmoni deganda, fikrimizcha, Tomson fizika fani yakun topgan yaxlit fanga aylandi demoqchi bo'lgandir. Ammo fanning buyuk vakili qora bulutchalar misolida musaffo osmonning ufq bilan tutashgan joylarida yangi zamon fizikasining eshiklari ochilib kelayotganini ham ko'rgandir.

Haqiqatda klassik fizika poyoniga yetib borayotgan edi. Chunki XIX asr oxirida bo'layotgan yangi kashfiyotlarni fizikaning klassik qonunlari asosida tushuntirib bo'lmadi. Fandagi bu qiyinchiliklar yangi fizikaning asoschilari A.Eynshteyn va M.Plank kabi daholarni ham dunyoga keltirdi. Ularning favqulodda yuksak salohiyati va topqirligi tufayli efir bilan bog'liq bo'lgan ko'p asrlik anglashilmovchilik nisbiylik nazariyasi bilan bartaraf qilindi, ultrabinafsha halokat kvant nazariyasi yaratilishiga olib keldi. Shunday qilib, ikki "bulutcha" klassik fizikaning o'rniga kelayotgan zamonaviy fizikaning nazariy asoslari tug'ilishiga sabab bo'ldi.

XIX asr oxirlariga kelib, qizdirilgan jism nurlanishini o'rganish sohasida o'ziga xos anglashilmovchiliklar kelib chiqqa boshladi. Ma'lumki qizdirilgan jism o'zidan turli to'lqin uzunligidagi elektromagnit to'lqinlarni, ya'ni yorug'likni chiqara boshlaydi. Lekin turli to'lqin uzunlikdagi yorug'lik nurlari bir xil nurlanish energiyasiga ega emas. Masalan, Quyosh yorug'ligini

spektrga yoysak, uning sariq, yashil qismida energiya eng katta, eng katta va eng kichik to'liq uzunligi sohasida energiya juda kichik bo'ladi. Nurlanishdagi bu xil energiya taqsimotini nazariy jihatdan tushuntirishning imkoni yo'q edi.

To'g'ri, nemis olimi Gustav Kirxgof (1824-1887) termodinamika qoidalarini asosida 1860 yildan keyingi ishlarida o'zining nomi bilan ataluvchi bir qonunni kashf qilgan edi: ma'lum bir to'liq uzunligi va o'zgarmas temperaturada hamma jismlarning nurlanish qobiliyatining nur yutish qobiliyatiga nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, bu kattalik to'liq uzunligi va temperaturaning funksiyasidir.

Bu qonunni matematik jihatdan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{E_{\lambda,T}}{A_{\lambda,T}} = \varphi(\lambda, T),$$

bu yerda λ -yorug'lik to'liq uzunligi, T -absolyut temperatura, $E_{\lambda,T}$ -jismning nurlanish qobiliyati, $A_{\lambda,T}$ -nur yutish qobiliyati, $\varphi(\lambda, T)$, - λ va T ga bog'liq bo'lgan universal funksiya bo'lib, hamma jismlar uchun bir xil bo'ladi.

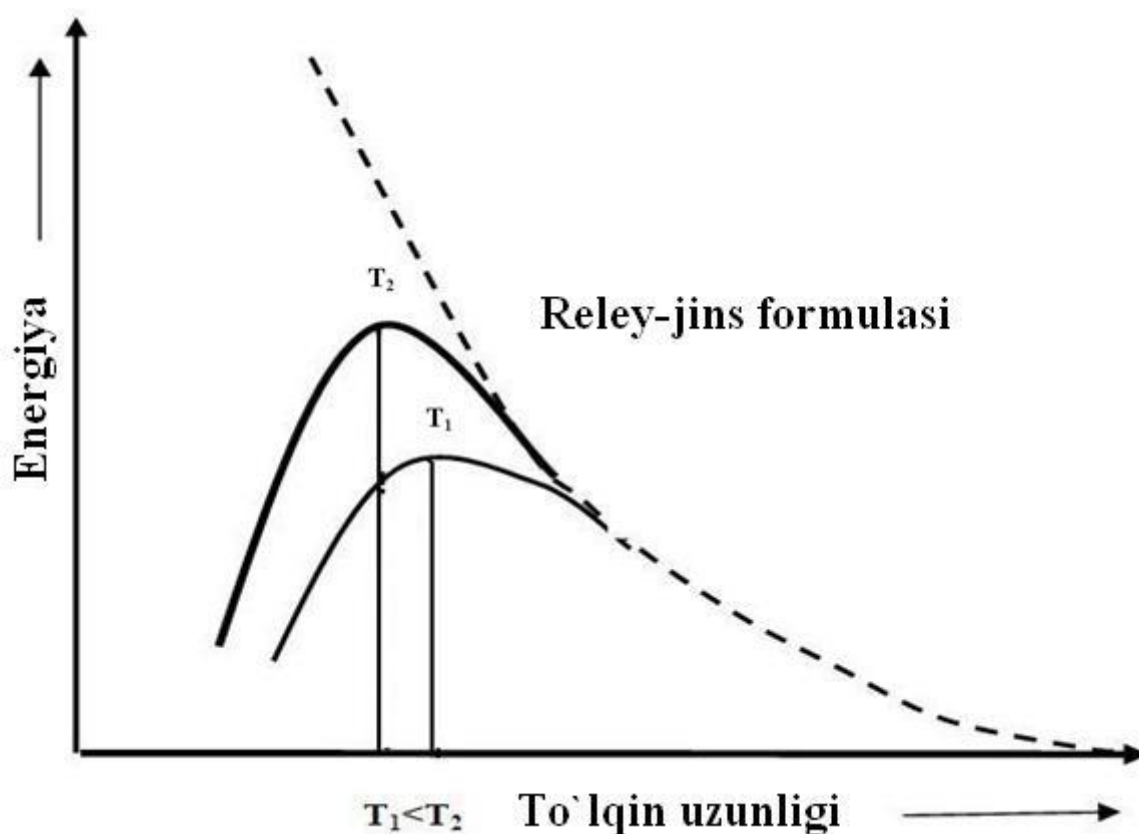
Bu funksiya Kirxgof funksiyasi deb aytiladi, absolyut qora jismning nurlanish qobiliyati ham deb yuritiladi. Chunki absolyut qora jismning nur yutish qobiliyati birga teng, ya'ni $A_{\lambda,T} = 1$, u holda formuladan $E_{\lambda,T} = \varphi(\lambda, T)$ bo'lib, universal funksiya absolyut qora jismning nurlanish qobiliyatiga teng bo'lib qoladi.

Jismning nurlanish tufayli yo'qotgan energiyasi yutish energiyasi bilan qoplasa, jism temperaturasi o'zgarmay qoladi. Bunday nurlanish muvozanatli nurlanish deb ataladi. Kirxgofning bu qonuni umumiy bo'lib, u o'zi topgan qonunning yoki o'z funksiyasining analitik ko'rinishni topmagan. Ochiq yoki analitik ko'rinishini juda ko'plab olimlar tajribada va nazariy yo'l bilan topishgan.

Absolyut qora jism nurlanish qobiliyatining absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekanligini

avstriyalik fizik Yozef Stefan (1835-1893) 1879 yilda tajribada aniqladi. Shu bogʻliqlikni 1884 yilda yana bir avstriyalik olim, termodinamikaning asoschilaridan biri, Lyudvig Bolsman (1844-1906) termodinamika va optika qonunlari asosida nazariy hisoblab chiqdi. Shuning uchun bu bogʻliqlikni Stefan-Bolsman qonuni deb yuritiladi.

Kirxgof funksiyasining ochiq koʻrinishini rus olimi V.A.Mixelson (1860-1927) 1887 yilda termodinamika, elektrodinamika va statistik fizika qonunlari asosida chiqarishga urinib koʻrdi. Mixelson formulasiga koʻra, absolyut qora jism nurlanish energiyasining toʻlqin uzunligiga bogʻliqlik grafigidagi maksimum temperatura oshishi bilan qisqa toʻlqin tomonga siljiydi. Tajriba bu bogʻliqlikni tasdiqlagandek boʻldi, ammo aniq oʻlchashlar Mixelson formulasining noaniqligini koʻrsatdi. 1893 va 1896 yillarda nemis olimi Vilgelm Vin (1864-1928) ham siljish qonunlarini termodinamika, elektrodinamika va optika qonunlari asosida yaratdi, uning formulalari qisqa toʻlqin sohasida tajribaga toʻgʻri kelsa ham, uzun toʻlqin sohasida tajribaga mos tushmaydi.



Germaniyalik olimlar Otto Lyummer (1860-1925) va Ernst Pringsgeym (1859-1917) 1897 yilda qizigan jism nurlanish energiyasining to'liq uzunligi bo'yicha taqsimotini o'rganib chiqdilar.

Tadqiqot natijalari yuqoridagi chizmada T_1 va T_2 temperaturalar uchun yalpi qora chiziqlar shaklida berilgan. Bu tajriba Vinning siljish qonunini tasdiqladi, qonunning qisqa to'liq sohasida to'g'riligini, uzun to'liq sohasida to'g'ri emasligini ko'rsatdi.

Angliyalik olim Djon Reley (1842-1919) 1900 yilda, boshqa bir angliyalik Djeyms Djins (1877-1946) 1905 yilda bu masalani elektromagnit to'liq nazariyasi asosida qayta ko'rib chiqdi. Ular yaratgan qonun nurlanishning uzun to'liq sohasida Lyummer va Pringsgeym tajriba natijalari bilan qisman mos tushadi. Chizmada punktir chiziq shaklida berilgan. To'liq uzunligi qisqargan sari Reley-Jins formulasi bilan hisoblangan energiya qiymati keskin oshib ketadi, to'liq energiya esa cheksiz katta qiymat oladi. Issiqlikdan nurlanish nazariyalarining tajriba natijalari bilan bunday nomuvofiqligi olimlar tomonidan "Ultrabinafsha halokat" deb atala boshlandi.

Albatta, issiqlikdan nurlanish nazariyalari qat'iy ishonchga sazovor bo'lgan klassik termodinamika va Maksvell elektrodinamikasi asosida yaratilgan. Ularning tajriba bilan mos tushmasligi esa hech tushunib bo'lmay anglashilmovchilik bo'lib qoldi. Chunki, bu nazariyalar suyangan klassik fizika g'oyalariga hech kim shak keltirolmas edi. Yana kim biladi, yorug'likning elektromagnit to'liq nazariyasida biron gap bormi?

3. Kvant tushunchasining paydo bo'lishi

Buyuk nemis nazariyotchi fizik olimi Maks Plank (1858-1947) ham klassik fizikaning asosiy g'oyalari to'g'riligiga shubha qilmas edi. Boshqa olimlar qatori u ham issiqlikdan nurlanish qonunini yaratish ustida tadqiqotlar olib bordi. Lyummer va Pringsgeymning tajriba natijalari bilan mos tushadigan yangi

formulani ishlab chiqish harakatida bo'ldi. Ma'lumki, hamma tadqiqotchilar, bu haqda so'z ochmagani holda, elektromagnit to'liqin, ya'ni yorug'lik manbaidan uzluksiz tarzda chiqarilib turadi va nurlanish energiyasi miqdoriy jihatdan cheksiz kichik qiymatlargacha uzluksiz o'zgaradi, deb hisoblar edilar.

Plank hech kutilmaganda nurlanishning atomistik g'oyasini ilgari surdi. Jism ma'lum bir to'liqin uzunligida yoki chastotada nurlanayotgan bo'lsa, bu nur uzluksiz bo'lmaydi, uzlukli chiqadi, o'zgarishda ham sakrab — sakrab o'zgaradi; nurlanish energiyasi ma'lum miqdordagi energiya porsiyalarining yig'indisidan yoki to'plamidan iborat bo'ladi, deb hisobladi va bu energiya porsiyalarini kvantlar deb atadi. Shunday qilib, nurlanish energiyasi kvantlangan, chiqarilishida ham, o'zgarishida ham kvantlangan, ya'ni energiya porsiyalari shaklida chiqariladi, oshganda yoki kamayganda shu porsiyalar yoki kvantlar miqdorida o'zgaradi. Berilgan chastota yoki to'liqin uzunligi o'zgarsa, nurlanish kvanti o'zgaradi, oshadi yoki kamayadi. Shunday qilib, kvant energiyasi chastotaga proporsionaldir.

$$\varepsilon = h\nu,$$

bu yerda ν -nurlanish chastotasi, h -Plank doimiysi bo'lib, hamma chastotalar uchun bir xil qiymatga ega, son qiymati jihatidan juda kichik, ya'ni $h=6,55 \cdot 10^{-27}$ erg·s, bu kattalikni M.Plank issiqlikdan nurlanish nazariyasidan hisoblab chiqardi.

Eng muhimi, bu g'oyaning muhim ahamiyati shunda ediki, issiqlik nurlanishi bo'ladimi, yorug'lik nurlanishi bo'ladimi, radio to'liqlari nurlanishi bo'ladimi, hech birini endi uzluksiz hodisa deb aytib bo'lmaydi, bu nurlanishlar donador, klassik ma'noda atasak, korpuskulalar yoki atomlar yig'indisidan iborat, yangicha tushunchada atasak, kvantlar yig'indisidan iborat.

Nurlanish energiyasining to'liqin uzunliklar bo'yicha taqsimotini tajriba natijalariga to'liq mos tushadigan qilib ifodalaydigan yarim amaliy-yarim nazariy formulasini topganligini Maks Plank 1900-yil 19 sentyabrda nemis fiziklar jamiyatining majlisida e'lon qildi. Yarim nazariy bu formulani

nazariy mulohazalar asosida matematik jihatdan to'liq isbot qilish kerak edi. Nurlanish uzluksiz elektromagnit to'lqinlar sifatida emas, balkim kvantlar shaklida chiqariladi, deb hisoblasa, formulani isbot qilish qiyin bo'lmaydi. Ammo klassik fizika g'oyalaridan qutila olmagan M.Plank uchun kvant tushunchasini elektromagnit to'lqin nazariyasi bilan bog'lash qiyin bo'ldi. Qariyb uch oylik izlanishlar asosida kvant uzluksiz elektromagnit to'lqin impulsidan iborat, degan muvofiqsiz tushunchaga asoslanib bu qiyinchilikni bartaraf qilganday bo'ldi va 1900 yil 14 dekabrda nemis fiziklari jamiyatining majlisida o'z kashfiyoti haqida ilmiy ma'ruza o'qidi. Mana shu kun kvant nazariyasining tug'ilgan kuni bo'lib, fan tarixiga kirdi. Lekin M.Plank bu bilan xursand bo'lgan emas, yigirma yillar davomida klassik fizikaga shak keltirgani uchun afsuslanib yurdi va juda ko'p marta kvantni klassik fizika qonunlari bilan uyg'unlashtirish harakatini qildi. Ammo har safar bu urinishlar behuda bo'lib chiqaverdi. Kvant energiyasi E -dan qutilish iloji bo'lmadi, uni nol qiymatga intiladi deyilsa, noto'g'ri formulalar chiqaverdi. Muhimi E istalgan qiymat ham olavermaydi, faqat chastotaga bog'liq bo'lgan bir qiymat oladi, h esa hech o'zgarmas aniq doimiylik bo'lib chiqayverdi. 1911 yilga kelib, nurlanishning kvantlanganligi haqida M.Plank oxirgi xulosani aytdi: faqat nurlanish jarayoni uzlukli kvantlangan bo'ladi, to'lqin ko'rinishda tarqaladi, energiyaning yutilishi ham uzluksiz bo'ladi.

Shunday qilib, kvant tushunchasi fan olamida yangi anglashilmovchilik, yangi munozaralarni keltirib chiqardi. Chunki endi modda atomizmi bilan birgalikda energiya atomizmi yoki ta'sir atomizmini ham tan olishga to'g'ri kelayotgan edi.

