

**ЎЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ХАЛЫҚҚА БІЛІМ БЕРУ УЎЗІРЛІГІ  
НАУАИ МЕМЛЕКЕТТІК ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТЫ  
ФИЗИКА – МАТЕМАТИКА ФАКУЛЬТЕТИ  
«ФИЗИКА ЖӘНЕ АСТРОНОМИЯ ОҚЫТУ МЕТОДИКАСЫ»  
КАФЕДРАСЫ  
ФИЗИКА ЖӘНЕ АСТРОНОМИЯ ОҚЫТУ  
МЕТОДИКАСЫ БАҒЫТЫ  
I – курс**

# реферат

***Тақырып: Арнайы салыстырмалылық теориясы  
негіздері***

Орындады:

Н.Нарбаева

Ғылыми жетекші:

а.оқ. Б.Т.Бисенова

Науаи – 2015 жыл

## **Жоспар:**

- I. Кіріспе.
- II. Негізгі бөлім.
  - II.1. Ньютон механикасында салыстырмалылық принципі. Галилей түрлендірулері
  - II.2. Эйнштейн постулаттары. Лоренц түрлендірулері
  - II.3. Бір уақыттылықтың, уақыт аралығының және кесіндінің салыстырмалылығы. Интервал
  - II.4. Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы
  - II.5. Арнайы салыстырмалылық теориясында масса, импульс және энергия, олар арасындағы байланыс
  - II.6. Релятивистік динамиканың негізгі заңы
  - II.7. Арнайы салыстырмалылық теориясында сақталу заңдары
  - II.8. Инерциалсыз санақ жүйелері. Инерция күштері
- III. Қорытынды
- IV. Пайдаланылған әдебиеттер

## **Кіріспе**

Болашақ кадрлерде терең және сапалы білімді жарату, ұлттық егемендік идеяларында саналы, отанды сүйетін, бұл жолдағы тәрбиелеуді жалғастыру жоғарғы білімнің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Қазіргі таңда әрбір педагог баланың ойынан шығып, қажеттілігін қанағаттандыра білуге дайын болуы тиіс. Өйткені қазіргі мектеп жасындағы балалар қай сыныпта оқыса да, қай жаста болса да өзінің кім болатынын, қандай адам болатынын армандайды және өмірден өз орнын табуды басты мақсаты деп санайды, сондай-ақ өзіне айналасындағылардан дұрыс бағдар беретін ақыл-кеңес күтеді.

Сондықтан оқушының рухани өсуіне жағдай туғыза алатын, жаңалықтарды қабылдауға даяр, өз әрекетіне өзгеріс енгізе алатын педагогтар ғана бүгінгі қоғамның мүддесі мен әр баланың үрдісінен шыға алады. Ойы жүйрік, ақылы жетік, бәсекеге қабілетті, өзгерістерге бейім, жеке тұлғалы тек қана жаңа тұрпатты педагог қалыптастыра алады.

Бұл тақырыпты үйренуден мақсат Ньютон механикасында салыстырмалылық принципі, Галилей түрлендірулері, Эйнштейн постулаттары. Лоренц түрлендірулері, бір уақыттылықтың, уақыт аралығының және кесіндінің салыстырмалылығы, интервал, жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы, арнайы салыстырмалылық теориясында масса, импульс және энергия, олар арасындағы байланыс, релятивистік динамиканың негізгі заңы, арнайы салыстырмалылық теориясында сақталу заңдары, инерциалсыз санақ жүйелері, инерция күштері құбылыстарын кеңінен түсіндіру болып есептелінеді.

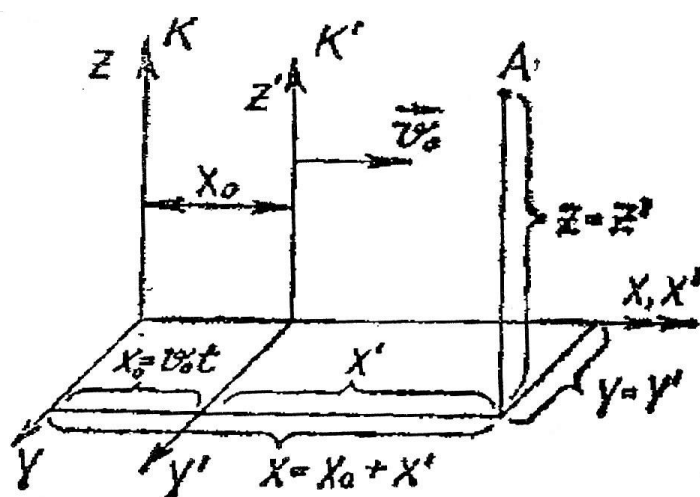
## НЬЮТОН МЕХАНИКАСЫНДА САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ПРИНЦИП. ГАЛИЛЕЙ ТҮРЛЕНДІРУЛЕРІ

Инерциалық санақ жүйелеріне қатысты бірер материалдық нүктенің қозғалысын, мысалы, релске қатысты ілгерілемелі бір қалыпты қозғалыс жасап жатқан вагон және вагонға қатысты қозғалыс жасап жатқан материалдық нүкте қозғалысын қарап шығайық.

Санақ жүйелерінен бірін *тыныш* күйде деп, екіншісін қозғалыста деп қабылдайық. Мұндай қозғалысты *салыстырмалы қозғалыс* деп аталады. Тыныш тұрған санақ жүйесі (релс)ге қатысты қозғалыстағы жүйедегі нүктенің қозғалысы *абсолют қозғалыс* деп аталады. Тыныш тұрған санақ жүйесіне қатысты қозғалысты *орын ауыстыру қозғалысы* деп аталады.

Тыныш тұрған санақ жүйесі (K) да материалдық (A) нүктенің координаталарын  $x, y, z$  қозғалатын санақ жүйесі ( $K'$ ) да оның координаталары  $x', y', z'$  болсын. Екі санақ жүйесінде өлшенген уақыт теңдеуі ( $t = t'$ ) тәжірибелер көрсетеді. Пікірлерді қарапайымдастыру үшін  $t = t' = 0$  да екі санақ жүйесі  $K = K'$  үстіне үсті түседі дейміз.

$K'$  санақ жүйесі тыныш тұрған санақ жүйесіне (K) қатысты түзу сызықты бір қалыпты ( $v_0 = \text{const}$ ) қозғалыс жасасын.



1-сурет

K және  $K'$  санақ жүйелерінде қозғалыстағы материалдық нүктенің координаталары арасындағы байланысты төмендегі көріністе болады:

$$\left. \begin{aligned} t = t', x = x' + x_0, y = y', z = z' \\ x_0 = g_0 t = g_0 t' \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) теңдеуге **Галилейдің координаталар түрлендірулері** қысқаша **Галилей түрлендірулері** деп аталады.

Материалдық нүктенің  $K$  және  $K'$  санақ жүйелерінде жылдамдықтары арасындағы байланысты табу үшін (1) теңдеуден уақыт бойынша бірінші тәртіпті туынды аламыз:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{dx'}{dt} + \frac{dx_0}{dt} & v_x &= v'_x + v_0 \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{dy'}{dt} & v_y &= v'_y \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{dz'}{dt} & v_z &= v'_z \end{aligned} \quad (2)$$

(2) ге **Галилейдің жылдамдықтар түрлендірулері** деп аталады. Бұл теңдікті мүше-мүше қоссақ

$$v = v' + v_0 \quad (2a)$$

пайда болады.

