

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА  
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**



**«Автоматика ва Электротехнология»**

**ФАКУЛЬТЕТИ**

**«Физика» фанидан**

# **МУСТАҚИЛ ИШ**

**МАВЗУ:** Галилей ва Нютоннинг нисбийлик принципи

**БАЖАРДИ:** МЯМТ 1кр 181 И. Хожиматов

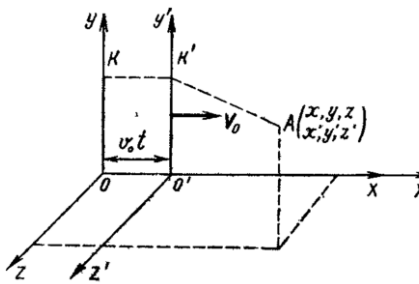
**ТЕКШИРДИ:** Д. Алижанов

**АНДИЖОН**

## **GALILEY VA NYUTONNING NISBIYLIK PRINSIPI**

### **REJA**

1. Galileyning nisbiylik prinsipi.
2. Nisbiylik prinsipining postulatlari.
3. Klassik mexanikaning qo‘llanish chegaralari.



Agar sanoq-sistemalari bir-biriga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilsa, bu sistemalarni **inersial sanoq sistemalari** deyiladi. Bunday sanoq sistemalarida Nyuton dinamikasining barcha qonunlari bajariladi. Fikrimizni oydinlashtirish uchun ikki sanoq sistemasini

1-rasm

tekshiraylik. **K** sistemani tinch holatda deb olib, ikkinchi  $K'$  sistema unga nisbatan o‘zgarmas  $v_0$  tezlik bilan  $OX$  o‘qi yo‘nalishida to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlansin (1-rasm).  $t=0$  vaqtda ikkala sanoq sistemasi bir-birini ustiga tushadi. Agar vaqtni ikkala sistemaning koordinata boshlari ustma-ust tushgan paytdan boshlab hisoblasak, u vaqtda 5.1 - rasmga binoan  $X=X' + v_0 t$ ,  $U=U'$ ,  $Z=Z'$  bo‘ladi. Ikkala sistemada ham vaqt bir tarzda o‘tadi ( $t=t'$ ) deb faraz qilsak, u holda quyidagi ifodalarga ega bo‘lamiz

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + v_0 t \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t' \end{aligned} \right\} \quad (1) \qquad \left. \begin{aligned} x' &= x - v_0 t \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalar Galiley almashtirishlari deb ataladi. Bu ifoda o‘z navbatida moddiy nuqta (A) ning ixtiyoriy paytda ikkala sanoq sistemasidagi koordinatalarini o‘zaro bog‘laydi. (1) munosabatlarni vaqt bo‘yicha differensiallasak, A nuqtaning  $K$  va  $K'$  sanoq sistemalaridagi tezliklar orasidagi bog‘lanishni topamiz

$$\left. \begin{aligned} v_x &= \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(x' + v_0 t) = v'_x + v_0 \\ v_y &= \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(y') = v'_y \\ v_z &= \frac{dz}{dt} = \frac{d}{dt}(z') = v'_z \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Bu munosabatni vektor ko‘rinishda

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0 \quad (4)$$

ko‘rinshida yozish mumkin. (4) ifoda **tezliklarni qo‘shish qoidasi** deb ataladi.

Umuman, bir sanoq sistemadan ikkinchi sistemaga o‘tganda biror kattalikning qiymati o‘zgarmasa, bu kattalik shu almashtirishga nisbatan **invariant** deb ataladi. Masalan, uzunlik ( $l = l'$ ), massa ( $m = m'$ ), kuch ( $F = F'$ ), tezlanish ( $a = a'$ ) kabi kattaliklar Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir.

Demak, turli inersial sanoq sistemalarida barcha mexanik hodisalar bir xil sodir bo‘lganligi sababli hech qanday mexanik tajribalar yordamida berilgan sanoq sistemasi tinch turganligi yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanayotganini aniqlab bo‘lmaydi. Bu Galiley nisbiylik prinsipidir.