Eynshteynning aytishicha, Plank fiziklarning qulog'iga burgani kiritib yubordi, ular buni bilmaslikka olsalar ham, ammo burga ularga tinchlik bermay qo'ydi.

1911 yilda nurlanish nazariyasi va kvant muammosiga bag'ishlangan fiziklarning kongresi bo'lib o'tdi. Unda biz bilgan buyuk olimlar Lorens, Lanjeven, Puankare, Plank, Nernst, Rezerford, Eynshteyn, Vin, M.Kyuri va boshqalar qatnashdi.

Lekin muammoni bir yoqlama hal qilishga qaratilagn biron yangi fikr aytilmadi. Ko'pchilikning fikrlarini yakunlab Puankare aytdiki, Plank gipotezasini klassik fizika tasavvurlari bilan muvofiqlashtirib bo'lmaydi.

Plank gipotezasi faqatgina qora jismning nurlanish qonunini tushuntirish uchungina kerak bo'lganda bunchalik katta munozaralarga sabab bo'lmas edi. Bu gepoteza fizikaviy tafakkurning shu paytgacha hukm surgan asoslarini qayta ko'rib chiqishga majbur etayotgan edi. Darhaqiqat, kvant tushunchasini klassik fizika asosida tushuntirish qiyin bo'layotgan bir paytda kvant fizikaviy hodisalarni tushuntirishga tatbiq etila boshlandi.

Masalan, fransuz olimlari Per Dyulong (1785-1838) va Aleksis Pti (1791-1820) 1818 yilda hamma elementlar bir gramm-molining solishtirma issiqlik sig'imi bir xil ekanligini tajribada topishgan. XIX asr ikkinchi yarmida ingliz olimi j.K.Maksvell (1831-1879) va avstriyalik olim Lyudvig Bolsman (1844-1906) yaratgan kinetik nazariya asosida hisoblangan solishtirma issiqlik sig'imi Dyulong va Pti tajriba natijalariga mos tushgan edi. Ammo, XIX asr oxirida juda past-suyuq vodorod (-252^0s) temperaturasida o'lchangan solishtirma issiqlik sig'imi Dyulong va Pti qonuniga bo'ysinmay qo'ydi. Ayniqsa, qattiq jismlar uchun odatdagi temperaturalarda issiqlik sig'imi qonunga mos tushsa ham, past temperaturalarda qonun bajarilmay qoldi, chunki issiqlik sig'imi temperatura pasaygan sari kamayib borib, absolyut nolga (-273^0s) yaqinlashgan sari solishtirma issiqlik sig'imi nolga yaqinlashib bordi. Bu holni issiqlikning kinetik nazariyasi tushuntira olmadi.

A.Eynshteyn 1907 yilda Plankning kvant g'oyasidan foydalanib, nurlanish kvantlangan ekan, issiqlik energiyasining yutilishi ham kvantlangandir degan g'oya asosida solishtirma issiqlik sig'imining yangi qonunini ishlab chiqdi. Kvant g'oyasi asosida chiqarilgan solishtirma issiqlik sig'imining yangi tenglamasi yuqori temperaturalarda Dyulong-Pti qonuniga olib kelsa, past temperaturalarda yangi tajribalar natijalariga mos tushdi. 1912 yilda gollandiyalik olim Debay (1884-1966) issiqlik

sig'iminig kvant nazariyasini mukammallashtirdi, uning ishlab chiqqan formulasi eng past temperaturalargacha tajriba natijalari bilan mos tushdi.

Jahon ilmiy jamoatchiligi Plankning gipotezasiga katta baho berdilar. A.Eynshteyn yozdiki, Plank nazariyasi materiyaning atom tuzilishidan tashqari energiyaning atom tuzilishi mavjud ekanligi va u Plank kiritgan universal doimiylik h bilan boshqarilishini ishonchli tarzda isbot qildi. Bu kashfiyot XX asrda barcha fizikaviy tadqiqotlarning asosini tashkil etdi va fizikaning bundan keyingi taraqqiyotini belgilab berdi. Bu gaplarning ortiqcha maqto'v emasligini 1918 yilda Maks Plankka Nobel mukofotining berilishi ham isbot qilgan edi.

4. Foton haqida

Maks Plankning kvant gipotezasi haqida bahslar davom etaverdi, allomaning o'zi ham ikkilanib qolaverdi, ammo kvant g'oyasi ilmiy tadqiqotlarda g'olibona yurishini davom ettirdi. Kvant tushunchasining kvant nazariyasiga aylana borishida yorug'lik kvantining kiritilishi muhim yangilik bo'ldi.

Angliyalik fizik Jozef Jon Tomson (1856-1940) 1903 yilda yorug'likning korpuskulyar xossasi haqida yana so'z ochdi. Gaz orqali o'tayotgan rentgen nurlarini katod nurlari dastasiga o'xshash deb hisoblansa, uning ionlashtirish qobiliyatini tushuntirish qiyin bo'lmaydi, deb uqdirdi olim. Uning bu g'oyasini A.Eynshteyn Plank gipotezasi asosida yanada rivojlantirdi.

Ma'lumki, yorug'likning moddalarga ta'siri natijasida yuzaga keladigan hodisalar orasida fotoelektrik effekt, ko'pincha qisqa qilib fotoeffekt deb ataladi, muhim o'rin egallaydi. Fotoeffekt 1887 yilda nemis olimi Genrix Gers (1857-1894) tomonidan kuzatilgan. Bu hodisani Gersning hamkasblari va shogirdlari Vediman, Ebert, Galvakslar katta kuchlanishdagi tokda kuzatganlar, ma'lum bir qonuniyatlarini ochishga uringanlar. 1888 yilda rus olimi A.G.Stoletov (1839-1896) fotoeffekttni o'rganish

ustida tadqiqotlar boshladi. Birinchidan, fotoeffektni past kuchlanishda ham kuzatish mumkinligini, ultrabinafsha nurlar ta'siri kuchli ekanligini, bu nur ta'sirida moddalardan manfiy zaryadli zarrachalar nur tushgan zahoti, hech kechikmay urib chiqarilishini, nurlarning zaryadlarni urib chiqarish ta'siri metall turlariga, tushayotgan nurning intensivligi va to'liq uzunligiga bog'liqligini aniqladi. Shunday qilib, fotoeffektning asosiy qonuniyatlari A.G.Stoletov tomonidan ochildi.

Ur ib chiqarilgan manfiy zaryadli zarracha elektron ekanligini 1897 yilda J.Tomson aniqladi. Bu elektronlar fotoelektronlar deb, fotoeffekt tufayli zanjirda hosil bo'ladigan tokni fototok deb ataladigan bo'ldi. 1902 yilda nemis olimi Filipp Lenard (1862-1947) fotoelektronlar energiyasi tushayotgan yorug'lik to'liq uzunligiga teskari, chastotasiga to'g'ri proporsional ekanligini aniqladi. Yorug'lik to'liq uzunligi kamaygan, chastota oshgan sari fotoelektronlar energiyasi oshishi, demak, tezligi oshishi aniqlandi. Fotoeffektning ko'p jihatlarini elektromagnit to'liq nazariyasi yordamida tushuntirish imkoni bo'ldi, ammo aynan fotoelektronlar tezligining chastotaga bog'liqligini tushuntirish qiyin bo'ldi. Nur tushgan zahoti hech kechikmay fotoelektronlar urib chiqarilishi, ya'ni fototok hosil bo'lishini ham elektromagnit to'liq nazariyasi yordamida tushuntirib bo'lmadi. Bu holni Eynshteyn Plankning kvant nazariyasi asosida tushuntirdi.

Eynshteynning fikricha, Plank gipotezasi faqat nurlanish jarayoni uchungina to'g'ri emas, balki yorug'likning tarqalishi uchun ham haqlidir. Yorug'lik energiyasi to'liq fronti bo'ylab tekis taqsimlangan emas, balki fazoning ayrim sohalarida lokallashgan. Yorug'lik nuri energiyasi fazoning ayrim nuqtalarida lokallashgan aniq sondagi bo'linmas donador energiya kvantlari yig'indisidan iborat desak, nurlanish, fotolyuminesensiya, fotoeffekt hodisalarini tushuntirish qiyin bo'lmaydi.

Yorug'lik kvanti metallga tushganda uning energiyasi elektronni urib chiqarishga sarf bo'ladi, ortiqcha qismi

elektronning harakat energiyasiga aylanadi. Bu mulohazalar fotoeffektning qonuni sifatida quyidagicha ifodalandi:

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

bu yerda A -elektronni urib chiqarish uchun bajarilgan ish, $\frac{m\vartheta^2}{2}$ - fotoelektronning maksimal energiyasi, bunda m -elektron massasi, ϑ - tezligi. Bundan ko'ramizki, yorug'lik chastotasi katta bo'lsa, fotoelektron energiyasi yoki uning tezligi shuncha katta bo'ladi.

Yorug'lik chastotasi kichiklashib borsa, vaqtiga kelib $\frac{m\vartheta^2}{2} \rightarrow 0$ bo'ladi. Demak, kvant energiyasi fotoelektronning urib chiqarish ishiga teng bo'lib qoladi:

$$h\nu = A$$

Shu paytdagi yorug'lik kvanti chastotasi fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi va bu chastota turli moddalar uchun turli qiymatga ega. Bundan ko'ramizki, fotoelektronlarning urib chiqarilishi va ularning energiyasi yorug'lik chastotasiga bog'liq bo'ladi, intensivlik esa fotoelektronlar sonini belgilaydi.

Eynshteyn o'zining yorug'likning kvant nazariyasiga bag'ishlangan ishini 1905 yilda chop etdi. Bu kvant gipotezasining birinchi marta tadbiq etilishi edi. Bu ishdan nafaqat boshqa olimlar, Plankning o'zi ham norozi bo'ldi. Ammo 1911 yilda amerikalik fizik Robert Milliken (1868-1953) Eynshteyn formulasidan foydalanib, tajribada Plank doimiysini topdi. Uning topgan son qiymati Plankning o'zi issiqlikdan nurlanish nazariyasiga asoslanib topgan qiymatga teng chiqdi. Bu kvant gipotezasining yangi tasdig'i bo'ldi.

Yorug'likning tushishi va fotoeffektning boshlanishi orasida sekundning milliondan bir bo'lagicha vaqt o'tishini ham tajribada topilgan. Bu holni ham to'liq nazariyasi asosida tushuntirib bo'lmaydi.

Kvant nazariyasi asosida tushuntirish ko'p qiyin bo'lmadi. Oddiy arifmetik hisob asosida bu holni ham Eynshteyn

tushuntirdi. Olimning fikricha, modda atomining sirti juda kichik bo'lib, bu sirtga kelib tushayotgan elektromagnit to'lqin sirti energiyasini to'plab, bir elektronni urib chiqarishga teng bo'lgan energiyani yig'ib olish uchun soatlab vaqt kerak bo'ladi. Kvant gipotezasiga asosan yorug'lik chastotasi fotoeffektning qizil chegarasidan yuqori bo'lsa, kvant kelib atomga urilgan zahoti elektronni urib chiqaradi.

Shunday qilib, asta-sekinlik bilan yorug'likning kvant nazariyasiga yaqinlashib borayapmiz. Ta'kidlash kerakki, Eynshteyn nurlanishga doir o'z nazariyalarini ishlab chiqishda nurlanishning Vin, Plank, Reley-Jins va boshqalar qonunlaridan va kvant gipotezasidan foydalandi va har safar tajriba bilan mos tushadigan xulosalar chiqardi.

1922 yilda amerikalik fizik A.Kompton rentgen nurlarining yengil elementlardan sochilishini o'rganib, sochilgan nur chastotasining o'zgarib qolishini ham kvant g'oyasi asosida tushuntirdi. Bu hodisani 1923 yilda golland olimi Debay ham kvant g'oyasi asosida tushuntirdi. 1927 yilda shu kashfiyot uchun A.Kompton Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. XX asr 20-yillarida sovet olimlari A.F.Ioffe (1880-1960). N.I.Dobronravov bilan hamkorlikda rentgen nurlari bilan o'tkazgan tadqiqotlari natijalarini ham faqat kvant nazariyasi asosida tushuntirish mumkin bo'ldi.

Eynshteyn nazariyalari va uning tajribada tasdiqlanishi, undan keyingi tajribalar natijalari yana yorug'likni korpuskulalar oqimidan iborat degan Nyuton nazariyasiga olib keldi. Nurlanish atomizmi yana tiklandi. Amerikalik olim Lyuis Gilbert Nyuton (1875-1946) 1929 yilda yorug'lik kvantlarini foton deb atadi. Shunday qilib, yorug'lik fotonlar oqimidan iborat degan qat'iy qarorga kelindi. Ammo yorug'likning qutblanish, difraksiya va interferensiyasini to'lqin nazariyasi asosida tushuntiramiz-ku? Yorug'likning tabiatiga ham to'lqin ham zarracha degan ikki xil qarashni qanday qilib uyg'unlashtirish kerak? Shu va shunga o'xshash savollarga quyida javob topishga harakat qilamiz.

5. Korpuskulyar-to'liqin dualizmi

Ingliz olimi Genri Breggning (1862-1942) ta'kidlashicha, yorug'lik so'zida butun fizika va demak, hamma fanlar mujassam etilgan. Yorug'likda nafaqat fanlar, unda butun borliq, hayot mujassamlashgan. Zotan, tabiat yorug'lik bilan mavjud. Inson dunyoga kelib, ko'z ochgan dastlabki kundanoq tabiatning ana shu in'omi bilan mavjud. Shuning uchun ham yorug'likning tabiatini o'rganishga, qonunlarini ochishga, undan unumliroq foydalanishga intilish kattadir.

Inson o'zini anglabdiki, yorug'lik o'zi nima, degan savolga javob axtaradi. Bu savolga atomizm va korpuskulyar nuqtai nazardan javoblarni qisman yuqorida keltirdik. Ammo nisbiylik va kvant nazariyalari kelib chiqishi bevosita yorug'lik hodisalarini o'rganishdagi qiyinchiliklar bilan bog'liq bo'lganidan yorug'likning tabiatidagi ikkiyoqlamalik, ya'ni korpuskulyar-to'liqin dualizmiga kengroq to'xtalish lozimga o'xshaydi.

XVII asrga kelib, geometrik optika qonunlari, fizikaviy optik hodisalar kashf qilindi, turli optik asbob-uskunalar yasaldi, yorug'lik tezligi o'lchandi. Yorug'lik nazariyasini yaratishga imkoniyat tug'ildi. Shu sababli yorug'likning to'liqin va korpuskulyar nazariyalari yaratildi.

To'liqin nazariyasi golland olimi Xristian Gyuygensning (1629-1695) 1690 yilda chiqqan **“Yorug'lik haqida traktat”** degan kitobida asoslab berildi. Albatta, ungacha Dekart, Grimaldi, Guk yorug'likning to'liqin tabiatga ega ekanligini aytgan edilar. Robert Guk (1635-1703), Gyuygens va Nyutonning zamondoshi bo'lib, yorug'likni ko'ndalang to'liqinlardan iborat deb hisobladi. Gyuygens yorug'lik haqidagi korpuskulyar tasavvurlarni bilar edi, ammo u bu tasavvurlarni qabul qilmadi. Sababi oddiy, yorug'lik zarrachalar oqimidan iborat bo'lsa, yorug'lik nurlari qanday qilib bir-biriga halaqit bermay kesishib o'tib ketadi, yorug'lik manbai qanday qilib zarrachalarni shunday katta tezlikda (300000 km/sek) o'zidan otib chiqaradi, yorug'lik tarqalishi moddani olib o'tish bilan bog'liq emas-ku? Shunga o'xshash puxta o'ylangan salmoqli

savollar Gyuygensning korpuskulyar nazariyani rad etishiga sabab bo'ldi.