Бұл **жылдамдықтардың қосу заңы** болып есептеледі.

(2) ні уақыт бойынша дифференциалдасақ, материалдық нүктенің  $K$  және  $K'$  санақ жүйелеріндегі үдеулері ортасындағы байланысты табамыз.

$$\begin{aligned} a_x &= a'_x \\ a_y &= a'_y \\ a_z &= a'_z \end{aligned} \quad (3)$$

(2) және (2a) теңдеулерді вектор көріністе жазамыз

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

$$\vec{a} = \vec{a}' \quad (5)$$

$g$  -  $K$  жүйеге қатысты қаралып жатқан материалдық нүкте жылдамдығы - **абсолют жылдамдық**,  $g'$  -  $K'$  жүйеге қатысты жылдамдығы **салыстырмалы жылдамдық** және  $g_0$  -  $K'$  жүйенің  $K$  жүйеге қатысты жылдамдығы - **орын ауыстыру жылдамдығы** болып:

1) қозғалыс жасап жатқан материалдық нүктенің абсолют жылдамдығы ( $\vartheta$ ), салыстырмалы  $\vartheta'$  және орын ауыстыру  $\vartheta_0$  жылдамдықтарының векторлық жиындысына тең;

2) материалдық нүктенің К жүйеге қатысты үдеуі салыстырмалы үдеуге тең.

Қорытынды жасайтын болсақ, *инерциалық санақ жүйелері бір-біріне қатысты түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жасаса, бұл санақ жүйелерде материалдық нүктенің үдеуі бірдей болады.*

(3) немесе (5) теңдікке негізделіп механиканың салыстырмалылық принципін төмендегіше сипаттауымыз мүмкін: инерциалық санақ жүйесі ішінде өткізілген механикалық тәжірибелер жәрдемінде ол тыныш немесе түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жасап жатқандығын анықтау мүмкін емес немесе механика заңдары барлық санақ жүйелері үшін орынды болып есептеледі.

1905 жылы Эйнштейн жарық жәрдемінде өткізген тәжірибелері негізінде механиканың салыстырмалылық принципі анализ етілгенде төмендегідей қорытындыға келеді: *салыстырмалылық принципі бұл табиғаттың ең фундаментал заңдарынан бірі болып, оны тек механикалық құбылыстарға ғана емес, бәлкім жылулық, электромагниттік, оптикалық және басқа құбылыстарға да қолдау мүмкін.*

Барлық инерциалық санақ жүйелерінде физика заңдары бірдей болуы *инварианттық принципі* деп аталады.

Демек, бір инерциалық санақ жүйесіне өткенде барлық физика заңдары қозғалыстың жылдамдығы жарық жылдамдығынан өте кіші болғанда инвариант болады.

## ЭЙНШТЕЙН ПОСТУЛАТТАРЫ. ЛОРЕНЦ ТҮРЛЕНДІРУЛЕРІ

Көп жылдық тәжірибе және күзетулерге сүйеніп ғалымдар төмендегі қорытындыға келген: **жарықтың болмыстағы жылдамдығы тұрақты болып, жарық көзінің және жарық қабылдаушының қозғалысына байланысты емес.**

Жарық жылдамдығының тұрақтылық заңы Галилей түрлендірулеріне тура келмейді. Екі инерциалық санақ жүйесі ( $K$  және  $K'$ )  $x$  осі бойынша  $v$  жылдамдықпен бір-біріне қатысты қозғалып жатқан болсын (1-сурет).

$K'$  санақ жүйесінде жарық жылдамдығы  $c$  ға тең болса, онда Галилей түрлендірулеріне негізделіп  $K$  санақ жүйесінде оның жылдамдығы  $(c + v)$  тең болады.

Ньютон механикасында кеңістік және уақыт абсолют деп қаралғандығы себепті денелер жылдамдығының жарық жылдамдығынан үлкен болмауын түсіндіру мүмкін емес.

Сол үшін Ньютонның кеңістік және уақытты абсолют деген түсініктерінен ұзақтасуға тура келеді.

Жарық жылдамдығының тұрақтылық фактіне негізделіп, Эйнштейн 1905 жылда кеңістік және уақыт туралы ойлағандарды қайтадан көріп шықты.

Кеңістік және уақыт туралы жаңа тәлімді Эйнштейн **арнайы салыстырмалылық теориясы** негізінде екі принцип жатады деп тұжырымдады:

**1) Салыстырмалылық принципі:** Барлық инерциалық санақ жүйелері тең құқылы, бұл жүйелерде табиғат құбылыстары бірдей өтеді және заңдар бірдей өрнектеледі.

**2) Жарық жылдамдығының инварианттық принципі:** барлық инерциалық санақ жүйелерінде жарық жылдамдығы вакуумда ең үлкен болып, ол тұрақты және  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$  ге тең.

Осы екі пастулаттан бір инерциалық санақ жүйелерінен басқа инерциалық санақ жүйесіне өтілгенде уақыт және координата түрлендірулерін анықтаймыз.

1- суретте  $K$  және  $K'$  санақ жүйелерінде  $X$  осі бойынша бір – біріне қатынасты  $v$  жылдамдықпен қозғалыс жасасын және  $t = t' = 0$  болғанда,  $x = x' = 0$  болсын.

Ойымызша, шын тұра координата түрлендірулері Галилей түрлендірулерінен  $\gamma$  көбейтіндіге айырмашылық етсін:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - v \cdot t) \\x &= \gamma(x' + v' \cdot t')\end{aligned}\quad (6)$$

$v' = -v$  екендігін есепке алсақ, (6) төмендегі көріністе болады:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - v \cdot t) \\x &= \gamma(x' + v \cdot t')\end{aligned}\quad (7)$$

Екі санақ жүйесінің координата бастары ізбе -із түскен уақыттан басталып жарық сигналы фронтының таралуын күзетеміз.

Жарық сигналы фронтының уақыт және координаталарын екі жүйеде  $t_0, x_0, t'_0, x'_0$  деп белгілейміз.

