

5- Ma`ruza

Nisbiylik nazariyasi prinsiplari.

Ma`ruza rejasi:

***Nisbiylik nazariyasining
prinsiplari. Efir
tushunchasi.***

Maykelson Morli tajribasi.

***Yorug`lik tezligi, nisbiylik nazariyasining asosiy
prinsiplari.***

Nisbiylik nazariyasining matematik asoslari.

NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARI.

XIX asr oxirlariga kelib fizika fani juda katta qiyinchiliklarga duch keldi. Shu davrgacha klassik mexanika (Nyuton mexanikasi) qonunlari barcha inersdal sanoq sistemalari uchun bajarilar va mexanik hodisalarni tushuntira olar edi. Shuningdek Maksvellning elektromagnit nazariyasi ishonchli tarzda asoslangan bo`lib, yorug'lik va uning ayrim fizik xossalari shu tenglama yordamida tushuntirilar edi. Elektromagnit to`lqinning tarqalish nazariyasida « EFIRi »ning bo`lishi shart deb qaralar edi. Maksvell tenglamalari efirga nisbatan tinch turgan sanoq sistemasi uchun bajariladi, deb qaraladi. Bu tenglamalar Nyuton qonunlariga nisbatan alohida afzallikka ega bo'lgan sanoq sistemasini talab qilardi.

Elektromagnit hodisalarni mexanik tushuntirish katta qiyinchiliklarni yuzaga keltirdi. Eksperimental faktlarni asoslash uchun ba'zi olimlar elektromagnit to`lqinni uzatuvchi «EFIR»; moddiy jism «masalan Yer »bilan birgalikda ilashinib harakatlanadi, deb hisoblasa, boshqalar moddiy jism efirga nisbatan harakat qiladi-yu, dunyo « EFIRi » esa mutlaqo tinch turadi, deb hisoblashdi. Uchinchi guruhdagi olimlar esa

«EFIR» moddiy jismga bir oz ilashib , ya'ni uning tezligidan kamroq tezlik bilan harakat qiladi, deb qarashdi.

1887 yilda Klivlenddagi Keys universiteti laboratoriyasi podvalida ximiya o`qituvchisi Edvard Vilyam Morli bilan birgalikda Maykelson tutib bo`lmayotgan efir shamolini aniqlash uchun ikkinchi, kattaroq aniqlikka ega bo'lgan tajribasini o'tkazdi. Boshqa fiziklar ham shu kabi tajribalar o'tkazishdi. Eng katta aniqlikka ega bo'lgan tajribalarni 1960 yili Chalz Tauns Kolumbiya universitetida o'tkazdi. Uning asobi o'ta sezgir (molekulalar tebranishiga asoslangan "atom soatlari" mazerdan foydalangan). Xattoki, Yer agarda hozirgi harakat tezligining 10^3 dan bir qismicha tezlik bilan. Lekin Maykelson va Morli tajribasida ham, Tauns tajribasida ham efir shamolining izi ham sezilmagan.

Maykelson-Morli tajribasi kutilmaganda Maksvell nazariyasini og'ir ahvoldan, nisbiylik prinsipiga bo'ysunmaslik aybidan qutqazib qoladi. Yorug'lik tezligi faqatgina manbagagina emas, xattoki kuzatuvchiga ham bog'liq emas ekan. Shunday qilib, elektromagnit maydon tenglamalari koeffitsientlari doimiy bo'lib qoldi. Lekin bundan fizikada holat yaxshilanmadi. Chunki endi Galileyning nisbiylik prinsipini o'zi zarba ostida qolayotgan edi. Haqiqatdan ham, Galileyning nisbiylik prinsipi har qanday tezlik nisbiy deb da'vo qiladi.

Fiziklar avvaliga Maykel-Morli tajribasining salbiy natijasidan taajublanib turli yo'llar bilan Galileyning klassik nisbiylik prinsipi doirasida bu tajriba natijalarini tushuntirib, efir shamoli nazariyasini qutqarishga harakat qilishdi. Efirning turli-tuman modellari taklif qilindi. Efir nazariyachilarining turlicha nuqtai nazarlari bir-biridan keskin farqlanib turadigan quyidagi ikki nazariyada o'z aksini topadi.