### **Nisbiylik prinsipining postulatlar**

Fizika fanining asosiy qonunlaridan bo‘lgan elektrodinamika qonunlarini umumlashtiruvchi Maksvell tenglamalari sistemasi 1865 yilda yaratildi. Lekin Maksvell tenglamalarini Galiley almashtirishlaridan foydalanib, bir inersial sanoq sistemadan ikkinchisiga o‘tkazilsa, tenglamalar mutlaqo boshqacha ko‘rinishga ega bo‘lib qolishi aniqlanadi. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi, demak, Maksvell tenglamalari Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant emas ekan.

O‘sha davrdayoq Enshteyn va boshqa olimlar tomonidan Maksvell tenglamalarining ifodalarini o‘z ko‘rinishlarini o‘zgartirmasligi uchun yangi almashtirishlardan foydalanish zarurligi aytiladi. Enshteyn bunday almashtirishlar quyidagi ikki prinsip, ya’ni postulat asosida bo‘lishini ko‘tarib chiqadi:

**I Nisbiylik prinsipi.** *Barcha inersial sanoq sistemalarda hamma fizik hodisalar (mexanik, elektromagnit, optik va boshqalar) bir xilda ro‘y beradi.*

**II Yorug‘lik tezligining doimiylik prinsipi.** *Yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil bo‘lib o‘zgarmas kattalikdir, ya’ni  $S$  ga tengdir.*

Galiley almashtirishlariga asosan  $K$  sanoq sistemasidagi kuzatuvchi uchun yorug‘lik tezligi  $S + v_0$  bo‘lish lozim edi. Lekin,  $K$  sanoq sistemasida ham,  $K^1$  sanoq sistemasida ham yorug‘lik tezligi bir xil bo‘lib, u doimiy  $S$  ga teng bo‘ladi.

### *Relyativistik dinamikaning asosiy qonuni:*

Lorens almashtirishlariga asoslangan mexanikani Nyuton mexanikasidan farqlash maqsadida *relyativistik mexanika* deb yuritiladi.

Klassik mexanika ko'rsatmalariga asosan jism massasi o'zgarmas kattalikdir. Biroq XX asrning boshlarida katta tezliklarda harakatlanayotgan elektronlar ustida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, jism massasi uning harakat tezligiga bog'liq ekan, ya'ni tezlik ortishi bilan massa quyidagi qonunga asosan ortib boradi:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad (5)$$

bu yerda  $m_0$  - tinch holatdagi massa deb ataladi,  $m$  - ni esa *relyativistik massa* deb yuritiladi. Jism harakatining tezligi yorug'lik tezligiga yaqinlashgan sari relyativistik effekt keskinroq namoyon bo'la boshlaydi va jism massasi nihoyatda tez ortib boradi.  $v=c$  da massaning qiymati cheksizlikka intiladi.  $m$  massali  $v$  tezlikka ega bo'lgan yakkalangan jismning impulsi  $\vec{p} = m\vec{v}$  ga tengdir. Bu tenglikdagi  $m$  massa o'rniga relyativistik massa (5) qiymatini qo'ysak, Lorens almashtirishlariga asoslangan *relyativistik impuls* quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{p} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v_0^2 / c^2}} \cdot \vec{v}. \quad (6)$$

Nyuton II qonunini eslasak, ta'sir etuvchi kuch impulsning o'zgarish tezligiga proporsional bo'ladi. ya'ni

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Bu qonun Lorens almashtirishlariga nisbatan kovariant deb qarab, Nyuton qonunining umumiy ko'rinishi relyativistik shaklda quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \vec{v}^2 / c^2}} \right). \quad (7)$$

Bu *relyativistik dinamikaning asosiy qonuni* ifodasi bo'lib, ko'pincha moddiy nuqtaning relyativistik *dinamikadagi harakat tenglamasi* deb ham yuritiladi.

### Klassik mexanikaning qo'llanish chegaralari.

Relyativistik mexanika qonunlari  $v \ll c$  bo'lgan hollarda klassik mexanika qonunlariga o'tadi. Misol uchun tovush tezligi ( $v_0 \approx 300 \text{ m/s}$ ) da uchayotgan reaktiv samolyot harakati uchun

$$\frac{v_0^2}{c^2} = \left( \frac{3 \cdot 10^2 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \right)^2 = 10^{-12}$$

nisbatni hosil qilamiz.