Shu xildagi mulohazalarni vatandoshimiz Ibn Sino ham Gyuygensdan VII asr oldin bildirgan edi: “Agar yorug‘lik jism bo‘lsa, u holda yorug‘lik nurlarining havoda o‘zaro kirishib ketishiga aql bovar qilmaydi... Quyoshdan yoki alangadan uzluksiz ravishda jism ortidan jism chiqib tursa, u holda yorug‘likning chiqishi Quyosh va alangani suzar (filtrlar) edi”. Ya’ni yorug‘lik jism bo‘lsa, manbadan moddaning bir qismini olib ketar edi, demoqchi. Fikrimizcha, Gyuygensning korpuskulyar nazariyaga qarshi qaratilgan puxta savollari tug‘ilishiga XII asrda lotin tiliga, keyinchalik boshqa ovrupa tillariga tarjima qilingan Ibn Sino asarlari sabab bo‘lgan, desak xato qilmaymiz.

Gyuygensning fikricha, to‘lqin o‘zi bilan materiyani olib o‘tmaydi. Yorug‘lik tarqalishini tovush to‘lqinlari tarqalishiga o‘xshatadi. Ammo yorug‘lik havosiz fazoda tarqalishini hisobga olgan olim, yorug‘lik butun olamni to‘ldirgan efirda bo‘ylama to‘lqin shaklida tarqaladi, deb hisoblaydi. Efirda to‘lqin tarqalishini yangi prinsip asosida tushuntirdi: to‘lqin fronti yetib borgan fazoning har bir nuqtasi elementar to‘lqinlar manbaiga aylanadi; ularga o‘tkazilgan urinma to‘lqinning navbatdagi frontini beradi. Shu prinsip asosida yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalish qonunini, qaytish va sinish qonunlarini, superpozitsiya prinsipini, yorug‘lik nurlari bir-birini qoplaganda bir-biriga halaqit bermasligini, ikkilanib sinish hodisasini tushuntirib berdi. Lekin difraksiya, interferensiya, qutblanish va boshqa bir qancha to‘lqin xossasi bilan tushuntirilishi kerak bo‘lgan yorug‘lik hodisalarini tushuntira olmadi.

Yorug‘likning sinish qonunini o‘z prinsipi asosida tushuntirib, muhit sindirish ko‘rsatkichi formulasini

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\mathcal{I}_1}{\mathcal{I}_2}$$

shaklida chiqardi, bunda n - muhitning sindirish ko‘rsatkichi, α -yorug‘likning muhitga tushish burchagi, β -sinish burchagi, $\mathcal{I}_1$ -

yorug'likning bo'shliqdagi yoki havodagi tezligi desak, $\mathcal{Q}_2$ -muhitdagi tezligi. Bu formula tajriba natijalariga mos tushdi va Gyuygens nazariyasining muhim tayanchi bo'ldi.

Ammo aniq to'liq nazariyasi bilan tushuntirilishi kerak bo'lgan hodisalarni Gyuygens prinsip - tamoyillari tushuntira olmay turishi hech bir mantiqqa to'g'ri kelmas edi. Buning ustiga to'liq butun olamni to'ldirib turgan efirda tarqaladigan bo'lsa, efir har qancha siyraklashtirilgan bo'lganda ham planetalar harakatiga qarshilik ko'rsatishi kerak edi. Ammo bunday qarshilik astronomik kuzatishlarda hech sezilmaydi. Nyutonning bunday da'vo qilishga haqqi bor edi. Bundan tashqari Nyuton moddalarning atomar-donador tuzilishiga ishonar, shu sababli yorug'likni ham donador deb hisoblashga moyil edi. Shunday qilib, o'ta sinchkov, talabchan va ehtiyotkor bo'lgan olim to'liq nazariyasini qat'iy rad etmagan holda yorug'likning korpuskulyar nazariyasining ham qat'iy tarafdori emas edi. Qat'iy tarafdorlik ko'rsatmagan holda Nyuton ko'plab yorug'lik hodisalarini korpuskulyar nazariya asosida tushuntirdi. Masalan, Guk va boshqa olimlar oq yorug'likning rangli nurlarga ajralish, ya'ni dispersiyasi sababini prizmaning xossasi bilan bog'lasa, Nyuton yorug'likning rangdorlik sababi ajratuvchi jismda emas, balki yorug'likning o'z tabiatidan kelib chiqadi deb tushuntirdi. Dispersiyani ham to'liq nazariyasi tushuntira olmadi. Turli rangdagi nurlarning prizmada turlicha sinishi Nyutonning yorug'likning korpuskulyar nazariyasiga ishonchini yanada mustahkamladi. Yorug'lik manbadan atomar-donador holda nurlanadigan korpuskulalar oqimidan iborat deb, o'zi o'tkazgan tajribalar asosida dispersiya hodisasini tushuntirib berdi.

Yorug'likning qaytishini elastik sharchalarning elastik sirtdan qaytishi kabi, sinish qonunini esa elastik moddiy sharchaning zich muhitga kuchliroq tortilishidan deb, qaytish va sinish qonunlarini tushuntirib, isbot qilib berdi va moddaning sindirish ko'rsatkichi uchun

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1}$$

formulasini chiqardi. Bu Gyuygens formulasiga teskari ko‘rinishda edi. U zamonlarda kim haqligini tajribada aniqlab bo‘lmas edi. Faqat oradan 150 yildan ko‘proq vaqt o‘tib, 1850 yilda fransuz olimi Jan Fuko (1819-1868) havoda yorug‘lik tezligini o‘lchab, $c=(298000\pm500)\text{km/sek}$ ekanligini, suvda esa yorug‘lik tezligi havodagi tezlikning $\frac{3}{4}$ qismini tashkil etishini aniqladi va Gyuygensning haqligini tasdiqladi.

Dispersiyani Nyuton turli rangdagi nurlarga turlicha sharchalar to‘g‘ri kelib, ular sindiruvchi muhitga turlicha tortiladi, natijada oq yorug‘lik nurlari turli rangli nurlarga ajralib ketadi deb tushuntirdi. Difraksiyani yorug‘lik zarralarining noshaffof to‘siq chetlariga kuchli tortilishi tufayli yuz beradi deb, ikkilanib sinish hodisasini korpuskulalarning qutblanishi bilan tushuntirdi. Yupqa pardalarda yuz berayotgan interferensiyon rangdorlikni parda qalinligining o‘zgarishi bilan tushuntirdi. Yupqa parda qalinligining ma’lum miqdorda o‘zgarishi, hozirgi bilimlarimiz darajasida aytsak, qalinlikning chorak to‘lqin uzunligiga o‘zgarishi Nyutonni yorug‘lik hodisalarida davriylik bor degan fikrga olib keldi, bu davriylik miqdorini o‘lchab to‘lqin uzunligini o‘lchashga muvaffaq bo‘ldi, topgan qiymatlari hozirgi zamon natijalariga juda yaqindir. Har bir rangli nur uchun bu miqdor aniq bir qiymatga egadir.

Nyuton halqalar hosil bo‘lishini tushuntirishda u to‘lqin tasavvurlariga yanada yaqin kelib qoladi: yorug‘lik korpuskulalari ponasimon havo qatlamiga kelib urilganda undagi efirni tebratadi, natijada efir siqiladi yoki siyraklashadi. Siyraklashgan joyga tushgan nur ponadan o‘tadi, siqilgan joydan esa qaytadi. Natijada qaytgan nurda ham o‘tganida ham interferensiyon halqalarni ko‘ramiz. Bu mulohazalarda munozarali nuqtalari juda ko‘p, ammo zamonasi bilim doirasida interferensiyani korpuskulyar nazariya asosida tushuntira turib, to‘lqin nazariyasiga juda yaqin kelib qoladi.

Shunday qilib, Nyuton o'z davrida ma'lum bo'lgan hamma optik hodisalarini aniq bir nazariyada tartibli tushuntirib beradiki, bu hol uning hech bir zamondoshida kuzatilmagan. Shu sababli butun XVIII asr va XIX asr boshlarida Nyutonning korpuskulyar nazariyasi ustunlik qilib keldi. Ko'pchilik olimlar Nyutonning korpuskulyar nazariyasi tarafdori bo'lganlar.

XVIII asrda shvetsariyalik, Peterburg fanlar Akademiyasi xodimi Leonard Eyler (1707-1783) va M.V.Lomonosov to'liq nazariyasi tomonida bo'ldilar. Eylerning fikricha optik, elektrik, magnit, issiqlik va boshqa hodisalar moddiy jismlar bilan juda nafis, kichik zichlikdagi elastik muhit efirning o'zaro ta'siri natijasidir.

Lomonosov fikricha, yorug'lik bu efirda ko'ndalang to'liq tariqasida tarqalayotgan tebranma harakatdan iborat, elektr ham efirning optik hodisalarga sabab bo'lgan xossalari bilan bog'liqdir. Jismlarning nurlanish va nur yutish qobiliyati ularning kimyoviy tuzilishi bilan bog'liqdir.

XIX asr boshlarida yorug'likning tabiatiga qarashlarda to'ntarish yuz berdi. Bu to'ntarish angliyalik olim Tomas Yung (1773-1829) va fransuz olimi Ogyusten Frenel (1788-1827) nomlari bilan bog'liqdir. 1796 yilda, ya'ni 23 yoshida meditsina fanlari doktori bo'lgan Yungning bilimi juda keng qamrovli bo'lib, ko'plab xorijiy tillarni bilgan, optika, akustika, issiqlik, mexanika, matematika, astronomiya, geofizika, filologiya, zoologiya va boshqa fanlar bilan mashg'ul bo'lgan. 1800 yilda korpuskulyar nazariyani tanqid ostiga oldi va to'liq nazariyasini yoqlab chiqdi. Avval tovush to'liqlari interferensiyasi, to'liq superpozitsiya prinsipini ishlab chiqdi va yorug'lik interferensiyasini tushuntirib berdi, 1803 yilda "interferensiya" atamasini kiritdi. Uning prinsipiga asosan bir yorug'lik manbasidan chiqqan ikki to'liq turli yo'llar bilan kelib bir nuqtada o'zlarining qavariq va botiq qismi bilan uchrashishiga qarab bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin. Bu bilan u to'liq kogerentligi tushunchasini ham kiritdi. Mexanik to'liqlar interferensiyasi hodisasini optik to'liqlar sohasiga tadbiq etdi.

Yungning asosiy xizmati shundadir. O'z prinsipi asosida yupqa pardalarda yuz bergan interferensiyani, jumladan, Nyuton halqalarini ham tushuntirdi: pardaning ustki va pastki qismidan qaytgan to'liqlar o'zaro interferensiyalashadi. Ikki tirqishdan chiquvchi nurlar interferensiyasini, yakka tirqishdan va to'siqdan difraksiyani ham interferensiya prinsipi asosida tushuntirdi va optikaga to'liq uzunligi tushunchasini kiritdi, yorug'lik rangini uning chastotasi bilan bog'ladi. Yung yorug'lik qutblanishini tushuntira olmadi, chunki u ham yorug'lik efirda tarqaluvchi bo'ylama to'liq deb hisoblar edi.

Yorug'likning qutblanishini XIX asr boshida fransuz olimlari Malyus (1775-1812), Arago (1786-1853), Bio (1774-1862), shotlandiyalik olim Bryuster (1781-1868) va boshqalar o'rgandi va korpuskulyar nazariya asosida tushuntirishga urindilar. Bu tadqiqotlar sohasidagi qiyinchiliklar fransuz olimi Frenelni korpuskulyar nazariyani rad etib, to'liq nazariyasiga yon bosishiga sabab bo'lgandir. Frenel quruvchi-muhandis bo'lib, o'zining qisqa umrini optika sohasidagi tadqiqotlarga bag'ishladi. Gyuygens prinsipini quyidagicha to'ldirdi: oldingi to'liq fronti nuqtalari chiqargan ikkilamchi elementar to'liqlar qo'shilishi natijasida interferensiyalashadi va murakkab to'liq frontini hosil qiladi. Shu prinsip asosida to'siqdan va tirqishdan yuz berayotgan difraksiya manzarasini hisoblab chiqdi. Tajriba bu hisoblarni tasdiqladi.

Kogerent yorug'lik manbalari hosil qilish uchun turli asboblari yasadi va kuzatilgan difraksiya va interferensiya hodisalarini o'z prinsipi asosida tushuntirib berdi. Dumaloq ekran orqasida ma'lum masofada difraksion manzara markazi yorug' bo'lishi kerakligini Arago tajribasi tasdiqlagandan keyin Frenel nazariyasi tasdiqlandi va interferensiya hamda difraksiya hodisalarini to'liq va ishonchli tushuntirib berdi. Ammo yorug'lik qutblanishini tushuntirish qiyin bo'ldi, chunki bunda to'liqni ko'ndalang deb hisoblash kerak bo'lar edi. Buning uchun esa efirni siyrak nafis muhit emas, qattiq jismlarga o'xshash elastik siljish deformatsiyasiga ega bo'lishi kerak deb olinishi kerak edi.

Aynan shunday faraz bilan Frenel va Yung bir-biridan bexabar holda yorug'likni ko'ndalang to'lqin deb qarab qutblanish hodisasini tushuntirdilar. Bu tajribada tasdiqlandi. 1850 yilda Fuko suvda yorug'lik tezligi havodagidan kamligini aniqlagandan keyin to'lqin nazariyasi yana bir ishonchli tajriba bilan mustahkamlandi. Ammo to'lqin nazariyasining to'liq ustunligini ta'minlash uchun efir muammosini hal etish kerak edi.

Maksvellning (1831-1879) elektromagnit maydon nazariyasi yorug'likning tabiatini aniqlashda muhim tadqiqot bo'ldi. Ta'kidlash lozimki, elektromagnit maydonning birinchi differensial tenglamalarini 24-25 yoshida, 1855-1856 yillarda chiqardi. Nazariyani 1860-1865 yillarda yakunladi. Elektromagnit maydonni Maksvell tenglamalari sistemasi shaklida ifodaladi. Nazariyadan eng birinchi muhim xulosa shu ediki, elektromagnit maydon yorug'lik tezligida siljiydi, ya'ni elektromagnit to'lqin yorug'lik tezligida tarqaladi. Bu xulosa yorug'lik ham elektromagnit xossaga ega degan yanada muhim xulosaga olib keldi, optik va elektromagnit hodisalari orasida bog'lanishni aniqlab berdi. Modda sindirish ko'rsatkichi bilan dielektrik singdiruvchanligi orasidagi bog'lanishni topdi. 1873 yilda yorug'lik bosimini nazariy hisoblab berdi. Faqat yorug'likning tabiatiga mexanistik qarashlarni, ya'ni elektromagnit to'lqin efirda tarqaladi, degan tushunchani bartarf eta olmadi.

Yorug'lik bosimga ega degan fikrni birinchi bo'lib, nemis olimi Iogan Kepler (1571-1630) aytgan va kometalar dumi Quyosh nurining bosimi natijasida hosil bo'ladi, deb tushuntirgan edi. Yorug'likning bosimi haqida Maksvell xulosasini ko'plab olimlar nazariy rivojlantirdi, tajribada topishga urinib ko'rishdi. Ular orasida faqat rus olimi P.N.Lebedev (1866-1912) bu sohada katta muvaffaqiyatga erishdi. 1899 yilda yorug'likning qattiq jismlarga bosimini, 1907 yilda gazlarga bosimini aniqladi. Bu tajriba yorug'likning elektromagnit to'lqin nazariyasining to'g'ridan-to'g'ri isboti bo'ldi. Albatta, 1888 yilda nemis olimi Genrix Gers (1857-1894) tajribada elektromagnit to'lqinni hosil qilgan edi. 1895 yilda rus fizik-ixtirochisi A.S.Popov (1859-1906)

radioni kashf qilib, elektromagnit to'liqinni amalda ishlatib, elektromagnit to'liqin mavjudligini isbot qilgan edi. Ammo P.N.Lebedevning tajribasi Maksvell nazariyasining eng ishonchli isboti bo'lish bilan birga yorug'lik efirda yuz beruvchi hodisa emas, balkim mustaqil mavjud bo'lgan moddiy ob'ekt ekanligini tasdiqladi. Demak, yorug'lik impulsiga, massaga va energiyaga ega bo'lgan materiyaning mustaqil bir ko'rinishidir degan xulosaga olib keldi.