1. Gers elektrodinamikasi.

2. Lorens elektrodinamikasi.

Bu qarama-qarshiliklarni yo'qotish uchun Albert Eynshteyn 1905 yili mutlaqo yangi g'oyani ilgari surdi. U ikkita oddiygina postulat yordamida barcha faktlarni to'g'ri tushuntirdi va "EFIR" nazariyasining payini kesdi.

Eynshteynning nisbiy nazariyasi klassik fizikaning ikkita buyuk nazariyalari - mexanika va elektrodinamika nazariyalarini o'zaro bog'ladi. Nisbiylik nazariyasi fazo va vaqt bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda mavjud va mutlaqo o'zgarmasdir, degan

dunyoqarashdan voz kechishni talab qiladi. Eynshteynning fikricha biz uch o'lchovli fazoda (chunki vaqt fazoviy koordinatlarga bog'liq emas deb hisoblangan) yashayotganimiz yo'q balki bir-biri bilan uzviy ravishda bog'langan fazo va vaqt koordinatlaridan iborat to'rt o'lchovli fazoda yashayapmiz.

Nisbiylik nazariyasi bilan birinchi bor tanishayotganimizda bu g'oyalar bir oz g'alati va sun'iy tuyulishi mumkin. Vaholanki, bu nazariyadan kelib chiqadigan hodisalar yorug'lik tezligiga yaqin tezlikdagi harakatlarga sezilarli bo'ladi, bizning sezgilarimiz esa kichik tezliklardagi harakatlarga asoslangan. Agar biz yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda harakat qilayotgan jismlarni ko'rib turganimizda edi, nisbiylik nazariyasi tabiiy tuyular va biz osongina qabul qilgan bo'lar edik.

Eynshteyn postulatlarini. Lorens almashtirishlari. Nisbiylik nazariyasining asosiy xulosalari.

A.Eynshteyn ko'rsatdiki, quyidagi ikki postulatga asoslanib mexanik va elektrodinamik hodisalar orasidagi ziddiyatlarni osongina tushuntirib berish mumkin.

1. Yorug'lik tezligi vakuumda (muhitsiz fazoda) barcha yo'nalishlarda yorug'lik manbai yoki kuzatuvchining harakatidan qat'iy nazar o'zgarmasdir; ya'ni yorug'lik tezligining doimiylik prinsipi.

2. Fizik qonunlar bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'lgan sanoq sistemalariga nisbatan bir xil bajariladi. Bu nisbiylik prinsipi deyiladi.

Ana shu postulatlariga asoslangan nazariya maxsus nisbiylik nazariyasi deb ataladi.

Yuqoridagi postulatlarini tasdiqlovchi juda ko'p eksperimentlar mavjud, ammo birortasiga zid keluvchi hech qanday tajriba yo'q.

Yorug'lik tezligining barcha yo'nalishlarda o'zgarmas ekanligini, yorug'lik tezligi uni o'tkazuvchi muhitning tezligi bog'liq emasligini yoki yorug'lik manbai va yorug'lik qabul qiluvchi ob'ektning tezliklariga bog'liq emasligini Fizo, Maykelson-Morli tajribalari, juda uzoqdan katta tezlik (30 km/s) bilan harakatlanuvchi qo'shaloq yulduzlarni kuzatish va boshqa ko'pgina tajribalar tasdiqladi. Fizo tajribasida yorug'lik tinch yoki harakatdagi suv orqali o'tganda juda katta aniqlik bilan

uning tezligi o'zgarmasligi isbotlangan. Maykelson - Morli tajribalarida esa yorug'lik tezligi Yerning Quyosh atrofidagi orbitada harakatiga nisbatan turli yo'nalishlarda o'lchangan va tezlik o'zgarmas bo'lgan. Agar yorug'lik tezligi manbaining harakatiga bog'liq bo'lganda edi, unda yorug'likning vakuumdagi tezligidan kattaroq tezlik bilan signal uzatish mumkin bo'lar va oldingi hodisani aks ettiruvchi yorug'lik signalidan keyingi hodisani aks ettiruvchi yorug'lik signali o'tib ketgan, buning natijasida sababni oqibatdan keyinroq kuzatgan va hodisalarning ketma-ketligi teskari yo'nalishda kuzatgan bo'lar edik. Bunday bo'lishi mumkin emas va hech qanday signal yorug'likning vakuumdagi tezligidan katta tezlik bilan uzatilishi mumkin emas ekan.