Эйнштейннің екінші постулатына негізделіп,

$$\begin{aligned}x_0 &= ct_c \\x'_0 &= ct'_c\end{aligned}\quad (8)$$

(7) ні (8) ге қойсақ, ол төмендегі көріністе болады:

$$\begin{aligned}ct'_c &= \gamma(ct_c - v \cdot t_c) \\ct_c &= \gamma(ct'_c + v \cdot t'_c)\end{aligned}\quad (9)$$

(9) теңдеулердің бірінен  $t'_c$  тауып, екіншісіне қойсақ және  $t_c$  –ге қысқартып  $\gamma$  ның мәнін табамыз:

$$\gamma = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\quad (10)$$

(10) ды (6) теңдеуге қойсақ,  $x$  және  $x'$  координата түрлендірулері заңын табамыз:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \quad (11)$$

Енді уақыттың түрлендіру заңын табу үшін (11) теңдеулерде  $x'$  координатаны жоғалту қажет. Бұл үшін екінші теңдеудегі  $x'$  орнына бірінші теңдеудегі мәнін қоямыз, онда  $t'$  тың  $t$  және  $x$  – ге байланысты теңдеуі пайда болады:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma(x' + vt') = \gamma\left(x - \frac{v}{c^2}x + vt'\right) \quad (12)$$

Бұдан

$$t' = \frac{x}{\gamma v} - \frac{\gamma x}{v} + t = t - \frac{x}{v}(\gamma - \frac{1}{\gamma}) \quad (13)$$

Элементар математикалық амалдарынан кейін (13) тың көрінісі төмендегіше болады:

$$t' = \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right) = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (14)$$

Осы теңдеуге ұқсас, яғни  $t$  ны  $t'$  және  $x'$  байланысты теңдеуін (11)ден табу мүмкін:

$$t' = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right) = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (15)$$

$Y$  және  $Z$  остері бойынша орын ауыстыру болмағандығы үшін  $y = y', z = z'$  тең (11), (14) және (15) теңдеулерді Лоренц тапқандығы себепті **Лоренц түрлендірулері** деп аталады.

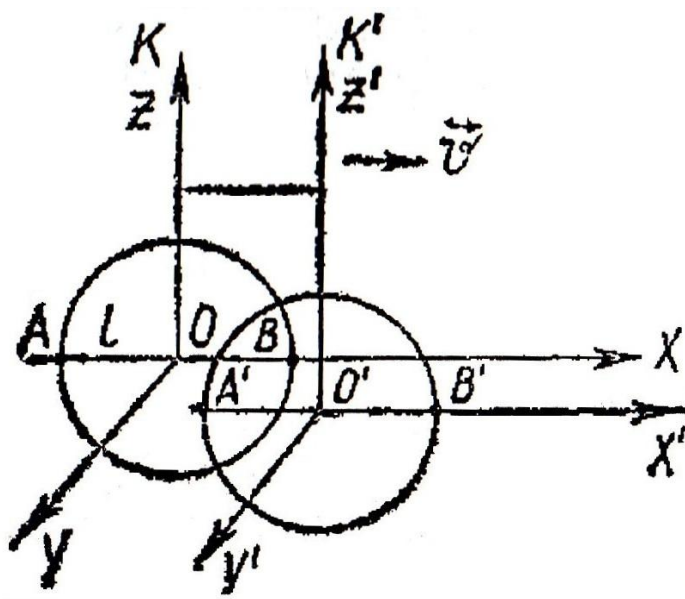
Бұл түрлендірулер универсал сипаттамаға ие, өйткені ол тек кеңістік және уақытқа тиісті.

$v \ll c$  болғанда, Лоренц түрлендірулері Галилей түрлендірулеріне айналады.

Ньютон заңдарында кеңістік және уақыт абсолют деп қаралады. Лоренц түрлендірулерін келтіріп шығаруда бұл шамалар өзара байланыста екендігіне негізделеді.

## БІР УАҚЫТТЫЛЫҚТЫҢ, УАҚЫТ АРАЛЫҒЫНЫҢ ЖӘНЕ КЕСІНДІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҒЫ. ИНТЕРВАЛ

**Бір уақыттылықтың салыстырмалылығы.** Ньютон механикасында уақиғалар барлық инерциалық санақ жүйелерінде бір уақытта болады деп есептелінетін еді. Арнайы салыстырмалылық теориясының постулаттарынан төмендегі қорытынды келіп шығады. Бір санақ жүйесінде екі уақиға (бір-біріне жақын нүктелерде) бір уақытта болып өтсе, бірақ басқа санақ жүйелерінде бір уақытта болмайды. Төмендегі бір тәжірибені көріп шығайық. Бір-біріне қатысты  $X$  осі бойынша  $v$  жылдамдық пен қозғалыс жасаған екі  $K$  және  $K'$  инерциалық санақ жүйесін (2-сурет) көріп шығайық:



2- сурет

Олардың центрінде  $O$  және  $O'$  нүктелері ізбе-із түскен уақыттан бастап екі санақ жүйесінде уақытты ( $t$  және  $t'$ ) есептейміз. ( $t = t' = 0$ ) болғанда координата бастарында жарық шағылған болсын. Мұнда жарық сигналы барлық жерге тарала бастайды.  $X$  осі екі  $A$  және  $B$  нүктелерін белгілейміз, бұл нүктелер координата басынан сол және оң жағында бірдей  $l$  қашықтықта орналасқан.

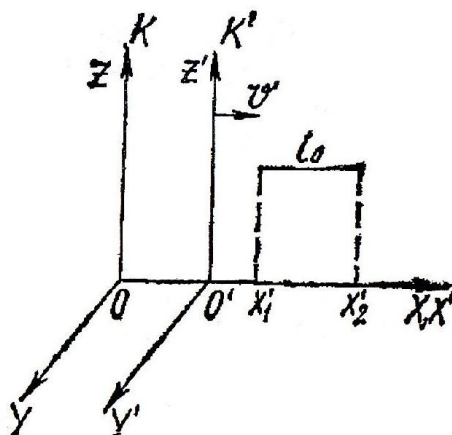
$X'$  осінде да координата басы  $O'$  дан бірдей қашықтықта  $A'$  және  $B'$  нүктелерді белгілейміз. Жарық сигналы қандай уақыт аралығында және қандай тізбектілікте  $A, B$ , және  $A', B'$  нүктелеріне жетіп барады.

$K$  санақ жүйесінде жарық сигналы  $A$  және  $B$  нүктелерге бірдей уақытта жетіп барады:

$$t = \frac{l}{c}$$

бұл жерде  $c$  - жарық жылдамдығы.  $K'$  санақ жүйесінде уақиғаның тізбектілігін көрейік.  $A'$  нүкте жарық сигналы жаққа қарап қозғалады. Сол үшін ол алдын жарытылады.  $B'$  нүкте жарық сигналынан ұзактасады, сол үшін ол кейін жарытылады. Егер  $K'$  санақ жүйесі оған қатысты солға  $v$  жылдамдықпен қозғалыс жасаса, кері нәтиже келіп шығатын еді. Инерциалық санақ жүйелерінен бірін абсолют деп қарау мүмкін емес, сол үшін абсолют, яғни тұрақты деп есептей алмаймыз.

Мысалы: қозғалыстағы  $K'$  санақ жүйесінде  $x'_1$  және  $x'_2$  ( $x'_1 \neq x'_2$ ) нүктелерінде ( $t'$  уақытта) екі уақиға болсын (мысалы, жарық шағылсын) (3-сурет).



