ДӘРІС 2

Галилейдің түрлендірулері. Жылдамдықтарды қосудың Галилейлік заңы

Қауымдастырылған профессор
Уразалина Айнур Адилхановна

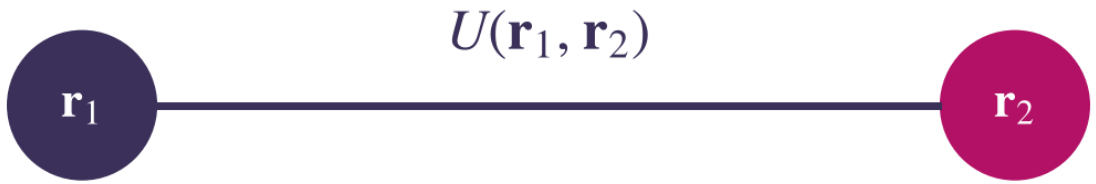
Дәріс мақсаты

БІЛІМ АЛУШЫЛАРҒА ГАЛИЛЕЙ ТҮРЛЕНДІРУЛЕРІНІҢ НЕГІЗГІ ҚАҒИДАЛАРЫН ТҮСІНДІРУ, ӘРТҮРЛІ ИНЕРЦИЯЛЫҚ САНАҚ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ КООРДИНАТАЛАР МЕН УАҚЫТ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСТЫ АНЫҚТАУ, ЖЫЛДАМДЫҚТАРДЫ ҚОСУДЫҢ ГАЛИЛЕЙЛІК ЗАҢЫН МЕҢГЕРТУ. ТЕОРИЯЛЫҚ БІЛІМДІ ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУДА ҚОЛДАНУ ДАҒДЫЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ КЛАССИКАЛЫҚ МЕХАНИКАДАҒЫ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ПРИНЦИПІНІҢ МӘНІН ТҮСІНДІРУ.

Санақ жүйесі және классикалық механика

- Санақ жүйесі — координаттар жүйесі және сағат; еркін қозғалыс бірқалыпты болатын жүйелер — ИСЖ.
- Классикалық механикада өзара әрекеттесу потенциалдық энергиямен сипатталады.
- Бұл тәсілде әсер лезде таралады деп есептеледі.

$$c \to \infty$$



классикалық механика: әсер лезде беріледі

Классикалық механиканың негізгі болжамдары

• өзара әрекеттесу лезде таралады, яғни оның таралу жылдамдығы **шексіз** үлкен;

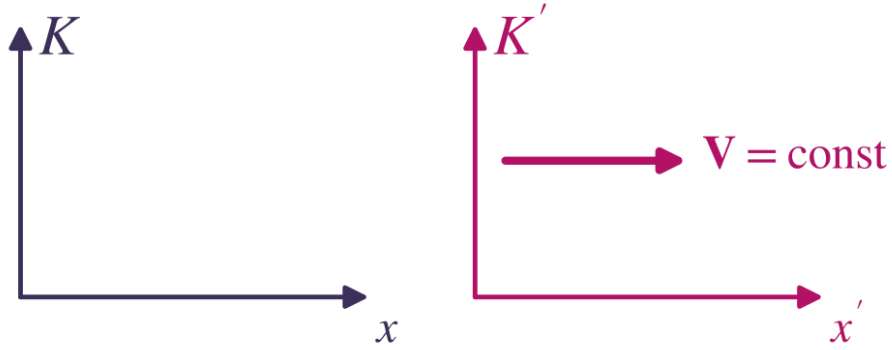
• уақыт **абсолютті**: ол барлық санақ жүйелерінде бірдей өтеді;

• жылдамдықтар **векторлық қосынды** ретінде қосылады;

• бір санақ жүйесінен екіншісіне өту **Галилей түрлендірулері** арқылы жүзеге асады.

Галилейдің салыстырмалылық принципі

- Салыстырмалылық принципі: табиғат заңдары барлық ИСЖ-де бірдей.
- Галилей принципі = салыстырмалылық принципі + таралу жылдамдығының шексіздігі.
- Эйнштейн принципі (1905) = салыстырмалылық принципі + таралу жылдамдығының шектелгендігі.