Eynshteynning ikkita postulatidan fazoviy koordinata va vaqtning bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikkita sistemadagi qiymatlarini o'zaro bog'lovchi tenglamalar kelib chiqadi. Bu tenglamalar Galiley almashtirishlariga o'xshaydi, ammo ulardan butunlay boshqa xulosalar kelib chiqadi. Bu tenglamalarni birinchi marta G.A.Lorens keltirib chiqarganligi uchun Lorens almashtirishlari deb ataladi. Agar inersial sistemalarining harakatlari faqat x o'qi bo'ylab yo'nalgan bo'lsa, Lorens almashtirishlari quyidagicha bo'ladi:

$$X' = \frac{X - v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}} \qquad t' = \frac{t - \beta x/c}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$y' = y; \quad z' = z$$

Bu yerda $\beta = v/c$, v_0 - inersial sanoq sistemalarining bir-biriga nisbatan tezligi, c - yorug'likning vakuumdagi tezligi. Agar $v \ll c$ bo'lsa, $\beta = 0$ bo'ladi va Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga aylandi.

Shuni aytish kerakki, Eynshteyngacha Larmor, Loreps va Puankare "Efir" nazariyasiga asoslanib va ko'pgina taxminiy farazlarga tayanib yuqoridagi tenglamalarga o'xshash

tenglamalarni keltirib chiqarishgan edi. Lorens almashtirishlaridan tezliklarni qo'shish qoidasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$v' = \frac{v - v_0}{1 - \frac{v \cdot v_0}{c^2}} \quad (1)$$

Bu yerda v -jismning K koordinata sistemasiga nisbatan tezligi v_0 K sistemaning K sistemaga nisbatan tezligi. Bu formula v va v_0 bir tomonga yo'nalgan hoi uchun to'g'ri. Agar v va v_0 qarama - qarshi tomonga yo'nalgan bo'lsa, tezliklar qo'shiladi:

$$v' = \frac{v + v_0}{\sqrt{1 + \frac{v \cdot v_0}{c^2}}} \quad (2)$$

Agar tezliklardan birortasi, masalan, v yorug'lik tezligiga teng bo'lganda ham yig'indi tezlik c dan katta bo'lmaydi:

$$v' = \frac{c + v_0}{1 + \frac{c v_0}{c^2}} = \frac{c + v_0}{c + v_0} c = c \quad (3)$$

Demak, yuqoridagi formuladan shunday xulosa kelib chiqadi: yorug'lik tezligi barcha kuzatuvchilar uchun bir hil bo'lib, c dan katta bo'lishi mumkin emas. Agar $v - v_0 = c$ bo'lganda ham, (3) ga asosan $v' = c$ bo'ladi. Nisbiylik nazariyasidan yana uzunlikning qisqarishi, vaqtning sekin o'tishi kabi xulosalar kelib chiqadi.

Uzunlikning qisqarishi. Agar qo'zg'almas K sistemada nisbatan uzunligi l bo'lgan sterjenni K' sistemadagi kuzatuvchi kuzatsa, sterjenning uzunligi

$$l' = l\sqrt{1 - \beta^2} \qquad l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \quad (4)$$

bo'lib, sterjenga nisbatan harakatda bo'lgan kuzatuvchiga sterjen uzunligi qisqarib ko'rinadi.

Vaqtning sekin o'tishi. Qo'zg'almas va harakatdagi kuzatuvchilar bitta jism uzunligini o'lchashda ikki xil natija olishdan tashqari ikki hodisa orasidagi vaqtni o'lchashda ham turli natijalar olishadi. Agar K' sistemada soatning ko'rsatishi t' , K sistemada soat ko'rsatishi t bo'lsa, t' bilan t o'rtasida

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (5)$$

bog'liqlik mavjudligini uncha murakkab bo'lmagan muloxazalardan keltirib chiqarish mumkin. Bu formuladan ko'rinib turibdiki, harakatdagi k' sistemada tinch turgan K sistemaga nisbatan vaqt sekinroq o'tadi, ya'ni undagi soat sekin yuradi (soatlar sinxron). Bu hodisa uzunlikning qisqarishi bilan uzviy bog'liq bo'lib, vaqtning sekinlashuvi-relyativistik effektning ikkinchi tomonidir.

Massaning o'zgarishi. Massa va energiya orasidagi bog'lanish.