3-сурет

Тыныш тұрған К санақ жүйесінде бұл уақиғалар әртүрлі уақытта болады ( $t_1$  және  $t_2$ ). (15) формулаға негізделіп төмендегіні жазамыз:

$$t_1 = \frac{t' + \frac{x'_1 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t_2 = \frac{t' + \frac{x'_2 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t' + \frac{x'_2 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{t' + \frac{x'_1 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\frac{v}{c^2} (x'_2 - x'_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\frac{v}{c^2} \Delta x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (16)$$

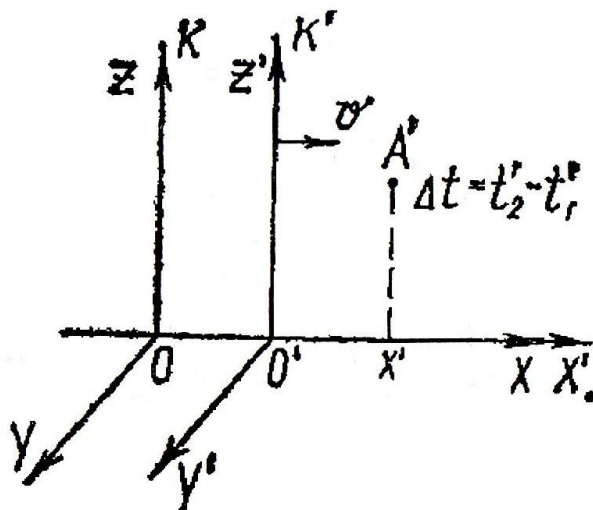
Бұл жерде нолден айрықша, өйткені  $\Delta x' = x'_2 - x'_1 \neq 0$

Демек, барлық инерциалық санақ жүйелері тең құқылы, бірақ оларда уақиғалардың бір уақыттылығы және тізбектілігі әртүрлі болады. Бір санақ жүйесінен баскасына өткенде уақыт өзгеруін есепке алу керек.

Демек, бір уақыттылық түсінігі салыстырмалы мағынаға ие және әртүрлі инерциалық санақ жүйелерінде уақыт өтуімен әртүрлі болады.

Сонымен, арнайы салыстырмалылық теориясынан төмендегі келіп шығады: бір санақ жүйесінде екі уақиға бір уақытта болса, басқа санақ жүйесінде уақиғалар күзетілгенде әртүрлі уақытта болып өтеді.

**Уақыт аралығының салыстырмалылығы.** 4-суретте көрсетілген  $K'$



4-сурет

инерциальдық санақ жүйесі К санақ жүйесіне қатысты  $v$  жылдамдық пен қозғалыс жасасын және  $K'$  жүйеде бізді қызықтырған дене  $A'$  нүктеде тұрсын. Сол нүктеде  $t'_1$  кезде белгілі бір уақиға болсын.  $t'_1$  кезде басқа уақиға болсын, бұл уақиғалар арасындағы уақыт аралығы  $\Delta t' = t'_2 - t'_1$  уақыт аралығы  $K'$  санақ жүйесінде өлшенген.

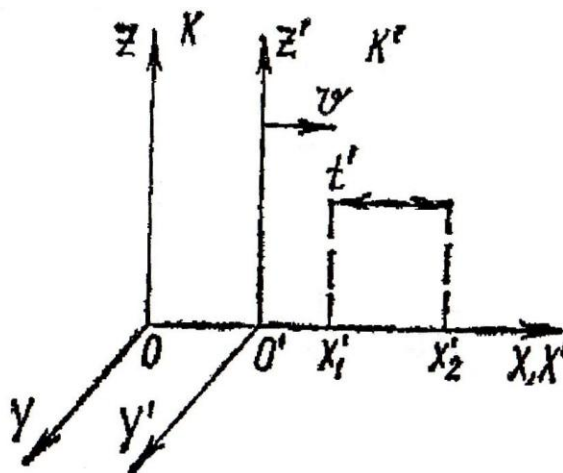
Енді осы уақиғалар болуында кеткен уақыт аралығын К санақ жүйесінде табайық, уақиғалар бір  $A'$  нүктеде болғандығы үшін  $x'_1 = x'_2 = x'_0$  (15) формуладан пайдаланып, уақыт аралығы үшін төмендегі өрнек пайда болады:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t'_2 + \frac{x'_0 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{t'_1 + \frac{x'_0 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (17)$$

(17) ден көрініп тұрғандай, К жүйеде құбылыстың пайда болу уақытынан  $K'$  жүйеде құбылыстың пайда болу уақыты кіші екен, бұл уақыттың *кешігу эффекті* деп аталады.

Сонымен, әртүрлі инерциальдық санақ жүйелерінде тізбектей болатын уақиғалар арасындағы уақыт өзгереді екен. Демек, уақыт аралығы салыстырмалы.

**Кесіндінің салыстырмалылығы.** Ойлаб көрейік, қозғалыстағы  $K'$  санақ жүйесінде  $X$  осіне параллель бірер  $l_0$  ұзындықтағы стержен кесіндіні  $l_0 = x'_2 - x'_1$  орналастырайық (5- сурет).



5- сурет

Бұл жерде  $x'_1$  және  $x'_2$ ,  $K'$  санақ жүйесінде бір уақыттың өзінде ( $t'$ ) стержен басы және соңының координаталары оның ұзындығын  $K$  санақ жүйесінде өлшейік.  $K$  санақ жүйесіндегі бақылаушы үшін стержен  $K'$  жүйе мен бірге  $v$  жылдамдық пен қозғалады.  $K$  санақ жүйесінде бір уақыттың ( $t$ ) өзінде кесінді координаталары  $x_1$  және  $x_2$  болса, оның ұзындығы  $l = x_2 - x_1$  ге тең болады.

Лоренц түрлендірулерінен пайдаланып, төмендегі өрнекті жазамыз:

$$l_0 = x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (18)$$

$$\text{Бұдан} \quad l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (19)$$

Демек,  ***$K$  санақ жүйесінде тұрған бақылаушы  $K'$  санақ жүйесі мен бірге қозғалыстағы стержен (кесінді)нің ұзындығы  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  рет қысқаруын көреді.***

Сонымен, бір - біріне қатысты қозғалыстағы әртүрлі инерциалық санақ жүйелерінде стерженнің ұзындығы өзгереді екен, яғни стерженнің ұзындығы салыстырмалы.

***Арнайы салыстырмалылық теориясында интервал түсінігі.*** Бұл екі нүкте арасындағы интервал (яғни қашықтық) түсінігі және екі уақиға арасындағы интервал (яғни уақыт аралығы) түсініктерін қосады.