табиғат заңдары екі жүйеде де бірдей

Салыстырмалылық принципі
заңдар барлық ИСЖ-де бірдей

+

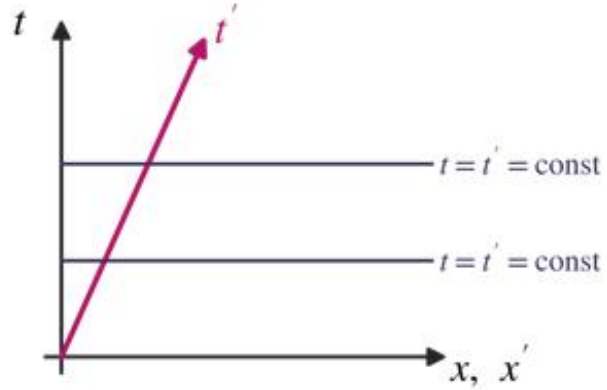
Таралу жылдамдығы шексіз
өзара әрекеттесу лезде таралады

↓

Галилейдің салыстырмалылық принципі
→ ньютондық (классикалық) механика

Классикалық механикадағы кеңістік пен уақыт

- Классикалық механикада кеңістік салыстырмалы, ал уақыт абсолютті.
- Бірмезгілділік абсолютті: $t_2 - t_1 = t'_2 - t'_1$
- Осыдан $t = t'$ — Галилей түрлендірулерінің негізі.



бірмезгілділік абсолютті

Уақыт аралығы барлық ИСЖ-де бірдей

$$t_2 - t_1 = t'_2 - t'_1$$


K

t


K'

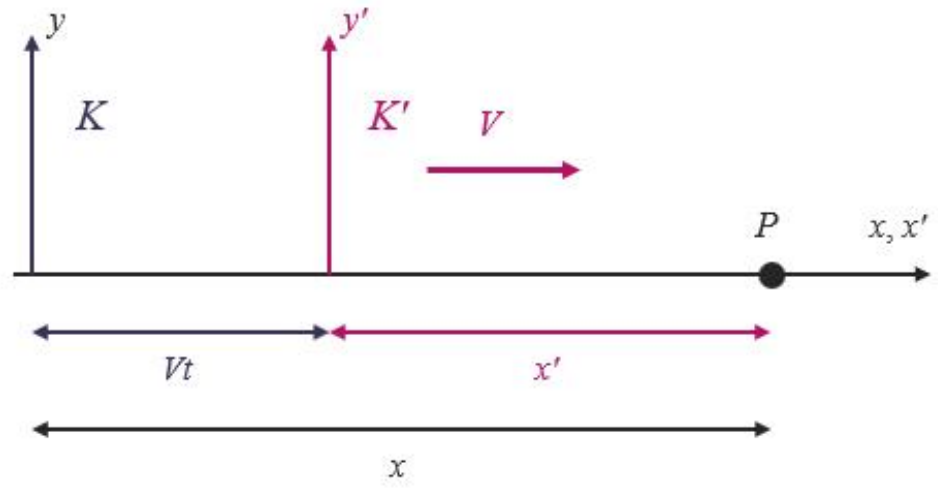
$t' = t$

Галилей түрлендірулерін қорытып шығару

- Мақсат: K-дағы x, y, z, t бойынша сол оқиғаның K'-тағы координаттарын табу.
- Уақыт абсолютті: $t = t'$; қозғалыс x осі бойымен: $y = y'$, $z = z'$.
- Нәтиже — Галилей түрлендірулері (2.1): $x = x' + Vt$; кері түрлендіру $V \to -$ ауыстыруымен алынады.

Галилей түрлендірулері

$$x = x' + Vt,\ y = y',\ z = z',\ t = t' \qquad (2.1)$$



Галилей түрлендірулері және интервал

- Галилей түрлендірулерінде уақыт аралығы өзгермейді (2.2), ал координаттар айырмасы өзгереді (2.3).
- Сондықтан интервал K мен K' жүйелерінде бірдей емес (2.4).
- Интервалды сақтайтын түрлендірулер — Лоренц түрлендірулері (3-дәріс).

Уақыт аралығы:

$$t_2 - t_1 = t'_2 - t'_1 \qquad (2.2)$$

Координаттар айырмасы:

$$x_2 - x_1 = x'_2 - x'_1 + V(t'_2 - t'_1) \qquad (2.3)$$

Интервал сақталмайды:

$$c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 \neq c^2(t'_2 - t'_1)^2 - (x'_2 - x'_1)^2 \qquad (2.4)$$