Shunday qilib, XX asr boshida yorug'likning tabiatiga qarashlarda muhim o'zgarishlar yuz berdi. Bir tomondan yorug'likning to'liqin nazariyasi batamom tasdiqlandi. 1900 yildan keyin esa Plank va Eynshteyn yorug'likning korpuskulyar nazariyasini yana tikladi. Ammo kvant gipotezasining fizikaga kirib kelishi juda qiyin kechdi. Chunki yorug'likning nazariya va tajribalarda to'liq tasdiqlangan uzluksiz to'liqin tabiatini nazariya va tajribalarda tasdiqlanayotgan korpuskulyar tabiati bilan uyg'unlashtirish kerak edi.

XX asr birinchi choragida xossalardagi ikkiyoqlamalik faqat yorug'likkagina emas, elementar zarrachalarga ham, ya'ni moddiy olam xossalarga ham xos ekanligi ochilib qoldi. 1923 yilda fransuz olimi Lui de Broyl (1892-) yorug'lik xossalardagi ikkiyoqlamalikni moddalarga tadbiq etdi, ya'ni zarrachalar harakatini to'liqinning tarqalishi bilan solishtirdi va zarrachalar oqimi to'liqin xossasiga ega bo'lishi kerak, degan nazariy xulosaga keldi. Uning fikricha, asrlar davomida fiziklar yorug'lik nazariyalarida "zarracha" tushunchasini tan olmadilar, xuddi shunday modda xossalarda to'liqinni hisobga olmaganlarida haq edilarmi? Turg'un holatdagi har qanday moddiy zarracha ν_0 chastotali davriy harakat bilan bog'liq bo'lib, uning energiyasi E Plank formulasidan topiladi, ya'ni

$$E = h\nu_0,$$

bu yerda kvant energiyasi ε -ni zarracha energiyasi E bilan almashtirgan. Moddiy zarra energiyasi yana Eynshteyn formulasidan topiladi:

$$E = m_0 c^2,$$

bu yerda m_0 -zarrachaning turg'un holatdagi massasi, c -yorug'lik tezligi. Bu formulalarni tenglashtirish va sodda almashtirishlar yordamida moddiy zarracha to'ldin uzunligining formulasini chiqardi:

$$\lambda = \frac{h}{m \mathcal{V}},$$

bu yerda m -zarrachaning harakatdagi massasi, $\mathcal{V}$ -tezligi, λ -to'ldin uzunligi, buni de Broyl to'ldin uzunligi ham deb yuritiladi.

Lui de Broylning nazariy bashorati 1927 yilda o'z tasdig'ini topdi. Bir-birlaridan bexabar holda ingliz olimi J.J.Tomsonning o'gli Jorj Pajjet Tomson (1892-1975) va amerikalik olimlar Klinton Devisson (1881-1958) hamda Lester Jermer elektronning difraksiyasini tajribada kuzatdilar. 1937 yilda ularga Nobel mukofoti berildi. Ulardan keyin XX asrning 30 yillariga kelib, atom va molekulalarning difraksiyasi, undan so'ng proton va neytronlar difraksiyasi kuzatildi. Tajribada elektronlar o'zlarini to'ldin sifatida namoyon qildi: elektron to'ldini qaytishi, difraksiyasi, interferensiyasi kuzatildi. Elektron de Broyl to'ldini uzunligining aniq son qiymatlari topildi: $\lambda = 1 \text{ \AA}$ va undan kichik qiymatlar. Shunday qilib, mikrozarrachalar to'ldin xususiyatiga ega ekanligi to'liq tasdiqlandi.

Mikrozarralar boshqa tajribalarda, masalan, katod nurlari bilan o'tkazilgan tajribalarda elektron o'zini moddiy zarracha sifatida namoyon qiladi. Muhimi bir tajribaning o'zida mikrozarra o'zining ikkala xossasini bir yo'la hech qachon namoyon qilmaydi. Yorug'lik ham xuddi shunday, o'zining ikkala xossasini, ya'ni to'ldin va foton xossalarini bir yo'la namoyon qilmaydi.

Fiziklar anglab bo'lmaydigan qiyin ahvolga tushib qoldilar: interferensiya, difraksiya va qutblanishni yorug'likni to'ldin deb atasak tushuntirib bo'ladi; fotoeffekt va Kompton effektini yorug'lik fotonlar oqimidan iborat deyilganda tushuntirish mumkin. Yorug'likni to'ldin desak, uning tarqalishi uchun efir

kerak, foton desak efirga ehtiyoj qolmaydi. Bir tomonda xossalarini anglab bo'lmaz efir muammosi, ikkinchi tomonda yorug'lik tabiatidagi ikkiyoqlamalik bo'lsa, endi uchinchi tomonda moddiy zarralar tabiatidagi ikkiyoqlamalik paydo bo'ldi.

Bu qiyinchiliklardan qutilish yo'lini 1927 yilda daniyalik buyuk nazariyotchi olim Nils Bor (1885-1962) ko'rsatib berdi u to'ldiruvchanlik prinsipini taklif qildi. Olimning fikricha, tabiatda sof to'lqin va sof zarracha yo'q, dualizm–ikkiyoqlamalik bor, xolos. To'lqin ham, moddiy dunyo ham korpuskulyar–donador va uzluksiz to'lqin xossasini bir vaqtda namoyon qilishi mumkin emas. To'lqin xossasini namoyon qilganda korpuskulyar xossasi noaniq bo'lib, korpuskulyar xossasini namoyon qilganda to'lqin xossasi noaniq bo'lib turadi. O'tkazayotgan tajribamizning sharoitiga qarab dualizmni qaysi tomondan kuzatayotganimiz ma'lum bo'ladi. Shunday qilib, Bor bir moddiy ob'ektda bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan ikki sifat borligini ko'rish va tan olish kerakligini tushuntirdi. Bu tabiatda qarama-qarshiliklar birligi va kurashi qonunini tan olish demak edi. Bu qonun nuqtai nazaridan yorug'lik va moddiy zarrachalar tabiatidagi ikkiyoqlamalik tabiiy va qonuniy bo'lib chiqadi.

Boshqa tomondan korpuskulyar–to'lqin dualizmi haqidagi tasavvurlar boshqa bir tajribada yanada mustahkamlandi. Ma'lumki, 1912 yilda nemis olimlari M.Laue (1879-1960), V.Fridrix (1883-1968) va P.Knipping (1883-1935) rentgen nurlari difraksiyasini tajribada kuzatib, rentgen nurlarining to'lqin ekanini isbot qilgan edilar. Rentgen nurlari to'lqin uzunligi juda qisqa bo'lib, $\lambda = 0,5-5 \text{ \AA}$ ekanligi ham aniqlangan. Korpuskulyar–to'lqin-dualizmini yana bir marta tasdiqlagan narsa shu bo'ldiki, to'lqin xossasi qat'iy isbot qilingan rentgen nurini fotonlar oqimi deb qarab, qayd qilish, hisoblash mashinalari (schyotchik) yordamida fotonlar sonini aniqlash imkoni paydo bo'ldi.

Oqibatda shunday bo'ldiki, nurlanishning kvantlanganligi bilan bog'liq bo'lgan muammolarni o'rganish jarayonida nurlanish

dualizmi modda dualizmi bilan qo‘shilib ketdi, atom fizikasi, kvant mexanikasi, kvant elektronikasi va boshqa kvant bilan bog‘liq bo‘lgan zamonaviy fanlar paydo bo‘ldi.

6. Atomning murakkab tuzilishi. Bor atomi

Atom to‘g‘risidagi tasavvurlar ko‘p asrlar davomida rivojlanib keldi, pirovard natijada moddalar atom va molekulalardan tuzilgan, atomning o‘zi ham moddaning bo‘linmas sodda donasi–bo‘lagi emas, uning o‘zi ham yanada maydaroq zarrachalardan tashkil topgan degan xulosaga kelindi.

XIX asr boshlarida ingliz olimi Praut atomlarning murakkab tuzilishi haqida so‘z ochdi. Tajriba natijalariga asoslanib elementlar atomlari vodorod atomiga karrali, ya’ni hamma elementlarning atomlari vodorod atomlaridan tashkil topgan degan gipotezani bayon qildi. Mendeleev davriy sistemasi yaratilgandan keyin atomning murakkab tuzulma ekanligi yanada oydinlashdi. Ingliz olimi Uilyam Kruks (1832-1919) hamma elementlar «**protila**» degan boshlang‘ich moddadan tashkil topgan degan fikrni ilgari surdi. Rus olimi N.A.Morozov (1854-1946) chor Rossiyasi qamoqxonalarida 15 yil tutqunda bo‘lganida, atom tuzilishi haqida kitob yozdi va 1907 yilda bu kitobni chop ettirdi. Uning fikricha barcha elementlar atomlari og‘irliklari 1,2,4 nisbatda bo‘lgan uchta zarracha: vodorod, protogeliy va arxoniy, hamda ikkita elektr zarrachalari, manfiy–katodiy va musbat-anodiydan tashkil topgan. Katodiy–elektronga, anodiy–musbat zaryadga to‘g‘ri keladi.

Moskva universitetining professori B.M.Chicherin 1888-1889 yillarda atom Quyosh sistemasi kabi tuzilishga ega, markazida yadro bo‘lib, uning atrofida chetki massa aylanib yuradi, ular orasida gravitatsiya tortishish kuchi mavjud degan fikrni bildirdi. 1896 yilda Antuan Bekkerel (1852-1908) tomonidan radioaktivlikning, 1897 yilda J.J.Tomson tomonidan elektronning, 1898 yilda Mariya Sklodovskaya–Kyuri (1867-1934) va fransuz olimi Per Kyuri (1859-1906) tomonidan

radioaktiv element radiyning kashf etilishi atomni bo‘linmas, deb atash butunlay asossiz ekanini isbotladi.

Atomning murakkab tuzilishining birinchi modeli V.Tomson va J.J.Tomson tomonidan 1903 yilda taklif qilindi. Bu gipotezaga ko‘ra, atom musbat zaryadlar bilan to‘ldirilgan sferadan iborat bo‘lib, sfera ichida manfiy zaryadli korpuskulalar, ularni keyinchalik elektron, deb atala boshlagan, qatlam-qatlam bo‘lib joylashgan. J.J.Tomson o‘zining modeli yordamida Mendeleev davriy sistemasidagi elementlar kimyoviy xossalari davriyligini, metallar o‘tkazuvchanligini, radioaktivlikni va boshqa hodisalarni tushuntirishga harakat qildi. Ammo bu modelning imkoniyatlari chegaralangan edi. 1904 yilda yapon fizigi Nagaoxa atomning planetar modelini taklif qildi, 1905 yilda Vin bu modelni tanqid qilib, bunday atom turg‘un bo‘lmaydi, orbitada turgan elektron nurlanish hisobidan o‘z energiyasini tezda yo‘qotadi dedi. Albatta, bu yerda uzluksiz elektromagnit nurlanish haqida so‘z yuritilmoqda.

1909-1910 yillarda ingliz olimi Ernest Rezerford (1871-1937) o‘z shogirdlari bilan α zarralarning yupqa modda qatlamidan sochilishini tadqiq qildi va tajriba natijalariga asoslanib, 1911 yilda atomning planetar modelini ishlab chiqdi. Bu modelga ko‘ra, atom o‘lchami 10^{-13} sm bo‘lgan musbat zaryadli yadrodan va uning atrofida aylanib yuruvchi elektronlardan iborat.

Atomning umumiy zaryadi nolga teng. Chunki yadroning musbat zaryadi bilan atrofida aylanib yurgan elektronlar zaryadi o‘zaro teng. Elektronlar soni elementning Mendeleev davriy sistemasidagi tartib raqamiga teng bo‘ladi.

Rezerford modeliga asosan vodorod atomi markazida bitta musbat zaryadli proton va uning atrofida aylanib yuruvchi bitta elektrondan iborat. Atomning asosiy massasi yadroda jamlangan, vodorod atomi yadrosidagi bitta proton massasi elektron massasidan 1836 marta katta. O‘lchamiga nisbatan yadro massasi shu darajada kattaki, yadroda modda zichligi suv zichligidan yuz milliard marta katta, ya’ni, agar bir kub santimetr yadro

materiyasini to'play olsak, uning massasi yuz ming tonna bo'lar edi.

Rezerford planetar modelining elektromagnit to'liqin nazariyasi uchun tug'dirgan qiyinchiligi faqat yadro massasining juda kattaligida emas, nurlanishini tushuntirishda, vodorod atomining, umuman boshqa atomlarning ham chiziqli spektrlari qonuniyatini tushuntirishda, qolaversa, atomning turg'unligi va mavjudligini tushuntirishda ham yaqqol ko'rindi.

Klassik nazariyaga asosan vodorod atomining elektroni proton atrofida aylanib uzluksiz elektromagnit to'liqin chiqaradi. Nurlanishi uzluksiz bo'lgach, spektri uzluksiz-yalpi spektr bo'lishi kerak edi, lekin tajribada ko'rinuvchi nurlar sohasida to'rtta spektral chiziqni beradi. Undan ham anglab bo'lmas jihati shundaki, nurlanish hisobidan energiyasi uzluksiz kamayib borayotgan elektronning harakat trayektoriyasi aylanasiimon bo'lmay, yadro tomon buralib yaqinlashib boradigan spiraldan iborat bo'lishi va vaqti kelib manfiy zaryadli elektron musbat zaryadli proton bilan uchrashib, ular bir-birini o'zaro yemirib, vodorod atomi yo'q bo'lishi kerak. Ammo bilamizki, vodorod atomi bo'lgan, bor yoki bundan keyin ham bo'ladi, ya'ni vodorod atomi turg'un.