Көз алдымызға келтірейік,  $K$  инерциалық санақ жүйелерінде кеңістіктің бірер нүктесінде уақиға болып өтсін. Бұл нүктенің координаталары  $x, y, z$  деп белгілейік,  $t_1$  уақытта басқа нүктеде екінші уақиға болсын, бұл нүктенің координаталары  $x_1, y_1, z_1$  болсын. Ол кезде екі уақиға арасындағы  $s$  интервал

$$s = \sqrt{c^2(t_1 - t)^2 - (x_1 - x)^2 - (y_1 - y)^2 - (z_1 - z)^2} \quad \text{болады.}$$

Лоренц түрлендірулеріне қатысты интервалдың инвариантылығын төмендегі есептеулермен тексеру мүмкін. Қозғалыстағы инерциалық санақ жүйесінде ( $K'$ ) интервал  $s'$  ке тең:

$$s' = \sqrt{c^2(t'_1 - t'_2)^2 - (x'_1 - x'_2)^2 - (y'_1 - y'_2)^2 - (z'_1 - z'_2)^2} \quad (19a)$$

$$(x'_1 - x'_2)^2 = \frac{(x_1 - x_2)^2 + v^2(t_1 - t_2)^2 - 2v \cdot (x_1 - x_2)(t_1 - t_2)}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (19б)$$

$$c^2(t'_1 - t'_2)^2 = \frac{c^2(t_1 - t_2)^2 - 2g(x_1 - x_2)(t_1 - t_2) + \frac{g^2}{c^2}(x_1 - x_2)^2}{1 - \frac{g^2}{c^2}} \quad (19в)$$

$$(y'_1 - y'_2)^2 = (y_1 - y_2)^2 \quad (19г)$$

$$(z'_1 - z'_2)^2 = (z_1 - z_2)^2 \quad (19д)$$

Бұл (б, в, г, д) лерді (а) формулаға қойсақ және элементар есептеулерді орындасақ,  $s' = s$  келіп шығады.

Сонымен, екі физикалық уақиға  $s$  интервал мен ажыратылған, ол абсолют сипаттамаға ие және барлық инерциалық санақ жүйелерінде орынды. Демек, **интервал инвариант шама**.

## ЖЫЛДАМДЫҚТАРДЫ ҚОСУДЫҢ РЕЛЯТИВИСТІК ЗАҢЫ

1- суретте көрсетілген  $K'$  санақ жүйесінде материалдық А нүктеде тұрған дене  $x'$  осі бойынша тұрақты  $g'$  жылдамдық пен қозғалсын:

$$g' = \frac{x'}{t'} \quad (20)$$

$K'$  санақ жүйесі да  $x'$  осі бағытында  $K$  санақ жүйесіне қатысты  $g_0$  жылдамдық пен қозғалыста болсын.

Денені  $K$  санақ жүйесіне қатысты ол жылдамдықты табайық, яғни

$$u = \frac{x}{t} \quad (21)$$

Есептеулерді қарапайымдастыру үшін  $(t = t' = 0)$  уақытта  $(x = x' = 0)$  болсын және дене координаталар центрінде О нүктеде орналасқан болсын.

Бұл жағдай үшін Лоренц координата және уақыт түрлендірулерін жазайық :

$$\begin{aligned} x &= \frac{x' + g \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \\ t &= \frac{t' + \frac{g}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \end{aligned} \quad (22)$$

(22)ні (21)ге қойып, төмендегіні пайда қыламыз:

$$u = \frac{\frac{x' + g t'}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}}{\frac{t' + \frac{g}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}} \quad (23)$$

(23) тің алым және бөлімін  $t'$  ге бөлеміз:

$$u = \frac{\frac{x'}{t'} + g}{1 + \frac{g}{c^2} * \frac{x'}{t'}} \quad (24)$$

(24) формулада  $\frac{x'}{t'}$  (20)формуланы есепке алып (24) ті төмендегідей жазамыз:

$$u = \frac{g' + g}{1 + \frac{g' g}{c^2}} \quad (25)$$

(25) формула жылдамдықтарды қосудың (түрлендірудің) релятивистік заңын сипаттайды. Мұнда абсолют жылдамдық, салыстырмалы және орын ауыстыру жылдамдықтардың жиындысына тең болмайды екен, яғни Ньютон механикасындағы жылдамдықтарды қосу заңына ұқсамайды.

Егер материялық нүктенің жылдамдығы және санақ жүйесін бірібіріне қатысты жылдамдық жарық жылдамдығынан өте кіші, яғни  $u \ll c$ ,  $g \ll c$  болса, онда  $\frac{g'g}{c^2} \ll 1$  болады және (25)тен Ньютон механикасындағы жылдамдықтарды қосу заңы келіп шығады :

$$u = g' + g \quad (26)$$

(25) формуладан көрініп тұрғандай, дененің абсолют жылдамдығы жарық жылдамдығынан үлкен болмайды. Мысалы, материялық нүктенің жылдамдығы  $g' = c$  тең болсын, онда

$$u = \frac{g' + g_0}{1 + \frac{g'g_0}{c^2}} = \frac{c + g_0}{1 + \frac{cg_0}{c^2}} = c \frac{c + g_0}{c + g_0} = c \quad (27)$$

тең болады.

Сонымен, релятивистік механика заңдары денелердің кіші, жылдамдықтарында  $g_0 \ll c$  классикалық механика заңдарына айналады.

## **АРНАЙЫ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ТЕОРИЯСЫНДА МАССА, ИМПУЛЬС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ, ОЛАР АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫС**

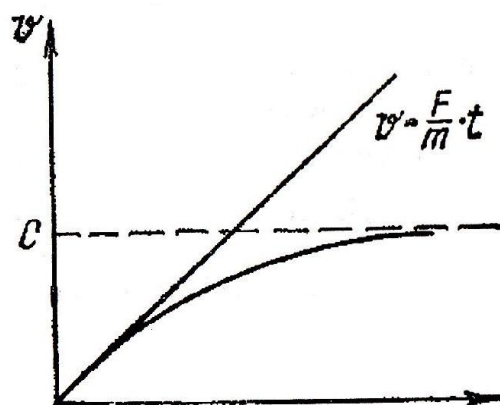
Классикалық механикада дененің массасы барлық инерциалық санақ жүйелерінде тұрақты деб есептелінер еді. Шындығында да, осы қорытындыларды тәжірибелер дәлелдейді, егер денелердің қозғалыс жылдамдығы жарық жылдамдығынан өте кіші ( $g \ll c$ ) болса, дене массасының жылдамдыққа байланыстылығын анықтап болмайды.

Мысалы, дене тұрақты  $F$  күш әсерінде қозғалсын,  $t_1 = 0$  уақытта  $g = 0$  болғанда динамиканың екінші заңы төмендегі көріністе болады:

$$\vec{F} = m \frac{g}{t} \quad \text{немесе} \quad \vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} t = at \quad (28)$$

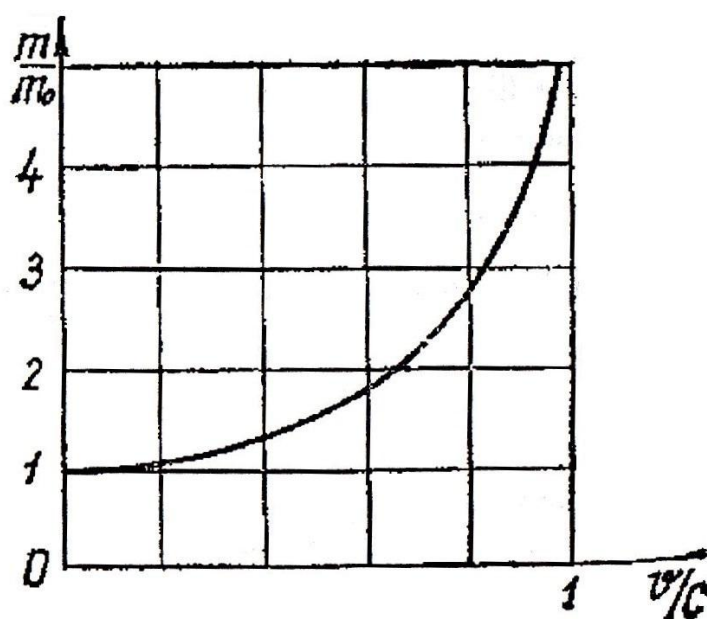
Демек, жылдамдық күштің денеге әсер ету уақытына тура пропорционал екен. Басқаша айтқанда, әсер етіп жатқан тұрақты күштің

әсер ету уақыты қанша ұзақ жалғасса, оның қозғалыс жылдамдығы шектелмеген күйде артып барады (6- суреттегі түзу сызық).