Kosmik tezliklarda harakatlanayotgan kemalar uchun  $\frac{v_0^2}{c^2} \sim 10^{-9}$  atrofida bo'ladi. Demak,  $v_0 \ll c$  bo'lgan hollarda  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  ning qiymati 1 dan deyarli farqlanmas ekan. Shuning uchun kichik tezliklarda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o'tadi. Klassik mexanika kichik tezliklarda  $\frac{v_0^2}{c^2} \ll 1$  shart bajarilganda o'rinli bo'ladi, bu hol o'z navbatida klassik mexanikaning qo'llanish chegarasini belgilaydi. Shunday qilib, kichik tezliklarda klassik mexanika relyativistik mexanikaning xususiy holi hisoblanishi mumkin.

Biroq elektronlar bilan qilingan tajribalarda shu narsa aniqlandiki, klassik mexanika tasavvurlariga qarama-qarshi jismning massasi o'zgarmas kattalik emas ekan, balki tezlik ortishi bilan relyativistik dinamika qonuni asosida ortar ekan.

Uncha katta bo'lmagan harakat tezliklarida ( $3000 \text{ km/s}$  gacha tezliklarda) jismning massasi deyarli o'zgarmaydi. Katta tezliklarda massa sezilarli ortib ketadi, masalan,  $v=270\,000 \text{ km/s}$  da tinch holatdagi massadan ikki baravarga ortib ketadi.

Massa va energiyaning o'zaro bog'liqligi qonunining ifodasidagi,  $S^2$  ning son qiymati juda katta bo'lganligi uchun jism energiyasining o'zgarishi juda katta bo'lganda ham massaning o'zgarishi juda kichik amalda payqab bo'lmaydigan darajada bo'ladi. Masalan, Oyga tomon ikkinchi kosmik tezlik  $v_2 = 11,2 \text{ km/s}$  bilan uchirilgan tinch holatdagi massa  $m_0 = 1500 \text{ kg}$  bo'lgan kosmik raketaning energiyasi

$$\Delta W = \frac{m_0 v_2^2}{2} = \frac{1500 \cdot 11200^3}{2} = 9,4 \cdot 10^{10} \text{ j}$$

ga ortadi, uning massasi esa

$$\Delta m = \frac{9,4 \cdot 10^{10}}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 10^{-6} \text{ kg}$$

ortadi xolos.

Shunday qilib, raketa massasining nisbiy o'zgarishi

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{10^{-6}}{1500} < 10^{-9} = 10^{-7} \%$$

buni eksperimental yo'l bilan aniqlab bo'lmaydi.

Shuning uchun massa va energiyaning o'zaro bog'liqlik qonunini faqat mikroolam hodisalarida, ya'ni yadro jarayonlarida va elementar zarrachalarning bir turdan ikkinchi turga aylanishda eksperimental tekshirish mumkin.

Ayniqsa, yadro reaksiyalarida massaning energiya bilan o'zaro bog'liqligi juda sezilarli bo'ladi.

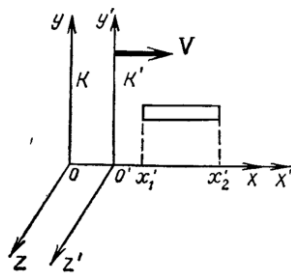
Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi Galiley, Nyuton va boshqa olimlar tomonidan asoslangan klassik mexanikaning qonun va prinsiplarini inkor etmaydi, aksincha ularni rivojlantiradi va umumlashtiradi hamda klassik mexanikaning qo'llanish chegaralarini belgilab beradi.

Yuqorida ko'rib chiqqan nisbiylik nazariyasining prinsiplaridan ravshanki, klassik mexanika nisbiylik prinsiplariga mos bo'lgan Galiley almashtirishlari Enshteyn postulatlarini qanoatlantirmaydi. Shuning uchun nisbiylik prinsiplariga mos bo'lgan Lorens almashtirishlaridan foydalanamiz, u quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$x = \frac{x' + v_0 t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; y = y'; z = z'; t = \frac{t' + \frac{v_0}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (8)$$

Bu munosabatlardan foydalanib  $K'$  sanoq sistemasidagi koordinatalar ( $x', u', z'$ ) va vaqt ( $t'$ ) dan  $K$  sanoq sistemasidagi koordinatalar ( $x, u, z$ ) hamda vaqt ( $t$ ) ga o'tish mumkin.  $K$  sistemadan  $K'$  sistemaga o'tish uchun (8) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

2-rasm



$$x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - \frac{v_0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (9)$$