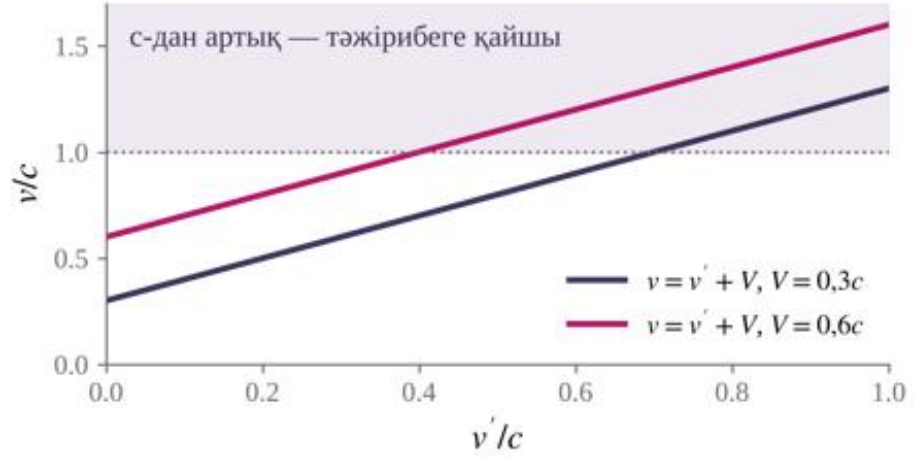
Жылдамдықтарды қосудың Галилейлік заңы

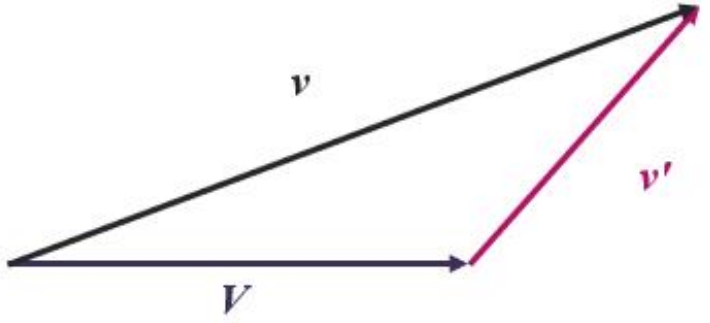
- Классикалық қосу заңы: $v = v' + V$ (2.5).
- x осі бойымен: $v_x = v'_x + V$; көлденең компоненттер өзгермейді (2.6).
- Жылдамдықтар жай қосылады — қосындысына шек жоқ.

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{V} \tag{2.5}$$

$$v_x = v'_x + V,\ v_y = v'_y,\ v_z = v'_z \tag{2.6}$$

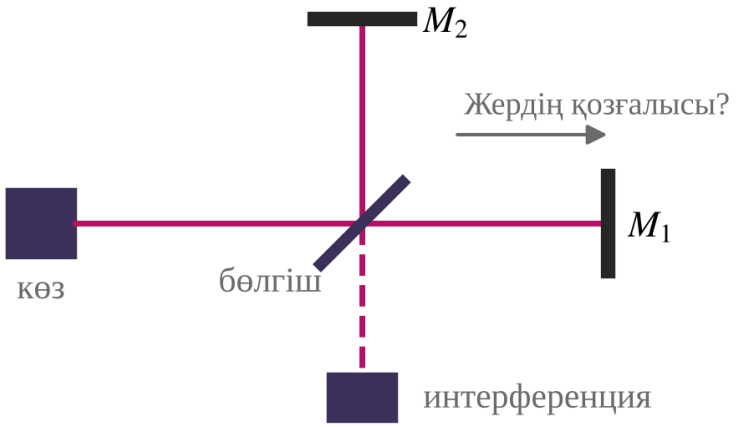
$$v = v' + V \tag{2.7}$$





Галилей заңы мен салыстырмалылық принципі

- Өзара әрекеттесу шекті жылдамдықпен таралады, ол барлық ИСЖ-де бірдей — c.
- Галилей заңы бойынша сигнал жылдамдығы $c + V$ болар еді (2.8) — бұл принципке қайшы.
- Майкельсон тәжірибесі (1881): жарық жылдамдығы бағытқа тәуелсіз — уақыт абсолютті емес.



Галилей заңы бойынша

сигнал жылдамдығы әр ИСЖ-де әртүрлі: $c + V$, $c - V$, …

$$x = (c + V)t \qquad (2.8)$$

↓

Майкельсон тәжірибесі (1881 ж.)