6- сурет

Бұл қорытынды арнайы салыстырмалылық теориясына тура келмейді, себебі салыстырмалылық теориясында фундаментал қорытындылардың бірі еш қандай дененің қозғалыс жылдамдығы жарық жылдамдығынан үлкен болмайды.



7-сурет

Сол үшін динамиканың негізгі заңын сондай өзгертуіміз керек, оның қорытындысы арнайы салыстырмалылық теориясының қорытындыларына дәл келуі керек. Бұл мәселені шешу үшін Эйнштейн дененің массасы бір-біріне қатынасты қозғалыстағы санақ жүйелерінде бірдей емес деп есептейді. Дене массасының бірер инерциалық санақ жүйесіне қатынасты қозғалыс жылдамдығына байланысты төмендегідей бейнеленеді (7-сурет)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (29)$$

бұл жерде  $m_0$  - тыныш тұрған дененің массасы,  $m$  - дененің санақ жүйесіне қатысты  $g$  жылдамдық пен қозғалыстағы массасы. Бұл масса **релятивистік масса** деп аталады.

Релятивистік механикада дененің импульсі төмендегі көрініске ие :

$$p = m g = \frac{m_0 \bar{g}}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (30)$$

Мұнда  $m$  - релятивистік масса. Егер дененің қозғалыс жылдамдығы  $g \ll c$  болса,  $m = m_0 - const$  болады.

Онда  $p = m_0 g$ , яғни Ньютон механикасындағы импульс өрнегі келіп шығады.

Қозғалыстағы дене массасының арту себептерін анализ етіп шығайық. Дене  $g \ll c$  жылдамдық пен қозғалыс жасап жатқанда (29) формуланы Ньютон биномына негізделіп төмендегідей жаза аламыз:

$$m = m_0 \left(1 - \frac{g^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} = m_0 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{g^2}{c^2} + \frac{3}{8} \cdot \frac{g^4}{c^4} + \dots\right) \quad (31)$$

(31) де мүшелер өте кіші мәнге ие болғаны үшін есепке алмаймыз, онда (31)

$$m = m_0 + \frac{m_0 g^2}{2c^2} = m_0 + \frac{K}{c^2} \quad (32)$$

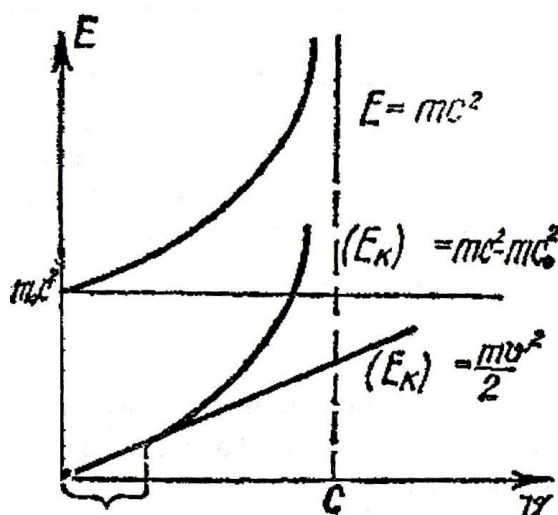
көріністі алады. (32) ні төмендегіше жазамыз:

$$mc^2 = m_0 c^2 + K = E_0 + K = E \quad (33)$$

немесе

$$E = mc^2 \quad (34)$$

Бұл энергиялар графикті түрде 8 - суретте көрсетілген.



8-сурет

(34) теңдік масса және энергияның өзара байланыстылық заңын бейнелейді:

$$E_0 = m_0 c^2 \quad (35)$$

Бұл теңдік энергия өрнегі, ол дененің **тыныш күйдегі энергиясы** деп аталады. Классикалық механика  $v=0$  шаманы есепке алмайтын еді, себебі  $v=0$  болғанда тыныш күйдегі дененің энергиясы нөлге тең деп есептелінер еді.

Сонымен, дене үлкен жылдамдықпен қозғалыс жасағанда оның кинетикалық энергиясы (33) формуладан анықталынады:

$$K = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 \quad (36)$$

$v \ll c$  болғанда (36) формула (31) есепке алынғанда классикалық механикадағы формулаға айналады:

$$K = \frac{mv^2}{2} \quad (37)$$

Егер дене тыныш жағдайда болса ( $v = 0$ ), (33) теңдікте  $K = 0$  болады.  $E = E_0$ , яғни

$$E = E_0 = m_0 c^2 \quad (38)$$

Дененің тыныш жағдайдағы энергиясы (38) барлығы себепті денені белгілі бір потенциалдық энергиялы резервуар деп қарау мүмкін. Бұл энергия басқа түр энергияларға немесе сәулелену энергиясына айналуы

мүмкін. Егер  $m_0$  массалы дене  $\Delta E$  энергия шығарған болса, онда дененің тыныш күйдегі массасы  $\Delta m$  мөлшерге азаяды. Мұнда тыныш күйдегі дене энергиясы және массасы өзара байланыстылығы төмендегі қатынас арқылы бейнеленеді:

$$E_0 - \Delta E = (m_0 - \Delta m)c^2 = m_0c^2 - \Delta mc^2 \quad (39)$$

Бұл жерде

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (40)$$

$\Delta m$  - *масса дэффекті* делінеді. Мысалы, дене жарық сәулесін жұтуы нәтижесінде  $\Delta E$  энергияға ие болады және оның массасы мәнге артады.

Егер екі оң зарядталған бөлшекті бір –біріне жақындатсақ, онда олардың тыныш күйдегі массалары жиындысы  $\Delta m$  мәнге артады. Яғни  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ , бұл жерде  $\Delta E$ - жүйенің потенциалдық энергиясы артуын көрсетеді және ол итеріліс күштерін жеңу үшін жұмсалған жұмысқа тең.

Дененің немесе өзара әсердегі бөлшектер жүйесінің тыныш күйдегі энергиясы  $E_0$  осы денені немесе жүйені тыныш күйдегі энергиялары ( $m_{oi}c^2$ ) жиындысына тең емес. Бұндай жүйені бөлектерге ажырату үшін бөлшектер ортасындағы өзара тұтыну күштеріне қарсы белгілі бір жұмыс орындау қажет. Сол үшін энергияның сақталу заңына негізделіп төмендегіні жазамыз:

$$\sum_{i=1}^n m_{oi}c^2 = E_0 + A \quad (41)$$

немесе

$$E_0 = \sum_{i=1}^n m_{oi}c^2 - \Delta E_n \quad (42)$$

Бұл жерде  $\Delta E_0 = \Delta m_{oi}c^2 = A$  - жүйенің байланыс энергиясы деп аталады. Энергия және массаның өзара байланыс заңы ядро физикасында өткізілген тәжірибелерде дәлелденді.