Ko'rinuvchi nurlar sohasida vodorodning to'rtta spektral chizig'i ma'lum bir qonuniyat asosida joylashgan. Ammo olimlar har qancha urinmasinlar ularning qonuniy ifodasini topisha olmadi. Omadni qarangki, shveysariyalik maktab fizika o'qituvchisi, keyinchalik universitet o'qituvchisi Iogann Balmer (1825-1898) vodorodning to'rtta spektral chizig'ining to'liqin uzunligi yoki chastotalar bo'yicha joylashish qonunini sodda formulada ifodalash mumkinligini 1885 yilda aniqladi. Bu formulani doiraviy chastota uchun yozamiz:

$$\omega = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n=3,4,5,6\dots)$$

bu yerda ω -doiraviy chastota, $R=2,07 \cdot 10^{16} \text{sek}^{-1}$ -shvetsiyalik olim Iogannes Ridberg (1854-1919) nomi bilan ataluvchi doimiylik. Qonuniyatini topgani sharafiga vodorodning ko'rinuvchi nurlar

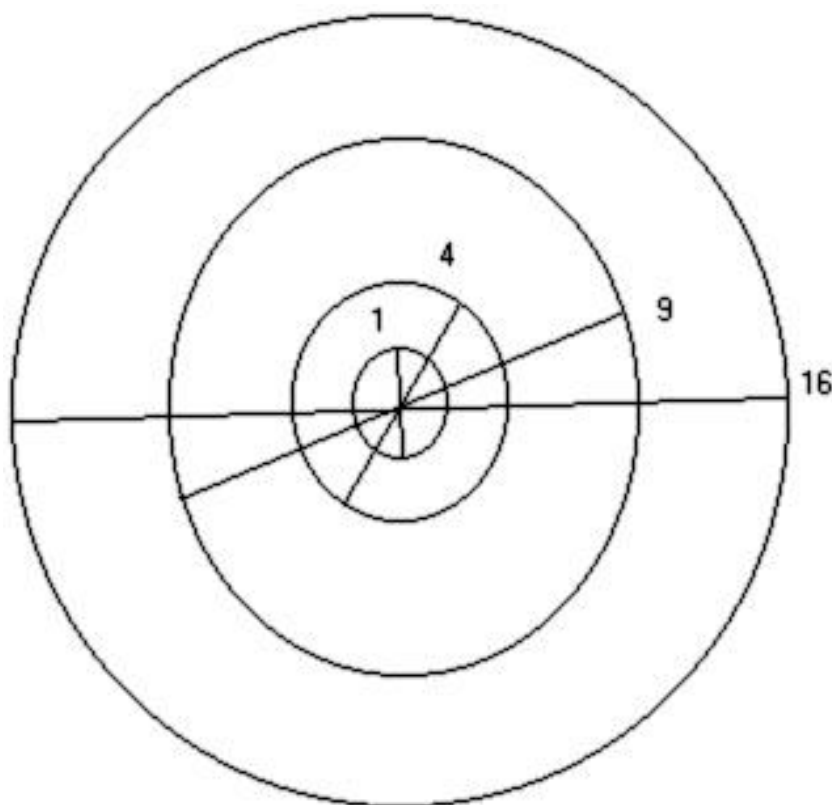
sohasidagi bu to'rtta chizigini Balmer seriyasi deb yuritiladi. Mantiqan n-doimiy sonlar qiymatini 7,8 va xokazo deb belgilab, boshqa spektral chiziqlar seriyasini ham topish mumkin edi. Xuddi shunday bo'ldi ham, ultrabinafsha va infraqizil nurlar sohasida vodorodning to'rtta serial spektrlari topildi. Shunday qilib, ko'rinib turibdiki, elektromagnit to'lqin nazariyasi chiziqli spektrlar paydo bo'lishini ham tushuntira olmadi. Bu qiyinchilikdan fiziklarni 1913 yilda daniyalik olim Nils Bor (1885-1962) qutqardi. Bu paytda Bor 28 yoshda bo'lib, Rezerfordning laboratoriyasida ishlar edi. Nils Bor o'zining nazariyasiga Rezerfordning planetar modelini asos qilib oldi va o'z gipotezalari bilan to'ldirdi. Bu gipotezalar Bor postulatlari deb ataladi va qisman klassik tushunchalarga asoslansa, qisman qarama-qarshi turadi.

Bor postulatlari quyidagicha o'qiladi: har bir elektron atomda ma'lum energiyaga ega bo'lib, turg'un orbitada harakat qiladi; bu orbitada elektromagnit nurlanish energiyasini yutmaydi ham, chiqarmaydi ham; elektron bir orbitadan boshqa orbitaga sakrab o'tganda ma'lum chastotadagi monoxromatik nurlanish energiyasini ma'lum porsiyalarda yutishi yoki chiqarishi mumkin. Nurlanish energiyasi yoki yutish energiyasi kattaligi Plank nazariyasi asosida aniqlanadi. Aytaylik, elektron m tartib raqamli turg'un orbitadan n tartib raqamli orbitaga o'tsa nurlanish yoki yutish energiyasi kattaligi

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n$$

formuladan topiladi. Bu yerda $m > n$ deb olinsa, bu formuladan nurlanish energiyasini, $m < n$ deyilsa, yutilish energiyasi kattaligini topamiz. E_m va E_n tegishli orbitalardagi elektron energiyalari, bu energiyalar farqi $E_{mn} = h\nu_{mn}$ kvant energiyasiga teng, ν_{mn} - nurlanish chastotasi, h - Plank doimiysi. Bor o'z nazariyasi asosida Balmer formulasini keltirib chiqardi, Balmer seriyasidagi spektral chiziqlarga tegishli to'lqin uzunliklarini aniq hisoblab chiqardi, vodorodning boshqa spektral seriyalari borligini bashorat qildi, bu seriyalar ham tezda tajribada aniqlandi. Geliy atomining

modelini ham ishlab chiqdi, bu model ham tajribada tasdiqlandi. Uygʻongan va uygʻonmagan vodorod atomida elektron orbitalarining diametrlari natural sonlar qatorining kvadratlariga proporsional ekanligini topdi. Bu orbitalar chizmada quyidagicha koʻrinishga ega boʻladi:



Birinchi orbitaning diametri odatdagi uygʻonmagan vodorod atomining diametrini beradi, u $1A^0$ ga teng ekan. Qolgan orbitalar atomning uygʻongan holatiga toʻgʻri kelib, diametrlari $4, 9, 16A^0$ ga teng. ($2^2, 3^2, 4^2$ va hokazo).

Shunday qilib, Bor nazariy ravishda atomning ichki tuzilishini tasvirlab berdi, turgʻun, yaʼni statsionar orbitalar radiusini, ularning biridan ikkinchisiga oʻtganda nurlanish energiyasi va chastotalarini hisoblab berdi. Uning nazariy hisoblari tajriba natijalariga toʻgʻri keldi.

Hozir vodorod atomining uygʻonmagan holatdagi radiusi katta aniqlik bilan oʻlchangan va hisoblab chiqilgan. Bu kattalik

$$r_1 = 0,529A^0$$

bo'lib, ramziy ma'noda Bor radiusi deb yuritiladi, atomning o'zini ramziy ma'noda Bor atomi deb atash mumkin.

1914 yilda nemis olimi Jeyms Frank (1882-1964) va Genrix Gersning jiyani Gustav Gers (1887-1975) simob atomlarini elektronlar bilan uyg'otib nurlantirish ustida olib borgan tajribalari atomning statsionar holatlarda bo'la olishi, bir statsionar holatdan boshqasiga o'tganda nurlanish energiyasi va chastotasini Bor formulasi bilan hisoblash mumkinligini tasdiqladi.

Shundan so'ng, Bor nazariyasi turli tajriba va nazariy hisoblashlarda qo'llaniladigan bo'ldi, boshqa nazariy qarashlar va gipotezalar bilan boyitilib borildi. Bu nazariyaga Borning o'zi ham ko'p o'zgartirish va tuzatmalar kiritdi. XX asrning 40 yillaridan boshlab atom haqidagi bilimlar juda rivojlanib, alohida fanga aylanib ketdi. 1913 yilda Bor taklif etgan atom modelini hozirgi zamon atom haqidagi tasavvurlar bilan sira solishtirib bo'lmaydi, ammo atom spektrlarini tushuntirishda, amaliy spektroskopiyada Borning g'oyalari hali ham xizmat qilmoqda. Hozir hamma elementlar atomida statsionar orbitalarda harakat qiluvchi elektronlar mavjudligi, bir orbitadan boshqasiga o'tganda faqat shu elementga xos chastotadagi fotonni chiqarishi yoki spektral chiziqni hosil qilishini bilamiz, klassik ma'nodagi sharsimon elektron o'rniga elektron buluti tushunchasi kirib kelgan. Shunday qilib, atom tuzilishi haqida tasavvurlarimiz juda o'zgarib ketganiga qaramay, Borning kvant nazariyasi murakkab atom tuzilishining boshlang'ich nazariyasi sifatida fizika tarixida qoldi.

7. Kvant mexanikasining yaratilishi

Bor nazariyasi amalda o'z tasdig'ini topgandan keyin bu nazariyani mukammallashtirish yo'lida ko'pgina urinishlar bo'ldi. Bu ishda boshqa ko'plab atoqli olimlar qatorida Borning o'zi ham qatnashdi. Avvalo, atomning statsionar holatlarini belgilovchi umumiy shartlarni topish, turli tashqi maydon ta'siridagi atom holati va spektral bo'linishlarni tushuntirish, ko'p elektronli

atomlarda elektronlarning yadro atrofida taqsimlanishiga bag'ishlangan nazariy va amaliy tadqiqotlarda atomdagi elektronning holatini to'rt kvant son bilan belgilash mumkinligi aniqlandi, Mendeleev davriy sistemasi tushuntirildi. Bu orada Bor vodorod atomi uchun klassik va kvant nazariyalarining muvofiqlik prinsipini ishlab chiqdi. Bu prinsipga asosan kvant nazariya o'z ichiga klassik nazariya natijalarini oladi va mikrozarralar xossalarini yangicha tushuntirib beradi, ma'lum chegaraviy hollarda klassik nazariya natijalarini ham berishi kerak. Bu tadqiqotlar va munozaralar davomida nemis fizigi Wolfgang Pauli (1900-1958) 1925 yilda hozirgi zamon nazariy fizikasining muhim prinsipini ta'riflab berdi: atomda to'rt kvant soni ham bir xil bo'lgan ikkita va undan ortiq elektron bo'lishi mumkin emas, ya'ni atomda faqat bitta elektronning to'rt kvant soni ma'lum qiymatlarga ega bo'lsa, boshqa elektronlar hech bo'lmaganda bitta kvant soni bilan farq qilishi kerak. Har qancha tuzatmalar kiritib mukammallashtirilmasin Bor nazariyasi ko'plab muammolarni yechish imkoniga ega bo'lmadi. Shu sababli atom hodisalarini tushuntiradigan yangi nazariya yaratish muammosi ko'ndalang bo'lib turar edi. Buning uchun eski klassik tushuncha va prinsiplardan voz kechish kerak bo'ldi.

Birinchi bo'lib, bunday jasoratni nemis olimi Verner Geyzenberg (1905-1976) ko'rsatdi: kvant mexanikasining birinchi varianti-matritsali mexanikani yaratdi. Ma'lumki, gollandiyalik olim Xendrik Lorens (1853-1928) moddalarning elektrik, magnitik va optik xossalarining elektron nazariyasini yaratgan. Shu nazariya asosida yorug'lik dispersiyasini ham tushuntirib berdi. Borning postulatlarini e'lon qilingandan keyin yorug'likning moddalarda yutilishi, dispersiyasi, sochilishini kvant nazariyasi asosida tushuntirish imkoni bo'ldi. 1921 yilda nemis olimi Rudolf Ladenburg (1882-1952) dispersiyaning kvant nazariyasini yaratdi.

1924-1925 yillarda bu nazariyani golland olimi Xendrik Kramers (1894-1952) qayta ishlab, dispersiyaning to'liq formulasini chiqardi, manfiy dispersiyaning bashorat qildi, bu bashorat tajribada tasdiqlandi.

Geyzenberg 1926 yilda mavjud bo'lgan eksperimental natijalar va Borning muvofiqlik prinsipiga asoslanib, spektral qonuniyatlar va dispersiya nazariyasini qayta ishlab chiqdi. Olimning fikricha, atom hodisalarining nazariyasi tajribalarda bevosita kuzatiladigan nurlanish spektral chizig'ining chastotasi, intensivligi, qutblanishi va shu kabi kattaliklar orasidagi munosabatni topish bilan chegaralanishi kerak. Kuzatib bo'lmaydigan kattaliklar, masalan, elektron koordinatalari, tezligi, trayektoriyasi, fazodagi o'rni kabi kattaliklar bu nazariyada qatnashmaydi. Ammo muvofiqlik prinsipiga asosan yangi kvant nazariyasi ma'lum ma'noda klassik nazariyaga muvofiq kelishi kerak. Shu bilan birga klassik kattaliklarga muvofiq keladigan kvant kattaliklarini topish, klassik kattaliklar munosabatiga muvofiq keladigan kvant kattaliklar munosabatini topish kerak.

Zarrachani, masalan, elektronni garmonik ossillyator deb, uning koordinatalarini garmonik funksiyalar bilan almashtirib, atomni garmonik ossillyatorlar to'plami deb qarab, boshqa kattaliklarni ham shularga muvofiq almashtirib, angarmonik ossillyator tenglamasini yechib chiqdi va nurlanish chastotasi hamda intensivligini hisoblash tenglamalarini keltirib chiqardi.

Shu yili nemis olimlari Maks Born (1882-1970) va Paskual Iordan (1902-1980) Geyzenberg g'oyalarini qat'iy matematik ifodalarda tasvirladilar va Geyzenberg ishlatgan kattaliklar matritsalar ekanligini ko'rsatdilar. Geyzenberg bilan hamkorlikda matritsali mexanikaning matematik ifodasini chiqardilar, shu asosda qator masalalarni yechib chiqdilar. Ulardan alohida ingliz fizigi, kvant mexanikasi asoschilaridan biri Antuan Dirak (1902-) Geyzenberg nazariyasining boshqa bir matematik ifodasini ishlab chiqdi. U matritsalar o'rniga chiziqli differensial operatorlarni kiritdi.

De Broylning moddiy zarralar ham foton kabi korpuskulyar va to'lqin xossasiga ega degan g'oyasi avstriyalik fizik Ervin Shredinger (1887-1961)ni juda qiziqtirib qoldi. U bu g'oyada yangi atom mexanikasini yaratish manbaini qurdi. 1926 yilda qator nazariy maqolalar e'lon qilib, de Broyl to'lqin g'oyasini

rivojlantirdi va to'liqlik mexanikasi yaratdi. Shredinger de Broylning to'liqlik g'oyasini Borning uncha tushunarli bo'lmagan atomning diskret holati va kvantlanish postulati bilan qo'shib, irlandiyalik olim Gamilton (1805-1865) ning korpuskulyar va to'liqlik optika orasidagi o'xshashlik g'oyasidan va uning tenglamasidan foydalanib (Gamilton-Yakobi tenglamasi, K.Yakobi nemis matematigi), atomlar o'lchamidagi mikrojarayonlarni ifodalaydigan to'liqlik tenglamasini yaratdi.

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - U)\Psi = 0,$$

bu yerda h -Plank doimiysi, m -mikrozarra massasi, E -zarraning to'liqlik energiyasi, U -zarraning potensial energiyasi, Δ - Laplas operatori, ya'ni $\Delta = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)$ Ψ -to'liqlik funksiyasi. Bu tenglama norelyativistik kvant mexanikasining asosiy tenglamasi bo'lib, Nyutonning harakat tenglamasi klassik mexanikada qanday rol o'ynasa, maksvell tenglamalari elektromagnetizmning klassik nazariyasida qanday rol o'ynasa, bu tenglama norelyativistik kvant mexanikasida shunday muhim rol o'ynaydi. Zarrachalar tezligi yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lgan jarayonlarni o'rganuvchi kvant mexanikasi norelyativistik deb yuritiladi. Bu tenglama Shredinger tenglamasi deb atalib, mikrozarralarning fundamental xossasi bo'lgan korpuskulyar-to'liqlik dualizmning matematik ifodasidir. Bu tenglama muvofiqlik prinsipini ham qanoatlantiradi, ya'ni de Broyl to'liqlari o'rganilayotgan harakat o'lchamlaridan kichik bo'lganda zarracha harakatini klassik mexanika qonunlari asosida tushuntirishga ham imkon berdi.