жарық жылдамдығы таралу бағытына тәуелсіз

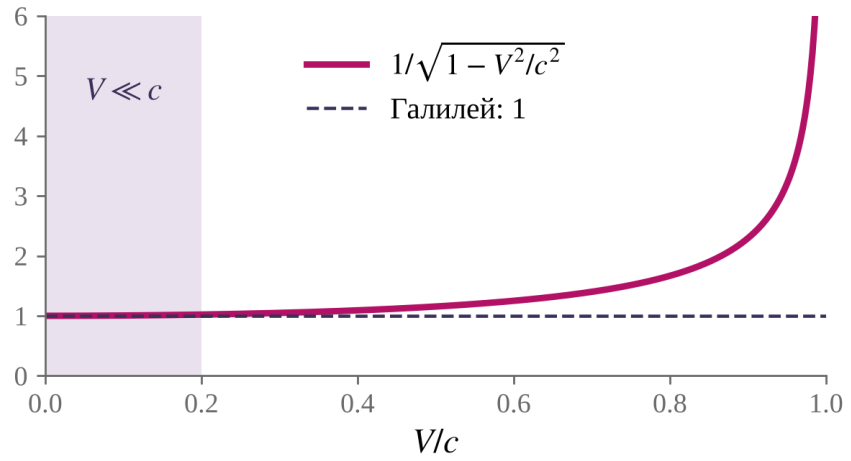
↓

Қорытынды

абсолют уақыт пен Галилей түрлендірулері тек $v \ll c$ кезінде жуық орындалады

Лоренц түрлендірулерінен Галилей түрлендірулеріне өту

- Интервалды сақтайтын түрлендірулер — Лоренц түрлендірулері (2.9).
- $c \to \infty$ шегінде олар Галилей түрлендірулеріне өтеді: түбір бірге, $V/c^2\, x'$ мүшесі нөлге ұмтылады.
- $V \geq c$ болатын санақ жүйесі мүмкін емес.



Лоренц түрлендірулері:

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},\ y = y',\ z = z',\ t = \frac{t' + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \qquad (2.9)$$

$V \ll c$ кезінде:

$$x = x' + Vt',\ y = y',\ z = z',\ t = t' + \frac{V}{c^2}x' \qquad (2.10)$$

$c \to \infty$ шегінде – Галилей түрлендірулері:

$$x = x' + Vt,\ y = y',\ z = z',\ t = t' \qquad (2.1)$$

Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы

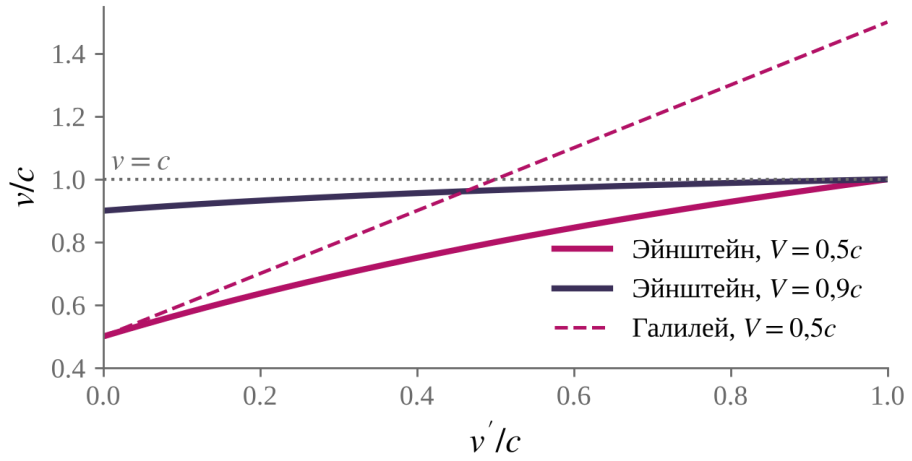
- Лоренц түрлендірулерінен релятивистік қосу заңы шығады (2.11)–(2.12).
- c-дан кем екі жылдамдықтың «қосындысы» c-дан аспайды.
- $V \ll c$ кезінде — Галилей заңы, түзетуі $1/c^2$ ретті (2.13).

$$v_x = \frac{v'_x + V}{1 + \frac{v'_x V}{c^2}},\ v_y = \frac{v'_y\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{v'_x V}{c^2}},\ v_z = \frac{v'_z\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{v'_x V}{c^2}} \qquad (2.11)$$

$$v = \frac{v' + V}{1 + \frac{v'V}{c^2}} \qquad (2.12)$$

$c \to \infty$: **(2.11) → (2.6), (2.12) → (2.7)**

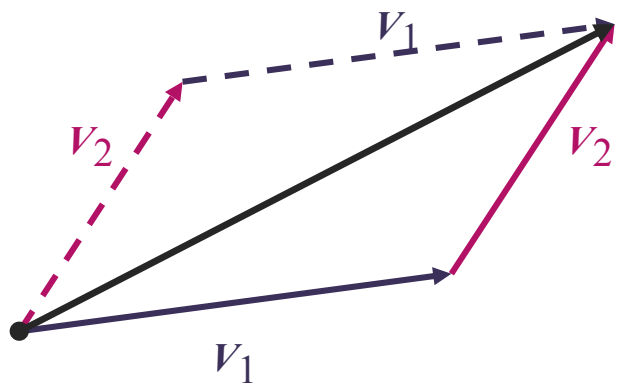
$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{V} - \frac{1}{c^2}(\boldsymbol{V}\boldsymbol{v}')\boldsymbol{v}' \qquad (2.13)$$