## РЕЛЯТИВИСТІК ДИНАМИКАНЫҢ НЕГІЗГІ ЗАҢЫ

Механикалық негізгі заңы, яғни Нютонның екінші заңы

$$F = m \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d(m\vartheta)}{dt} = \frac{dp}{dt} \quad (43)$$

Лоренц түрлендірулеріне қатысты инвариант болу үшін жоғарыда көріп өтілген релятивистік импульс түсінігінен (30) формуладан пайдалануымыз қажет. (30)ды (43) формулаға қойсақ, төмендегі теңдік келіп шығады:

$$F = \frac{d}{dt} \left[ \frac{m_0 \vartheta}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}} \right] \quad (44)$$

Бұл формула *релятивистік динамиканың негізгі заңын* өрнектейді. Релятивистік динамика бірер тұрақты күш әсерінде дене жылдамдығының өзгеру заңын табу үшін (44) теңдеуді төмендегідей өзгертіп интегралдаймыз,  $F$  күш және  $\vartheta$  жылдамдық бағыттары параллель:

$$\int d \left( \frac{m_0 \vartheta}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}} \right) = \int F dt \quad (45)$$

Бұл жерде  $F$ ,  $m_0$ ,  $\vartheta$  және  $c$  тұрақты шама. Бұл теңдеуді интегралдасақ:

$$\left( \frac{m_0 \vartheta}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}} \right) = Ft + const \quad (46)$$

пайда болады. Егер  $t=0$  де  $\vartheta=0$  деп алсақ, онда интегралдау тұрақтысы да нөлге тең болады. Онда (45) теңдеуін  $\vartheta$  ға қатысты шешсек, төмендегі теңдеуді табамыз:

$$g = \left( \frac{\frac{F}{m_0} t}{\sqrt{1 - \left( \frac{Ft}{m_0 c} \right)^2}} \right) \quad (47)$$

Бұл жерде көрініп тұрғандай, релятивистік динамикада жылдамдықтың өзгеру заңы Ньютон динамикасындағы жылдамдықтың өзгеру заңына дәл келмейді екен. 6- суретте жылдамдықтық уақытқа байланыстылық графигі көрсетілген. Графикте көрсетілгендей, релятивистік динамикада дененің жылдамдығы жарық жылдамдығынан үлкен болмайды, бұл салыстырмалылық теориясына дәл келеді.

## АРНАЙЫ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ТЕОРИЯСЫНДА САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

Релятивистік механикада импульс және энергияның сақталу заңын көріп шығайық, өзара әсерде болмаған  $n$  денеден тұратын жабық жүйені аламыз. Бұл жүйенің толық релятивистік энергиясы және импульсы сол жүйедегі денелердің энергиясы және импульстің жиындысына тең:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{m_{0i} c^2}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c^2}}} = \sum_{i=1}^n \sqrt{p_i^2 c^2 + m_{0i}^2 c^2} = \sum_{i=1}^n (m_0 c^2 + K_i) \quad (48)$$

$$p = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n \frac{m_{0i} g_i}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c_i^2}}} \quad (49)$$

Жүйені құрайтын денелердің өзара әсері болмағандығы үшін олардың жылдамдығы және релятивистік энергиясы тұрақты. Сол үшін жүйенің толық энергиясы және импульс тұрақты болады.

Денелердің өзара әсері соқтығысуға дейін немесе соқтығысудан кейінгі жағдай үшін жазуымыз керек. Жүйе жабық болғаны үшін жүйенің энергиясы және импульсы тұрақты қалады.

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_{0i} g^2}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c^2}}} = \sum_{i=1}^n \frac{m'_{0i} g^2}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c^2}}} \quad (50)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_{0i} g^2}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c^2}}} = \sum_{i=1}^n \frac{m'_{0i} g^2}{\sqrt{1 - \frac{g_i^2}{c^2}}} \quad (51)$$

Бұл жерде  $m_{0i}$  - дененің соқтығысуға дейінгі массасы,  $m'_{0i}$  - дененің соқтығысудан кейінгі массасы.

Жүйені құрайтын денелердің өзара соқтығысуы нәтижесінде  $n \neq n'$  болады.

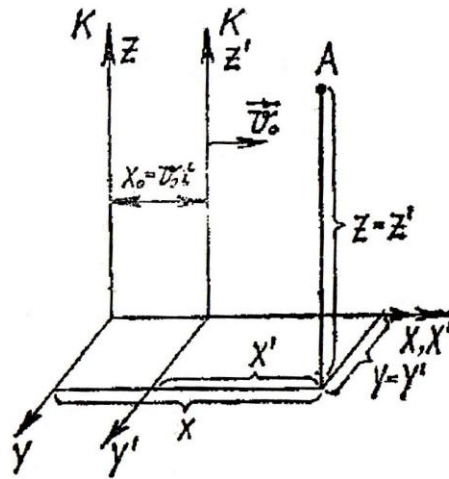
Энергия және масса  $E = mc^2$  қатынас пен байланысты болғандығы үшін энергияның сақталу заңынан (50) массаның сақталу заңы келіп шығады.

## ИНЕРЦИАЛСЫЗ САНАҚ ЖҮЙЕЛЕРІ. ИНЕРЦИЯ КҮШТЕРІ

Денелердің немесе материялық нүктелердің қозғалыстарын үйренгенімізде біз көбіне, инерциалық санақ жүйелерінен пайдаланған едік. Бірақ көп жағдайларда материялық нүктелердің қозғалысы инерциалсыз санақ жүйелеріне қатысты үйрену қажеттілігі келіп шығады.

Біріңгер инерциалық санақ жүйесіне қатысты үдеу мен қозғалыстағы санақ жүйелері **инерциалсыз санақ жүйелері** деп аталады.

Осындай санақ жүйелеріне (9-сурет) қатысты А нүктедегі материялық нүкте қозғалысын көріп шығайық. А нүктенің  $K'$  санақ жүйесіне қатысты координаталары  $x', y', z'$  К санақ жүйесіне қатысты болса  $x, y, z$  болсын.  $K'$  инерциалық санақ жүйесіне қатысты тұрақты ( $a_0 = \text{const}$ ) үдеумен Х осі бойынша қозғалсын.



9-сурет

$K$  және  $K'$  санақ жүйелеріне қатысты қозғалыстағы материялық нүктенің координаталары арасындағы байланысты төмендегідей:

$$t = t', \quad x = x' + x_0, \quad y = y', \quad z = z' \quad (52)$$

бұл жерде  $x_0 = \vartheta_0 t$ ,  $\vartheta_0 = \text{const}$ .