Yuqoridagi tenglamalardan ko'rinadiki  $v \ll c$  shart bajarilganda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o'tadi. Endi Lorens almashtirishlaridan kelib chiqadigan natijalarni ko'rib chiqaylik.

a) jism uzunligining o'zgarishi.  $K$  sistemaga nisbatan  $X$  yo'nalishida  $\vec{v}$  tezlik bilan harakatlanayotgan  $K'$  sistemada sterjen tinch holatda bo'lsin.  $K'$  sistemada turgan kuzatuvchi sterjenning uzunligini  $l_0$  ga teng ekanligini e'tirof etadi.  $K$  sistemadagi kuzatuvchi uchun sterjen  $\vec{v}_0$  tezlik bilan harakatlanadi. Ixtiyoriy  $t'$  vaqtda sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda  $X_1'$  va  $X_2'$  bo'lsin. U holda sterjen uzunligi  $K'$  sistemada  $l_0 = X_2' - X_1'$  ifoda bilan aniqlanadi.  $K$  sistemadagi kuzatuvchi uchun sterjen uzunligi ( $l = X_2 - X_1$ ) ni aniqlaylik. Lorens almashtirishlariga asosan  $X_1$  va  $X_2$  koordinatalar ifodalangan sterjenning  $K'$  dagi koordinatalar  $X_1'$  va  $X_2'$  lar quyidagicha bog'langan:

$$x_1' = \frac{x_1 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; \quad x_2' = \frac{x_2 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

Bundan

$$x_2' - x_1' = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad \text{yoki} \quad l_0 = \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

Demak,



$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} \quad (11)$$

$K$  sistemadagi sterjen uzunligi  $K'$  sistemadagiga nisbatan qisqaroq bo'lar ekan. Buni uzunlikning **Lorens qisqarishi** deb ataladi.

b) vaqt intervalini o'zgarishi. Lorens almashtirishlariga asosan  $t_1$  va  $t_2$  vaqtlar  $K'$  sanoq sistemasidagi soat bo'yicha qayd qilinadigan  $t_1'$  va  $t_2'$  vaqtlar bilan quyidagicha bog'langan:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (12)$$

Demak, nisbiylik nazariyaga asoslanib aynan bir voqeaning o'tish vaqti bir-biriga nisbat harakatlanayotgan inersial sanoq sistemalarida turlicha davom etadi. Bu effektni harakatlanuvchi sanoq sistemalarda **vaqt o'tishning sekinlashishi** deb ataladi.  $K'$  sistemada, ya'ni harakatdagi sanoq sistemasida vaqtning o'tishi tinch turgan  $K$  sanoq sistemasiga nisbatan sekinroq o'tganligi aniqlanadi.

v) Tezliklarni qo'shish. Klassik mexanikada tezliklarni qo'shishda [(11) ifodaga qarang]  $v = v' + v_0$  tenglamadan foydalangan bo'lsak, katta tezliklarda undan foydalanish xatolikka olib keladi.

Lorens almashtirishlaridan foydalanib, tezliklarning qo'shish qoidasini aniqlaylik. Jismning  $K$  sanoq sistemadagi tezligi  $v = dx/dt$  bo'lsa,  $K'$  sanoq sistemadagi tezligi esa  $v' = dx'/dt'$  teng bo'ladi. Bularni aniqlash uchun Lorens almashtirishlarini ifodalovchi (12) tenglamadan hosilaga o'taylik:

$$dx = \frac{dx' + v_0 dt'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; \quad dt = \frac{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

Bu ifodalardan foydalanib tezlikni topaylik:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + v_0 dt'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}} \quad (13)$$

Masalan,  $v_0 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $v' = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  bo'lsa, (12) ga asosan  $v = v' + v_0 = 3,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , ya'ni  $v > c$  bo'lganligi uchun nisbiylik prinsipiga ziddir. (13) dan foydalansak

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}} = \frac{3,5 \cdot 10^8}{1 + \frac{3 \cdot 10^{16}}{9 \cdot 10^{16}}} \approx 262500 \text{ km/s}$$

Agar  $v' = v_0 = c$  bo'lsa

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}} = \frac{c + c}{1 + \frac{c^2}{c^2}} = c$$

Demak, (13) tenglama katta tezliklar uchun nisbiylik nazariyaning prinsiplarni, ya'ni yorug'lik tezligi hamma inersial sistemalarda o'zgarmaslik prinsipini to'la qanoatlantiradi.