Галилей түрлендірулерінің коммутативтілігі

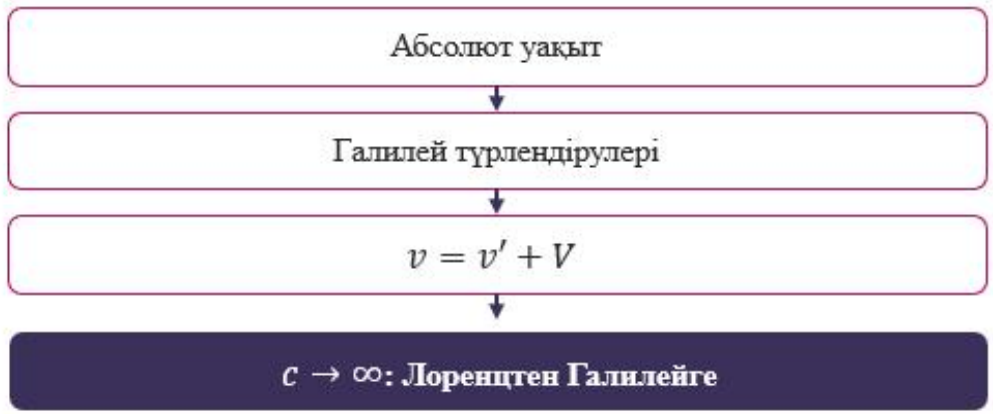
- Галилей түрлендірулері коммутативті: нәтиже түрлендірулердің ретіне тәуелсіз.
- Екі Лоренц түрлендіруінің нәтижесі, жалпы айтқанда, олардың ретіне тәуелді.
- Бұл — Лоренц түрлендірулерін Галилей түрлендірулерінен ажырататын жалпы қасиет.

Галилей түрлендірулері
ретіне тәуелсіз (коммутативті)
Лоренц түрлендірулері
жалпы жағдайда ретіне тәуелді (параллель V_1, V_2 кезінен басқа)
Галилей жағдайында: $V_1 + V_2 = V_2 + V_1$



Қорытынды

- Классикалық механикада кеңістік салыстырмалы, ал уақыт абсолютті: $t = t'$.
- Галилей түрлендірулері (2.1) бір ИСЖ-ден екіншісіне өтуді береді; одан жылдамдықтарды қосудың Галилейлік заңы (2.5) шығады.
- Галилей заңы таралу жылдамдығының барлық ИСЖ-де бірдей болуына (Майкельсон тәжірибесі) қайшы келеді.
- Лоренц түрлендірулері $c \to \infty$ шегінде Галилей түрлендірулеріне өтеді.
- Релятивистік қосу заңы бойынша қорытқы жылдамдық c-дан аспайды.
- Галилей түрлендірулері коммутативті; Лоренц түрлендірулері, жалпы айтқанда, коммутативті емес.



Пайдаланылған әдебиеттер

1. Шмутцер Э. Теория относительности. Современное представление. М., 2001 г.
2. Эйнштейн А. Теория относительности. Избранные работы. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2000 г.
3. Бейзер А. Основные представления современной физики. М.: Атомиздат, 2003 г.
4. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. М., 2001 г.
5. Фридман А.А. Мир как пространство и время (2-е изд.). М.: Наука, 1995 г.
6. Шарипов Р.А. Классическая электродинамика и теория относительности. Уфа: БашГУ, 1997 г.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Физматлит, 536 с., 2003 г.
8. Мармо С.И., Фролов М.В. Лекции по электродинамике, Часть 1, 2. ВГУ, 2009 г.
9. Faraoni V. Special Relativity. Springer, 2013 y.
10. Матвеев А.Н. Электродинамика и теория относительности. Высшая школа, 2010 г.
11. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М. Задачи по теоретической физике. Издательство Мир, 1997 г.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теориялық физика. II том: Өріс теориясы: оқулық / ауд. Т.Ә. Қожамқұлов, Н. Қойшыбаев. – Алматы: Қазақ университеті, 2009. – 563 б. – ISBN 9965-30-772-5.