Shredinger birinchi ishlarida Ψ funksiyani atom ichidagi qandaydir tebranma harakat bilan bog'ladi va mikroolamda mexanika to'liqlik xarakterga ega bo'lishi, to'liqlik funksiyasi bilan ifodalanishi kerak, deb hisobladi. Elektron atom ichida zarracha emas, fazoga tuman kabi sochilib ketgan (atom hajmidagi fazoga chaplab tashlangan) elektr zaryadidan iborat, bunda zaryad zichligi to'liqlik funksiyasi modulining kvadratiga - $|\Psi|^2$ teng. Shu nuqtai nazardan vodorod atomi yadro va uning atrofidagi manfiy

zaryad bulutidan iborat. Statsionar holatda bo'lsa, $|\Psi|^2$ -zaryad zichligi vaqtga bog'liq emas va doimiy bo'ladi. Atom statsionar holatdan chiqarilgan bo'lsa, u murakkab to'liqin funksiya bilan ifodalanadi, zaryad zichligi o'zgaradi va atom nurlanadi. Nurlanish chastotasi Bor formulasi bilan aniqlanadi. Ammo ko'p elektronli atomlar uchun bu xil tavsif talabga javob bera olmas edi. Shu sababli atomning nurlanish holatini, o'zgaruvchan tashqi elektr maydonidagi holati va dispersiyani tushuntirish uchun Ψ funksiyaning vaqtga bog'liq ko'rinishini oldi va o'z tenglamasini mukammallashtirdi. Bu tenglama atom va molekulyar fizikaning ko'p masalalarini hal qilishga imkon berdi va ommaviylashib ketdi. Shredinger birinchi bo'lib kvant va to'liqin mexanikalarini bog'ladi va Geyzenberg matritsali mexanikasi bilan o'zi yaratgan to'liqin mexanikasi ekvivalent ekanligini isbot qildi. Ammo Ψ -to'liqin funksiyaning ma'nosi ustida munozaralar davom etaverdi.

Shu 1926 yilning o'zida nemis fizik teoretik olimi Maks Born (1882-1970) to'liqin funksiyasini statistik fizikadagi taqsimot funksiyasi kabi ehtimoliyat ma'nosiga ega bo'lib, $|\Psi|^2$ -fazoning berilgan nuqtasida mikrozarra bo'lish ehtimolining zichligi deb atadi. Bornning Ψ funksiyaga bergan statistik sharhi tezda ommalashib ketdi.

Shunday qilib, juda qisqa vaqt ichida Geyzenberg, Born va Iordan Dirak va Shredingerlar tomonidan norelyativistik kvant mexanikasining matematik ifodasi yaratildi. Bu nazariyaga bag'ishlangan qator monografiya va darsliklar yaratildi. Elektron va boshqa zarralarning to'liqin xossasiga ega ekanligi isbotlandi.

Matritsali mexanikani yaratganda Geyzenberg o'zi yaratgan nazariyaga, matematik ifodalarga qandaydir fizik ma'no berishni xohlamadi. Shredinger ishlari bilan yaxshi tanishgandan keyin, yangi nazariyaga aniq bir fizik ma'no berish kerakligini tushundi va 1927 yilda shu vaqtgacha qilingan barcha tajriba va o'lchashlar natijalarini jamlab, chuqur tahlil qilib, bir-biri bilan qonuniy bog'langan tushuncha va kattaliklar, koordinata va impuls va boshqa kattaliklarni bir vaqtda aniq o'lchash mumkin emasligini aytdi va o'zining noaniqlik prinsipini e'lon qildi.

$$\Delta X \cdot \Delta P \geq h$$

Bu Geyzenbergning aniqmaslik munosabati bo'lib, ΔX -koordinatani va ΔP -impulsni o'lchash xatosi emas, balki shu kattaliklarning o'rtacha qiymatidan bartaraf qilib bo'lmas og'ish aniqmasligidir. Bu munosabat ko'rsatadiki, zarrachaning koordinatasini qancha aniq o'lchasak (ya'ni ΔX qancha kichik bo'lsa), impulsni shuncha noaniq ulchanadi (ya'ni ΔP shuncha katta bo'ladi). Noaniqlik prinsipi, Geyzenbergning fikricha, kvantlanish sirli qoidasining yaqqol ifodasidir, shu bilan birga kvant mexanikasining fizikaviy sharhining mustahkam asosi hamdir. Bor kvant mexanikasini sharhlash ustida o'ylar ekan, o'z ichiga noaniqlik prinsipini ham olgan to'ldiruvchanlik prinsipini ishlab chiqdi. Bu prinsipni ishlab chiqishiga korpuskulyar-to'liqlik dualizm sabab bo'ldi. Bir tomondan yorug'lik maydon va zarrachalar, masalan, elektron fazoda taqsimlangan uzluksiz maydon shaklida namoyon bo'lsa, boshqa tomondan har ikkisi ham moddiy zarra shaklida namoyon bo'ladi. Bu ikki tasavvur bir tomondan zaruriy bo'lsa, boshqa tomondan bir-birini inkor etadi. Borning fikricha, ular bir-birini to'ldiruvchi hisoblanadi. Bu to'g'rida yuqorida ham yozgan edik. To'ldiruvchanlik prinsipini kvant sistema (masalan, elektron) xossasini ifodalovchi kattaliklar orqali tushuntiriladigan bo'lsa, masalan, bu kattaliklarni guruhlariga bo'lib olamiz, bir guruhga koordinata va vaqt kirsa, boshqasiga energiya va impuls kiradi desak, har ikkala guruh kattaliklar bilan sistema holatini bir vaqtda aniq ifodalab bo'lmaydi. Bir paytda sistema holatini koordinata va vaqt bilan ifodallasak, bu vaqtda sistemada energiya va impuls munosabatlari aniq bo'lmaydi, boshqa paytda energiya va impuls bilan ifodallasak, bu paytda koordinata vaqt munosabatlari aniq bo'lmaydi. Shunday qilib, Bor boshida tajriba natijalarini bir qarashda korpuskulyar nazariya, boshqa bir qarashda to'liqlik nazariyasi nuqtai nazaridan tushuntirish kerak, degan fikr asosida 1927 yilda to'ldiruvchanlik prinsipi haqida so'z ochgan bo'lsa, umrinig oxirigacha ilmiy maqola, ma'ruza va munozaralarda bu prinsipini ximoya qildi. Eynshteyn esa umrining oxirigacha Bor

boshchiligidagi Kopengagen maktabi tarafdorlarining mikrojarayonlarni statistik nuqtai nazaridan tushuntirishini tanqid qildi.

Qaysi nuqtai nazardan qaralishidan qat'iy nazar juda qisqa muddatda norelyativistik kvant mexanikasi yaratildi va tez orada atom fizikasining turli muammolarini tushuntirishga qo'llanila boshlandi. Vodorod atomining xossalarini, vodorod molekulasini, geliy atomini, kimyoviy bog'lanishlar hosil bo'lishini tushuntirdi. 1928 yilda birinchi marta α -yemirilishini tushuntirish bilan yadro fizikasi hodisalarini ham tushuntira boshladi.

1928 yilda Dirak relyativistik kvant mexanikasi tenglamasini ishlab chiqdi. Relyativistik kvant mexanikada tezligi yorug'lik tezligiga yaqin bo'lgan mikrozararlarga xos jarayonlar tahlil qilinadi. Dirakning elektron uchun relyativistik tenglamasi Shredinger tenglamasidan shu bilan farq qilar ediki, undan spin borligi kelib chiqdi, vodorod energetik sathining nozik strukturasi borligini isbot qilish mumkin bo'ldi. Dirak tenglamasining ko'plab yechimidan zarracha energiyasining manfiyligi kelib chiqar edi. Keyinchalik aynan shu natija nazariyaga zafar keltirdi.

Shunday qilib, qisqa vaqt ichida, ya'ni 1926-1928 yillarda nazariy fizikaning yangi bobi kvant mexanikasi to'liq shakllandi. Rus olimlaridan V.A.Fok (1898-1974)ning kvant mexanikaning shakllanishida xizmati katta bo'ldi. Ayniqsa, olimning ingliz olimi Duglas Hartri (1897-1958)ning ko'p zarralar kvant nazariyasiga bag'ishlangan maydonning o'z-o'zidan moslashuv metodini rivojlantirishi fan tarixiga Xatri-Fok metodi bilan mashhur bo'lib ketdi.

Kvant mexanikasining yaratuvchilari Lui de Broyl 1929 yilda, Verner Geyzenberg 1932 yilda, Ervin Shredinger 1933 yilda, Pol Dirak 1933 yilda, Volfgang Pauli 1945 yilda, Maks Born 1954 yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'lganlar. Bunday yuksak mukofot faqat bu ulug' olimlarni sharaflash emas, balki kvant nazariyasining fan olamidagi zafarli yurishi va ilmiy jamoatchilik tomonidan tan olinishi edi.

8. Kvant elektronikasining yaratilish tarixi

Kvant mexanikasi yaratilgandan keyin kvant nazariyasi tarixiga nuqta qo'ysak ham bular edi. Chunki, kvant nazariyasi yaratilib, shakllanib bo'ldi, fizikada inqilob yuz berdi, yangi zamon fizikasiga nazariy asos qurildi. Ammo kvant nazariyasi bilan parallel ravishda shu nazariya asosida tushuntiriladigan fanning yangi bir sohasi rivojlanib bordi va XX asrning 50-60 yillarida kvant elektronikasi sifatida shakllandi. Hozir bu fan gurkirab rivojlanishda davom etmoqda.

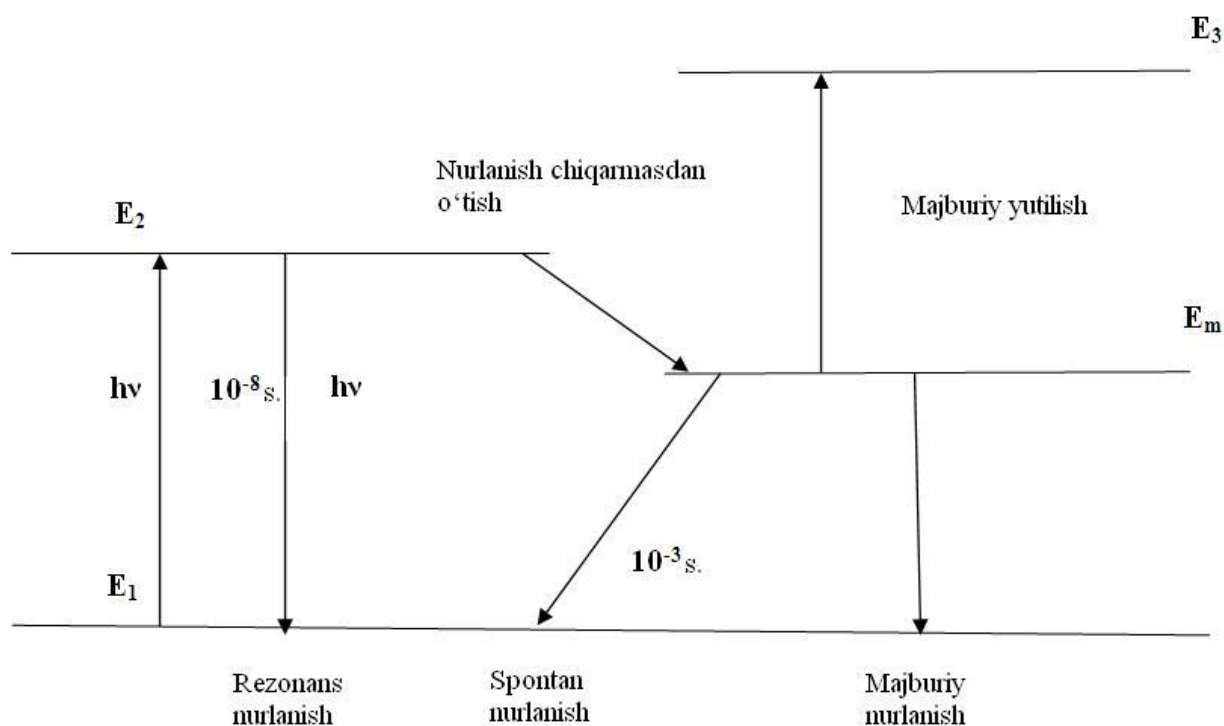
Fan tarixi haqida gap ketar ekan, so'zni biroz ilgari boshlaymiz. 1729 yilda fransuz olimi Per Buger (1698-1758), undan keyin nemis olimi Iogan Lambert (1728-1777) va A.Ber 1852 yilda yorug'likning yutilish qonunini kashf qilganlar. Bu qonun

$$I = I_0 e^{-\alpha \ell}$$

shaklida yoziladi. Bu yerda I_0 -moddaga tushayotgan yorug'lik intensivligi, I -moddadan o'tgan yorug'lik intensivligi, ℓ -modda qatlami qalinligi, α -yorug'likning shu moddada yutilish koeffitsiyenti. Bunda minus ishorasi yutilish hisobiga yorug'lik intensivligi kamayishini bildiradi, ya'ni $I < I_0$ bo'ladi. Moddaga tushuvchi yorug'lik intensivligi 10^{20} martagacha o'zgarishi intervalida ham bu qonun to'liq bajariladi. 1923 yilda rus olimlari S.I.Vavilov (1891-1951) va V.L.Levshin (1896-1969) uranli shishalardan katta intensivlikdagi yorug'lik o'tganda yorug'lik yutilishining kamayishini kuzatdilar va bu holni kuchli yorug'lik ta'sirida modda atomlarining ko'pchiligi uyg'ongan holatga o'tadi va yorug'likni ortiqcha yutish imkoni bo'lmaydi, deb tushuntirdilar. S.I. Vavilov bu hodisani optikaning chiziqli qonunlaridan chetlanish, nochiziqiy optik hodisalardan biri deb hisobladi va nochiziqiy optika tushunchasini fanga birinchi bo'lib kiritdi. Aslida yutilishning kamayishi emas, hatto muayyan sharoit va muhit yaratilsa, tushgan yorug'lik moddadan kuchayib chiqishi, ya'ni $I > I_0$ bo'lishi ham mumkinligini 1939 yilda rus olimi V. A. Fabrikant (1907 y.) tajribada ko'rsatdi, yorug'likni gaz razryadi

orqali o'tkazganda kuchayib chiqishini kuzatdi. Moddadan o'tgan yorug'likning kuchayishi majburiy nurlanish hisobiga yuz berishi aniqlandi.

Majburiy nurlanish g'oyasi 1916 yilda A. Eynshteyn tomonidan ilgari surilgan edi. Olimning fikricha, atom va molekulalarning uzlukli kvantlangan energetik holatlaridan ikki xil kvant o'tishlar yuz berishi mumkin: uyg'ongan energetik holatdagi atom yoki molekulaning hech qanday tashqi ta'sirsiz spontan nurlanishi; tashqi ta'sir tufayli energetik holatlar o'rtasida majburiy o'tishlar yoki boshqacha aytsak, majburiy nurlanish va majburiy kvant yutilishi. Hozir fanda bu o'tishlarni indutsirli o'tishlar yoki indutsirli nurlanish deb yuritiladi. Bu aytilganlarni shartli ravishda chizmada quyidagicha tasvirlash mumkin:



Bu chizmada uch xil nurlanish va ikki xil kvant yutilish ko'rsatilgan. E_1 -atomning uyg'onmagan turg'un energetik holati bo'lib, $\varepsilon = h\nu$ energiyali kvantni yutgandan keyin E_2 uyg'ongan energetik holatga o'tadi. $10^{-8}s.$ vaqt o'tib atom xuddi shu xildagi energiyali kvantni nurlantiradi, bu nurlanish rezonans nurlanish deb ataladi. Atom E_2 uyg'ongan holatdan nur chiqarmasdan E_m energetik holatga o'tishi mumkin. Bu holatda uzoq yashab qolishi

mumkin, boshqa ta'sir bo'lmasa ham 10^{-3} s. vaqtdan keyin o'z-o'zidan nurlanadi, ya'ni spontan nurlanadi. E_m –holatda atomning yashash vaqti katta bo'lib, bu holatni metastabil energetik holat deb ataladi. Nurli energiya ta'siri tufayli metastabil holatda bo'lgan atom E_1 uyg'onmagan holatga vaqtdan ilgari majburan qaytadi va nur chiqaradi. Bu nurlanishni majburiy nurlanish deb ataladi. E_m metastabil holatda turgan atom o'ziga kelib tushgan kvantni yutib, yangi E_3 yanada yuqoriroq energetik holatga o'tishi mumkin. Bu xil yutilishni majburiy yutilish, deb ataladi.