Nisbiylik nazariyasining ikkinchi postulatida-barcha inersial sanoq sistemalarida fizik qonunlar bir xilda bajariladi, deyilgan. Impulsning saqlanish qonuni ham shu qonunlar jumlasiga kiradi. Impulsning turli inersial sanoq sistemalariga nisbatan o'zgarmas, ya'ni $mv = \text{const}$ sond abo'lishi uchun

$$\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \text{const} \quad (6)$$

bo'lishi kerak ekan. Demak, buning uchun harakatdagi jism massasi tinch holatdagi massadan kattaroq bo'lishi kelib chiqadi, ya'ni:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (7)$$

Bu yerda m_0 - jismning tinch holatdagi massasi yoki xususiy massa deyiladi, m - jismning v tezlik bilan harakat qilayotgan kuzatuvchiga nisbatan massasi, ya'ni relyativistik massasi.

Yuqorida keltirilgan tenglamadan ko'rinadiki, jism tezligi hech qachon yorug'lik tezligiga teng bo'lishi mumkin emas, agar $V=c$ bo'lsa, kasr maxraji nolga teng bo'lib, jism massasi cheksiz katta bo'lishi kerak. Massaning cheksiz katta bo'lishi fizik ma'noga ege emas. Agar $V=c$ bo'lsa, jism tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'ladi degan xulosa kelib chiqib, bu ham real fizik ma'noga ega emas.

Yuqorida izohlangan faktlar asosida relyativistik kc Trinishda dinamikaning asosiy qonuni - Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagicha yoziladi.

$$F = \frac{d}{dt} \left(\frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) \quad (8)$$

Endi relyativistik mexanikada jismning massasi va energiyasi orasidagi bog'lanishni kc Traylik. Sodda holuchun $V \ll c$ (7) formulani taxminan :

$$m \approx m_0 \left(1 + \frac{1}{2} \beta^2 \right)$$

ko'rinishda yozish mumkin . Bu tenglamaning ikkala tomonini c ga ko'paytirib va $c^2 \beta^2 = v^2$ ekanligini hisobga olsak :

$$m c^2 \approx m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$$

tenglama hosil bo'ladi. Bu tenglamadan $\frac{1}{2} m_0 v^2$ jismning

harakat kinetik energiyasi, $m_0 c^2$ - jismning ichki xossasi bilan bog'liq bo'lgan kattalik va uning tinch holatdagi jismning xususiy energiyasi deyiladi. Xususiy energiya va kinetik energiyalar yig'indisi jismning to'la energiyasini ifodalaydi: Bu formulada

$$m c^2 = m_0 c^2 + W_k \quad (10)$$

$$W = m_0 c^2 \quad (11)$$

Eynshteynning massa bilan energiya orasidagi bog'lanish tenglamasidir. Shuni qayd qilish kerakki, energiya bilan massa orasidagi ekvivalentlik formulasi emas, balki energiya bilan massa orasidagi bog'liqlik tenglamasidir. Demak, nisbiylik nazariyasiga asosan relyativistik mexanikada massa bilan energiya bir-biridan ajralmas kattaliklar ekan. Eynshteynning nisbiylik nazariyasidan kelib chiqadigan barcha xulosalarning to'g'ri ekanligini atom va yadro ichida sodir bo'ladigan proseslar to'la tasdiqlaydi. Relyativistik mexanikada nisbiylik nazariyasidan foydalanib, energiya bilan impuls orasidagi bog'lanish ham keltirib chiqarilgan.

(9) ga asosan jismning energiyasi $W = m_0 c^2$

(6) ga asosan jismning impulsi $p = mv$ va

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ekanligini hisobga olib, ikkala tenglamadan energiya bilan impuls orasidagi quyidagi munosabatni olamiz:

$$W = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} \quad (12)$$

Ko'pincha, biz ko'rayotgan jismning tezligi $v \ll c$. U holda

$$\beta^2 = \frac{v^2}{c^2} \approx 0$$

Bu shart bajarilganda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o'tadi. Demak, Galileyning nisbiylik prinsipi va almashtirishlari Lorens almashtirishlarining xususiy holi ekan.

Shunday qilib, Galiley almashtirishlari o'rinli bo'lishi uchun klassik mexanika masalalarida jismning va harakatlanuvchi sanoq sistemalarining tezliklari yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lishi kerak ekan.