Материялық нүктенің инерциалдық және инерциалсыз санақ жүйелеріндегі жылдамдық және үдеулері арасындағы байланыстылықты табу үшін (52) ні уақыт бойынша дифференциалдасақ,

$$\vartheta_x = \vartheta'_x + \vartheta_0, \quad \vartheta_y = \vartheta'_y, \quad \vartheta_z = \vartheta'_z \quad (53)$$

және

$$a_x = a'_x + a_0, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z \quad (54)$$

пайда болады. Бұл теңдеулерді мүшеме – мүше қоссақ,

$$\vartheta = \vartheta' + \vartheta_0$$

және

$$a = a' + a_0$$

болады. Бұл жерде

$$a_0 = \frac{d\vartheta_0}{dt} \quad (55)$$

Инерциалдық және инерциалсыз санақ жүйелерінде материялық нүктенің қозғалыс жылдамдығы және үдеуі әртүрлі болады. (53) және (54) ді вектор көрінісінде жазамыз.

$$\vec{\vartheta} = \vec{\vartheta}' + \vec{\vartheta}_0 \quad (56)$$

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}_0 \quad (57)$$

Демек, абсолют жылдамдық салыстырмалы және орын ауыстыру жылдамдықтарының жиындысына тең. Абсолют үдеу салыстырмалы және орын ауыстыру үдеулерінің жиындысына тең.

Қозғалыстағы  $K'$  санақ жүйесіне қатысты  $m$  массалы нүктенің қозғалыс теңдеуін жазайық. Тыныш тұрған санақ жүйесіне қатысты динамиканың екінші заңы төмендегідей жазамыз:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (58)$$

(57) ге (58)ді қойсақ, төмендегі теңдік пайда болады:

$$\vec{F} = m\vec{a}' + m\vec{a}_0 \quad (59)$$

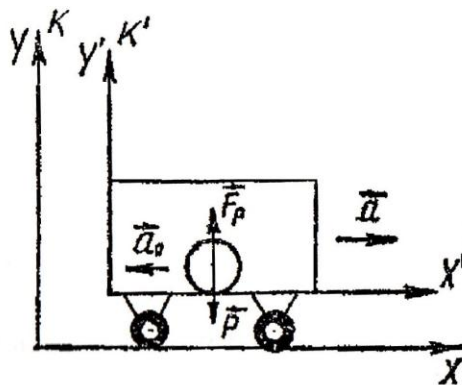
бұдан

$$m\vec{a}' = \vec{F} - m\vec{a}_0 \quad (60)$$

мұнда  $\vec{F} - m\vec{a}_0$  - санақ жүйелері бір-біріне қатысты үдемелі қозғалыста болғандығы үшін пайда болатын күш, оны **инерция күштері** деп аталады.

Демек, инерциалсыз санақ жүйелерінде денелерге Ньютон күштерінен басқа күштер, яғни инерция күштері де әсер етеді. Инерция күштерінің Ньютон күштеріндей денелерге динамикалық және статикалық әсері бар. Денелерге инерция күштерінің әсері барлығын қарапайым бір мысалда көрейік.

Мысалы, (10-сурет) вагон ішіне болат шар орналастырайық, мұнда Ньютон күштерінің жиындысы (ауырлық күші және вагон еденінің реакция күші) нөлге тең. Вагон жерге қатысты  $a$  үдеумен қозғалса, болат шар қозғалыс бағытына кері жаққа үдеу мен домалайды.



10-сурет

$$\vec{a} = -\vec{a}_0 \quad (61)$$

Бұл теңдіктің екі жағын шардың массасына көбейтіп, инерция күші шамасын табамыз:

$$\vec{F}_m = -m\vec{a}_0 \quad (62)$$

Сонымен, санақ жүйелері үдемелі қозғалыста болса, бұл жүйедегі барлық денелерге инерция күші әсер етеді. Инерция күші жүйенің қозғалысына кері, яғни жүйе үдеуіне қарама - қарсы бағытталған болады.

Егер санақ жүйесі тұрақты үдеумен қозғалса, мұнда инерция күштері да тұрақты болады. Санақ жүйесі айнымалы болады. Инерция күші формуласынан көрініп тұрыпты, денеге әсер етіп жатқан инерция күші осы дененің массасына тура пропорционал. Бұл инерция және ауырлық күштерінің ұқсастығын (эквиваленттілігін) көрсетеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жақын болашақтағы Өзбекстан Республикасының дүниежүзілік процесте алатын орны оның үкіметі мен халқының Өзбекстанды материалдық емес, парасат - пайымға негізделген, әрі ғылымды мол қажет ететін материалдық өндірістері басым дамыған мемлекетке айналдыру жөнінде алдына стратегиялық мақсат қоюға бел байлауымен айқындалады. Сондықтан, мұғалімдер қауымына зор жауапкершілік, үлкен міндет жүктеледі. Мұндай міндетті шешу мұғалімдерден мектептерде оқушыларға берілетін ғылым негіздерін олардың болашақ іс-әрекетінің берік негізі әрі тірегі болатындай етіп оқытуды, оқу - тәрбие процесін, білім мазмұнын жаңартумен қатар, оқытудың әдіс – тәсілдері мен әр алуан құралдарын қолданудың тиімділігін арттырудың, оқытудың жаңа технологиясын меңгеруді, педагогикалық жаңалықтарды тәжірибеге батыл енгізуді талап етеді.

Қорыта айтқанда, «Арнайы салыстырмалылық теориясы негіздері» атты тақырыпта мен Ньютон механикасында салыстырмалылық принципі, Галилей түрлендірулері, Эйнштейн постулаттары, Лоренц түрлендірулері, бір уақыттылықтың, уақыт аралығының және кесіндінің салыстырмалылығы, интервал, жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы, арнайы салыстырмалылық теориясында масса, импульс және энергия, олар арасындағы байланыс, релятивистік динамиканың негізгі заңы, арнайы салыстырмалылық теориясында сақталу заңдары, инерциалсыз санақ жүйелері, инерция күштері құбылыстарын кеңінен түсінтіруге әрекет жасадым. Егер мен «Арнайы салыстырмалылық теориясы негіздері» тақырыбы бойынша оқушылардың ойларына қозғау салып, қызықтыра білген болсам, онда көздеген мақсатыма жеткенім.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Б.Ф.Избосаров, И.Р.Камолов «Механика» «LIDER PRESS» Тошкент-2009
2. А.Қалығұлов «Физика» Алматы «Рауан». 1996 жыл
3. Интернет мәліметтері

## МАЗМҰНЫ

- I. Кіріспе.....
- II. Негізгі бөлім.
- II.1. Ньютон механикасында салыстырмалылық принципі. Галилей түрлендірулері.....
- II.2. Эйнштейн постулаттары. Лоренц түрлендірулері.....
- II.3. Бір уақыттылықтың, уақыт аралығының және кесіндінің салыстырмалылығы. Интервал.....
- II.4. Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы.....
- II.5. Арнайы салыстырмалылық теориясында масса, импульс және энергия, олар арасындағы байланыс.....
- II.6. Релятивистік динамиканың негізгі заңы.....
- II.7. Арнайы салыстырмалылық теориясында сақталу заңдары.....
- II.8. Инерциалсыз санақ жүйелері. Инерция күштері.....
- III. Қорытынды.....
- IV. Пайдаланылған әдебиеттер.....