Tabiiy nurlanishlarda ham atomlar metastabil energetik holatda bo'lishi mumkin, ammo bunday atomlar soni kam bo'lganidan majburiy nurlanish va majburiy yutilishlar sezilmaydi. Majburiy nurlanishni kuzatish uchun esa nurlanuvchi moddada uyg'ongan atomlar sonini uyg'onmagan atomlar sonidan ko'proq bo'lishiga erishish zarur.

Indutsirli nurlanish tufayli muhit majbur etuvchi nurlanishni uning aynan o'ziga o'xshash kvantlar bilan boyitadi, natijada muhitga tushayotgan nur yutilish hisobidan susayish o'rniga kuchayib chiqadi. Shunday qilib, Eynshteyn majburiy nurlanish gipotezasini o'rta tashladi. Shu nazariy tadqiqotida Plankning issiqlikdan nurlanish qonunini osongina isbot qildi va o'zining bu ishlari kelajakda yangi-yangi nazariy tadqiqotlarga asos bo'lib xizmat qiladi, deb bashorat qildi. Haqiqatda shunday bo'ldi. 1927 yilda kvant mexanikasining asoschilaridan biri P.Dirak Eynshteynning yorug'lik kvanti haqidagi gipotezasi va kvant mexanikasining asosiy tenglamasi-Shredinger tenglamasiga asoslanib nurlanishning kvant nazariyasini ishlab chiqdi. O'z nazariyasida Eynshteynning spontan va majburiy nurlanish g'oyasi to'g'riligini, majburiy nurlanish tufayli chiqarilgan (indutsirlangan) foton majbur etuvchi nur (indutsirlovchi) fotoni bilan bir yo'nalish, bir xil energiya va chastota hamda qutblanishga ega ekanligini isbot qildi. Indutsirlovchi va indutsirlangan fotonlarning shu uyg'unligi kvant elektronikaning asosini tashkil etadi.

Kvant elektronikasi - kvant nazariyasining bevosita nazariy va amaliy qo'llanish sohasi bo'lib, muhitda termodinamik muvozanatning buzilish paytida yuz beradigan majburiy nurlanish hodisasidan foydalanish asosida elektromagnit tebranish va to'lqinlarni kuchaytirish va generatsiya qilish, hamda kvant kuchaytirgichlari, generatorlari xossalarini va qo'llanishlarini o'rganadigan fizikaning eng yangi sohasi hisoblanadi. Bu yangi sohaning kvant elektronika deb atalishini ham muhokama qilish kerak. Yuqorida qayd qilinganidek, kvant so'zi nemis tilidan olingan bo'lib, quantum-son, miqdor degani, yutish va nurlanish energiyasining chekli bo'linmas bo'lagining miqdori degan ma'noni anglatadi. Elektronikaning qo'shib aytilishi odatdagi nurlanish ham, majburiy nurlanish ham elektronning bir energetik sathdan boshqasiga o'tish bilan bog'liqligini bildiradi.

Bolsman taqsimotiga asosan termodinamik muvozanat sharoitida muhitdagi atom va molekulalar asosan uyg'onmagan turg'un energetik holatda bo'ladi, uyg'ongan energetik holatdagi zarralar soni uyg'onmagan energetik holatdagi zarralar sonidan juda kam bo'ladi. Agar muhit zarralari orasida uyg'onganlari ko'p bo'lsa, ya'ni yuqori energetik sathdagi zarralar soni uyg'onmagan turg'un energetik sathdagi zarralar sonidan ortiq bo'lsa, termodinamik muvozanat buzilgan deb hisoblanadi. Termodinamik muvozanatning shu xilda buzilishi sharoitida bo'lgan muhit holatini invers ko'chganlik holati deyiladi, bunday muhitni aktiv muhit deb ataladi. Shunday aktiv muhitda majburiy nurlanish yuz berishi mumkin. Shuning uchun ham elektromagnit to'lqinni kuchaytirish va generatsiya qilishda (ya'ni hosil qilish) turli aktiv muhitdan foydalaniladi. Ammo aktiv muhit tabiatda tayyor sof holda uchramaydi hisob, uni axtarish, tanlash yoki tayyorlash kerak bo'ladi. V.A.Fabrikant invers ko'chganlikni hosil qilishning qator usullarini taklif qilgan, o'zida tarqalayotgan nurni kuchaytirish xususiyatiga ega bo'lgan aktiv muhit bor, degan g'oyani bildirgan.

Aktiv muhitga yorug'lik tushsa, majburiy nurlanish hisobidan o'tayotgan yorug'lik kuchayadi, xolos. Aktiv muhitda

elektromagnit to'liqlarni kuchaytirish va generatsiya qilish uchun esa rezonator ham kerak. Aktiv muhit shu rezonator orasiga joylashtiriladi. Rezonator so'zi lotincha resono-javoban tovush chiqaraman yoki aks-sado beraman, degan ma'noni anglatadi. O'ziga berilayotgan tashqi ta'sirdan o'z chastotasiga tengini maksimal amplitudagacha kuchaytiradigan asbobni rezonator deb ataladi. Demak, rezonator o'zida rezonans hosil qiladi. Masalan, optik rezonatorni olsak, qaytarish koeffitsienti juda katta bo'lgan ikkita ko'zgudan iborat bo'ladi. Ular orasiga aktiv muhit kiritilsa, bu rezonator aktiv rezonatorga aylanadi. Rezonator ko'zgulari o'ziga tushgan nurni ko'p martalab qaytarib aktiv muhitga tushiradi va nurni majburiy nurlanish tufayli maksimal kuchayishini ta'minlaydi. Shunday qilib, aktiv rezonator musbat teskari aloqani bog'laydi. Aktiv muhitdan chiqqan yorug'likni qaytarib, yana aktiv muhitga tushirib aktiv muhitda yorug'likni kuchaytirish musbat teskari aloqa deb ataladi. Teskari aloqaning takror-takror bajarilishi yorug'lik amplitudasining maksimal oshishiga, ya'ni rezonans yuz berishiga sabab bo'ladi.

Aktiv rezonatoridagi muhitda bitta yoki bir necha sponton nurlanish tufayli chiqqan fotonlar ko'zgularga tushib ko'p marta qaytib aktiv muhit orqali o'tganda o'ziga o'xshash juda ko'plab fotonlarni tug'diradi. Shunday zanjirli jarayon vaqtida bir xil fotonlarning tuxtovsiz ko'payishi generatsiya deb yuritiladi, shu generatsiyani vujudga keltiruvchi optik qurilmani optik kvant generatori (OKG) eki lazer deb ataladi. OKG haqida so'z ochilar ekan, biz kvant elektronikasi ta'rifining oxirgi jumlasini kvant kuchaytirgichlari va generatorlari xossalari va qo'llanilishini o'rganadi degan qismiga yetib keldik, ya'ni kvant elektronikasi lazerlar yasash, undan foydalanish haqidagi bilimlarni ham o'rganadi va o'rgatadi degan xulosaga kelamiz. Shunday qilib, yuqorida aytilganlarga asoslanib, xulosa qilish mumkinki, kvant elektronikada asosiy ish quroli lazerlardir.

Lazerlar optik rezonatorida joylashgan aktiv muhitning majburiy nurlanishi hisobiga kogerent elektromagnit to'liqlarni generatsiyalovchi (hosil qiluvchi) qurilmalardir. Lazer ingliz

tilida aytiladigan “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, ya’ni yorug‘likning majburiy nurlanishi hisobiga kuchayishi, degan iborada ishtirok etgan so‘zlarning bosh harflaridan hosil bo‘lgan qisqartma so‘zdir. Masalan, fizika fakultetini «fizfak» degan kabi, bu yerda so‘zlarning uchtdan bosh harflari ishlatilgan bo‘lsa, lazerda inglizcha so‘zlarning birinchi boshlang‘ich harflari ishlatilgan. Lazerlar issiqlik, kimyoviy, elektromagnit nurlanish va boshqa xildagi sifati past energiyalarni juda yuqori sifatli kogerent nurlanish energiyasiga aylantirib beruvchi kvant elektronika qurilmasidir.

Bu yerda kogerent degan yangi so‘z ishlatdik, lekin uning ma’nosini matnning yuqori qismida ta’rifladik, ya’ni yozilganki, majbur etuvchi foton hamma xarakteristikasi bo‘yicha aynan o‘ziga o‘xshash fotonlarni majburan nurlantiradi. Kogerentlik so‘zi lotincha cohaerens-aloqada bo‘lmoq ma’nosini anglatadi, tebranish yoki to‘lqinlarning fazo va vaqtda o‘zaro mos yoki uyg‘un mavjud bo‘lmoqligini bildiradi. Ikki yorug‘lik to‘lqinining fazalar farqi doimiy bo‘lsa, ular o‘zaro kogerent deb ataladi. Lazerlarda majburiy nurlanish chastotasi, fazasi, qutblanishi, tarqalish yo‘nalishi tashqi majbur etuvchi to‘lqinning shu xarakteristikalar bilan aynan bir xil bo‘ladi. Bu kogerentlikning yuksak darajada bajarilishidir. Lazer nurlarining kogerentlik vaqti ham, masofasi ham, hajmiy kogerentligi ham boshqa har qanday davriy jarayonlardan yuksak bo‘ladi. Shuning uchun ham lazer nurlari energiyasini juda yuqori sifatli nurlanish energiyasi deb atadik.

Shunday qilib, XX asrning 20-30 yillarida lazerlarni kashf qilish uchun hamma moddiy va nazariy-tajribaviy imkoniyatlar yaratilib qo‘yilgan edi, uning ustiga indutsirli nurlanishni tasodifan kuzatib qolish imkoniyati ham yo‘q emasdi. Ammo ikkinchi jahon urushi bilan bog‘liq bo‘lgan tashvishlar, yadro fizikasi va texnikasi, radiolokatsiya va boshqa urush texnikalariga bo‘lgan talab olimlar fikrini boshqa tomonga burib yubordi va lazerning yaratilishi bir muncha kechikdi.

Elektromagnit to‘lqinlarni hosil qiluvchi radiotexnik uskunalarning mukammallashib borishi, santimetr to‘lqin uzunlikdagi qisqa elektromagnit to‘lqinlarni hosil qilinishi, o‘ta yuqori chastotali to‘lqin generatorlari molekulalarning yutilish spektrlarini qayd qilish va o‘rganishga imkon berishi radiospektroskopiyaning yaratilishiga olib keldi. Katta spektral ravshanlikka ega bo‘lgan radioto‘lqinlar manbalari yaratildi, radioto‘lqinlarining molekulalar bilan o‘zaro ta’sirini o‘rganish imkoni tug‘ildi. Bu o‘zaro ta’sirda majburiy nurlanish hodisasi asosiy rol ni o‘ynadi. Bu radiotexnika bilan kvant mexanikani o‘zaro bog‘ladi. Bir jinsli bo‘lmagan elektr maydonida turli kvant holatlarida bo‘lgan molekulalarni tajribada saralash imkoni to‘g‘ildi. Aynan shu tajribalar asosida sobiq sovet ittifoqi olimlari N.G.Basov (1922-) va A.M.Proxorov (1916-2002) 1954 yili ikki energetik holatda bo‘la oladigan ammiak molekulalaridan uyg‘ongan molekulalarni uyg‘onmaganidan ajratib oldi va invers ko‘chganlikka ega bo‘lgan aktiv muhitni hosil qildilar. Yopiq hajmiy rezonatorga yig‘ilgan uyg‘ongan ammiak molekulalari majburiy nurlantirilib, 1,27 sm. uzunlikdagi so‘nmas elektromagnit to‘lqinlar chiqarib turuvchi molekulyar nurlanish generatorini yasadilar. Xuddi shunday ammiakda ishlovchi molekulyar generatorni 1954 yilda amerikalik olim Charlz Tauns (1915-) ham kashf qildi. Shunday qilib, elektromagnit to‘lqinning yangi manbai Mazer yaratildi.

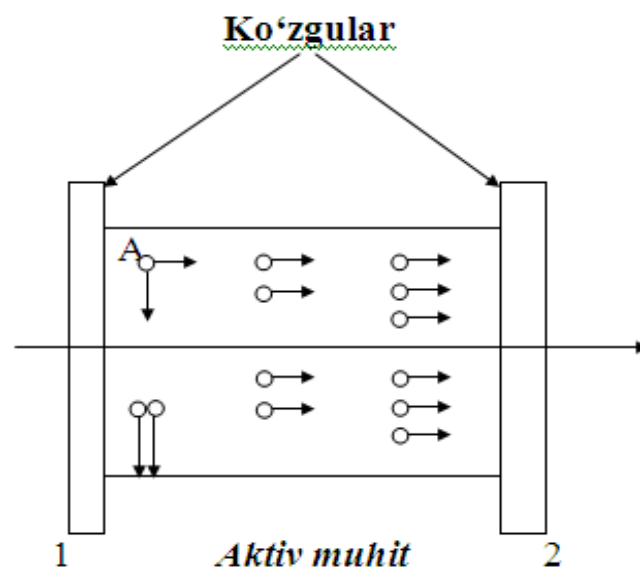
Nomidan ko‘rinib turibdi, Mazer nazariy jihatdan Lazerning o‘zi, ammo texnik yasalishi va nurlanish to‘lqin uzunligining kattaligi jihatidan lazerdan farq qiladi. Mazer ham Lazer kabi “Microwave amplification by stimulated emission of Radiation” ya’ni radiodiapazondagi to‘lqinlarni majburiy nurlanish hisobiga kuchaytirish degan inglizcha so‘zlarning bosh harflaridan tashkil topgan qisqartma so‘zdir.

Endigi navbat lazerni yasashga keldi. 1958 yilda A.M.Proxorov yopiq hajmiy rezonator o‘rniga Fabri-Pero ochik optik rezonatorini ishlatib, qisqa elektromagnit to‘lqin chiqaradigan, ya’ni optik diapozonda ishlaydigan Lazer yasashni

taklif qildi. Shu yili Ch.Tauns ham lazer yasash prinsipini ishlab chiqdi. 1960-1961 yillarda amerikalik olimlar Teodor Meyman (1927), Javon va boshqalar birinchi bo‘lib yoqut lazerini yasadilar. Bu kashfiyotlar uchun N.G.Basov, A.M.Proxorov va Ch.Taunsga 1964 yilda Nobel mukofoti berildi. Mazer yasalgandan keyin oradan 10 yil o‘tib, amerikalik olim Jozef Veber shogirdlari bilan hamkorlikda tabiiy kosmik mazerni kashf qildi. Bu mazer galaktik tumanliklardagi 10^{10} K. haroratdagi markazlarda OH radikalining $\lambda=18,5\text{sm.}$ uzunlikdagi elektromagnit to‘lqinlarini kvant o‘tishlar tufayli nurlatishi bilan bog‘liq. Olimlarning fikricha, laboratoriya sharoitida mazer yaratilmaganda edi, bu radioastronomik tabiiy mazer sun‘iy mazer yaratilishiga, albatta, olib kelgan bo‘lar edi.

Shunday qilib, kvant elektronika yaratildi, uning asosiy ish quroli lazer yasaldi. Lazerlarning yasalihi uch buyuk g‘oyaga asoslanadi. Takror bo‘lsa ham, bu g‘oyalarni yana bir marta keltiramiz: birinchisi, Eynshteynning majburiy nurlanish g‘oyasi; ikkinchisi, V.A.Fabrikantning o‘zida tarqalayotgan nurni yutish emas, kuchaytirish xususiyatiga ega bo‘lgan aktiv muhit borligi g‘oyasi; uchinchisi, N.G.Basov va A.M.Proxorovning aktiv muhitni kogerent elektromagnit to‘lqinlar generatoriga aylantirish g‘oyasi. Bu g‘oyani ular amalga ham oshirdilar.

Lazerda ishlatiladigan Fabri-Pero ochiq optik rezonatorining ishlash prinsipini chizmada quyidagicha tasvirlash mumkin.



Faraz qilaylik, A atom spontan nurlangan bo'lsin. Undan yon tomonga tarqalgan nur qisman kuchayib tashqariga chiqib ketadi. Rezonatorning optik o'qi bo'yicha yo'nalgan nurlar majburiy nurlanish hisobidan kuchayib borib, 2 ko'zguga tushadi, undan qaytib aktiv muhitga tushadi va yanada kuchayib borib, 1 ko'zgudan qaytadi va aktiv muhitda yanada kuchayadi. Bu jarayonning ko'p marta takrorlanishi tufayli yorug'lik energiyasi shu qadar oshadiki, rezonans yuz beradi va ma'lum bir vaqtdan keyin to'yinish effekti tufayli kuchayish ko'effitsienti kamayadi. Ko'zgulardan birining qaytarish ko'effitsienti kam bo'lib bir qism nur o'q bo'ylab tashqariga yo'naltiriladi. Chiqqan nurdan kerakli maqsadlarda foydalanish mumkin. Yana bir narsani ta'kidlash lozimki, rezonatorning yon tomonidan va o'qi bo'ylab chiqib ketgan nurlar hissasi aktiv muhitda yuz berayotgan indutsirli nurlanish hisobidan to'ldirib turiladi. Natijada lazerning ma'lum muddat uzluksiz ishlashi ta'minlanadi. Albatta, aktiv muhitda spontan nurlanish yuz berishi va keyingi jarayonlarda indutsirli nurlanish yuz berishi uchun metastabil energetik sathda joylashgan uyg'ongan atomlar sonini uyg'onmagan sathdagi atomlar sonidan ko'paytirib olish kerak, ya'ni invers ko'chganlikni ta'minlash kerak. Buning uchun aktiv muhitga tashqi tazyiq o'tkazilishi, ya'ni tashqaridan majbur etuvchi energiya berilishi zarur. Bu nurlanish energiyasi, elektr energiyasi bo'lishi mumkin. Tashqi energiyani lazer nuriga aylantirish foydali ish ko'effitsienti katta emas. Masalan, yoqut lazerida foydali ish ko'effitsienti 0,1% dan 10% gacha bo'lishi mumkin.

Lazerlar uzluksiz, impulsli, impulsli-davriy ishlaydigan bo'lishi mumkin. Ularda aktiv muhit sifatida krisstallar, turli shisha navlari, yarim o'tkazgichlar, suyuqlik va suyuq eritmalar, rangli bo'yoqli moddalar, gazlar, gazsimon plazmalar xizmat qiladi. Shuning uchun lazerlarning navlari juda ko'p, nurlanish quvvati turlicha bo'ladi. Qizig'i shundaki, lazerlar yasalgandan keyin o'tgan 20-30 yillar ichida lazerlar nurlanish quvvati 10^{10} martagacha oshdi.

Lazer nurlarining katta quvvati bir tomonga yoʻnalganligi, monoxromatikligi, kogerentligi uning fan va texnikada, ishlab chiqarishning turli sohalarida keng qoʻllanilishiga sabab boʻldi. Nochiziqli optika, golografiya, astronomiya, kimyo, spektroskopiya, texnologiya, materiologiya, informatika, meditsina, biologiya, energetika, lokatsiya, izotoplarni saralash, termoyadro reaksiyalarini boshqarish va boshqalar lazerlarning qoʻllanish sohalarining qisqa roʻyxatini tashkil etadi. Bu aytganlardan koʻrinib turibdiki, kvant elektronikasi va uning asosiy ish quroli kirib bormagan soha qolmagan. Shu sababli kvant nazariyasi va uning qoʻllanadigan sohalarini oʻrganish hozirgi zamonning talabidir.

Xotima

Nisbiylik va kvant nazariyalarining yaratilishi hamda tajribada tasdiqlanishi zamonaviy tabiat ilmida buyuk kashfiyot bo'ldi. Bu nazariyalarning yaratuvchilari buyuk nemis fizik nazariyotchi olimlari Albert Eynshteyn va Maks Plank zamondosh, hamkasb va do'st bo'lganlar, ko'p yillar Berlin universitetida yonma-yon ishlaganlar. Muhimi, Eynshteyn tomonidan maxsus nisbiylik nazariyasi yaratilganda birinchilardan bo'lib bu nazariyani tan olgan, tushungan, qat'iy qo'llab-quvvatlagan M.Plank bo'ldi. M.Plank tomonidan kvant nazariyasi yaratilganda esa birinchilardan bo'lib, bu nazariyani rivojlantirishga o'z hissasini qo'shgan olim A.Eynshteyn bo'ldi. 1906 yilda M.Plank relyativistik dinamika tenglamasini chiqardi, elektronning energiyasi va impulsining ifodasini topdi. Shunday qilib, klassik mexanikani relyativistik mexanikaga aylantirdi. Shu yili M.Plank «Nisbiylik nazariyasi» degan atamani kiritdi. 1907 yilda maxsus nisbiylik nazariyasi asosida termodinamikani umumlashtirdi.

A.Eynshteyn kvant nazariyasining yaratuvchilaridan biri desa bo'ladi. Chunki 1900 yil 14 dekabr kvant nazariyasi tug'ilgan kun bo'lgani bilan hali olimlar diqqatini o'ziga jalb qilmagan edi. 1905 yilda Eynshteyn yorug'lik nurining o'zi kvantlanganligini, yorug'lik kvantlar oqimidan yoki fotonlar oqimidan iborat ekanligini nazariy isbot qilib, fotoeffekt, fotoionizatsiya, flyuoressensiyaning kvant nazariyasi asosida tushuntirgandan so'nggina kvant nazariyasiga e'tibor kuchaydi. Mana shu tadqiqotlari uchun 1921 yilda Eynshteynga Nobel mukofoti berilgan. 1907 yilda Eynshteyn temperatura pasayishi bilan qattiq jismlar issiqlik sig'imi kamayishini kvant nazariyasi asosida tushuntirib berdi, 1909 yilda korpuskulyar-to'lqin dualizmini tushuntirdi, 1912 yilda fotokimyo qonunini kashf qildi, 1916 yilda indutsirlangan nurlanish hodisasini bashorat qilib, kvant elektronikasiga asos soldi. 1924-1926 yillarda butun spinga ega bo'lgan zarrachalarning kvant statistikasini yaratdi va boshqa

qator kashfiyotlar qildi. Kvant nazariyasi ijodkori M.Plank klassik qarashlardan voz kecha olganda edi, Eynshteynning kvant nazariyasi sohasidagi bu kashfiyotlarini o‘zi bajargan bo‘larmidi?! Lekin taqdir taqozosi shunday bo‘lgan.

Nisbiylik va kvant nazariyalari yaratilishida XIX asr oxiri XX asr boshlarida yashab, ijod qilgan qator buyuk olimlarning hissalar bor. Yuqorida ularning nomlari va bu nazariyalar yaratilishiga qo‘shgan hissalar haqida baholi qudrat so‘z yuritildi. Bu yerda esa nazariyalar haqida birinchi bo‘lib so‘z ochgan A.Eynshteyn va M.Plankning ishlari haqida qisqacha xulosalar sifatida ma’lumotlar keltirdik, xolos.

Bu ikki nazariya asrlar davomida fizikada yaratilib o‘rnashib qolgan barcha tushunchalarni tubdan o‘zgartirib yubordi. Nisbiylik nazariyasi qadimdan fizik nazariyalardan tushmay kelgan efirni fandan surib chiqardi, Nyuton zamonlaridan hukm surgan mutlaq fazo, mutlaq vaqt, mutlaq bir vaqtililikni bartaraf qildi, materiya mavjudligining yagona to‘rt o‘lchamli fazo-vaqt shaklini kiritdi, to‘rt o‘lchamli fazo noevklid geometriyasi bilan ifodalanishini isbot qildi, uzoq masofalarga oniy ta’sir haqidagi tasavvur o‘rniga yorug‘lik tezligi kattaligida chekli tezlik bilan uzatilish haqidagi tasavvurni kiritdi, elektromagnit maydonning turli sistemalarda turlicha bo‘lishi, ya’ni elektr maydoni va magnit maydoni shaklida ro‘y berishini isbot qildi, yorug‘lik tezligiga yaqin tezlikdagi harakat tenglamalarini, massa, impuls va energiya saqlanish qonunlari orasidagi bog‘lanishlarni aniqladi, yangi zamonaviy gravitatsiya qonuni ifodasini berdi. Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi fizika fanini yangi g‘oyalar, usullar, tajribalar, buyuk kashfiyotlar bilan boyitdi.

Kvant nazariyasi atom tuzilishini, kimyoviy bog‘lanish tabiatini, elementlarning davriy sistemasini, atom yadrosi tuzilishini, elementar zarrachalar xossalarini, gaz va qattiq jismlar issiqlik sig‘imining temperaturaga bog‘liqligini, qattiq jism xossalarini, ferromagnitizmni, o‘ta oquvchanlikni, o‘ta o‘tkazuvchanlikni, termoyadro reaksiyalar mexanizmini va boshqa ko‘p hodisalarni tushuntirib berdi. Yadro reaktorlari ishlashi,

yerda termoyadro reaksiyalarini o'tkazish imkoniyatlari, turli metall va yarim o'tkazgichlar xossalari, kvant elektronika qurilmalari, yangi zamonoviy qurilmalar uchun materiallar tanlash ishlari kvant nazariyasi qonuniyatlariga asoslangan. Shunday qilib, kvant nazariyasi qonunlari zamonaviy nazariy va amaliy fanlarning asosiga aylandi.

1928 yilda ingliz fizik – nazariyotchi olimi Pol Dirak relyativistik kvant mexanikasini yaratdi. Bu yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanuvchi mikrozarralar kvant nazariyasidir. Bu nazariya shu paytgacha go'yo bir – biriga bog'liq bo'lmagan, mustaqil nisbiylik nazariyasi va kvant nazariyalarini o'zaro qo'shdi. Relyativistik kvant mexanikani klassik Nyuton mexanikasi yoki norelyativistik mexanika kabi tamomila oxiriga etkazilgan nazariya deb bo'lmaydi. Chunki norelyativistik nazariyada jismlar harakati masofaga kuchlarning oniy ta'siri bilan yuz beradi desak bo'ladi. Relyativistik nazariyada bunday ta'sir yorug'lik tezligida chekli tezlik bilan uzatiladi deb hisoblanadi, chunki nisbiylik nazariyasida uzoqqa oniy ta'sir rad etilgan. Ta'sirni masofaga yorug'lik tezligida uzatish uchun esa orada biror xil fizik maydon, qisqasi elektromagnit maydon, demak, yorug'lik kerak.

Xullas, bugungi kunda bu ikki buyuk nazariya qo'shilib zamonamiz tabiat ilmining rivojlanishiga, yangi texnika va texnologiyaning yaratilishiga xizmat qilmoqda. Bu texnika va texnologiyani xalq manfaatlari yo'lida unumli xizmat qildirish uchun endigi vazifa umuman fizika fanini yaxshi o'zlashtirishdan iborat, buning uchun nisbiylik va kvant nazariyalarini diqqat bilan o'rganish zarur. Risolamiz shu nazariyalarni o'rganishga kitobxonni da'vat etgan bo'lsa biz o'z maqsadimizga erishgan bo'lamiz.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Спасский Б.И. История физики. Часть I и II. М.: Высшая школа, 1977, 320 с., 309 С.
2. Кудрявцев П.С. История физики. Том I, II, III – Учпедгиз, 1956, Просвещение, 1971. 560 с., 485 с, 424 с.
3. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник - М.: Наука, 1983. 399 с.
4. Мошанский В.Н., Савельева Е.В. История физики в средней школе - М.: Просвещение, 1981. 205 с.
5. Ландсберг Г.С. Оптика - М.: Наука, 1976. 926 с.
6. Бекжонов Р. Эйнштейн оламида - Тошкент, «Фан», 1986, 68 б.
7. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики.Т. I и II.М., “Наука”, 1969, 1971. 910 с., 936 С.
8. Umumiy astronomiya kursi - Toshkent. “O`qituvchi”, 1976. 224 b.
9. Физический энциклопедический словарь - М., “Советская энциклопедия”, 1984. 943 с.
10. Тейлор Э.Ф., Уилер Дж.А. Физика пространства-времени. М., «Мир». 1969. 254 с.
11. Ўзбек совет энциклопедияси. Т. 5,8,12, Тошкент. ЎзСЭ Бош ред.1974,1976,1979,536 б., 550 б.,550 б.
12. Tursunov A.T.,Tuxliboyev O. Kvant elektronikasiga kirish. Toshkent. «O`qituvchi», 1992. 170 b.
13. Pardayev O.P., Kadiev R.K. Bir zarrali sistemalar kvant mexanikasi. -Samarkand. SamDU.1978.55 b.
14. Яворский Б.М., и Детлаф А.А. Справочник по физике. - М., «Наука», 1964. 847s.
15. Filosofiya lug‘ati - Toshkent. «O‘zbekiston», 1976. 640 b.
16. Jurayev B. Ibn Sino ijodida fizika va texnika muammolari. Samarqand. «Zarafshon», 1996. 56 b.
17. Хатипов А.Э. Курс оснований геометрии. – Самарканд: СамГУ, 1968, 250 с.

MUNDARIJA

Soʻz boshi	3
------------------	---

I. Nisbiylik nazariyasining shakllanishi va rivojlanish tarixi.....6

1. Nisbiylik prinsipi.....	6
2. Efir haqida tasavvurlar.....	9
3. Harakatdagi jismlar optikasi.....	12
4. Harakatdagi jismlar elektrodinamikasi.....	16
5. Fazo va vaqt haqida tasavvurlarning rivojlanishi.....	22
6. Maxsus nisbiylik nazariyasining yaratilishi.....	29
7. Umumiy nisbiylik nazariyasining yaratilishi.....	35
8. Nisbiylik nazariyasining tajribada tasdiqlanishi.....	43

II. Kvant nazariyasining shakllanishi va rivojlanish tarixi.....47

1. Atomizm va korpuskula haqida tasavvurlar.....	47
2. Muvozanatli nurlanish qonunlari.....	50
3. Kvant tushunchasining paydo boʻlishi.....	53
4. Foton haqida.....	57
5. Korpuskulyar - toʻlqin dualizmi.....	61
6. Atomning murakkab tuzilishi. Bor atomi.....	71
7. Kvant mexanikasining yaratilishi.....	76
8. Kvant elektronikasining yaratilish tarixi.....	83

Xotima.....	93
--------------------	-----------

Adabiyotlar.....	96
-------------------------	-----------

B.Jo‘rayev, R.Eshbo‘riyev

NISBIYLIK VA KVANT NAZARIYALARI TARIXI

ILMIY RISOLA

Muharrir	To‘lg‘anoy Normo‘minova
Musahhih	Mardon Ro‘ziboev
Texnik muharrir	Nargiza Saydaliyeva

2008 yil 19-iyun 68-buyruq.

2019 yil 25-martda noshirlik bo‘limiga qabul qilindi.

2019 yil 29-martda original-maketdan bosishga ruxsat etildi.

Bichimi 60x84/ 1,16. «Times New Roman» garniturası.

Ofset qog‘ozı.Shartlı bosma tabog‘ı 6,25.

Nashriyot hisob tabog‘ı 5,5. Adadi 100 nusxa. 147 -buyurtma.

SamDU bosmaxonasida chop etildi.

140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15.



