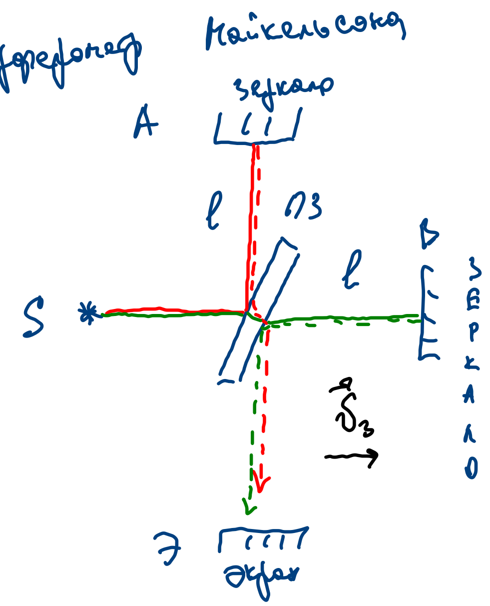
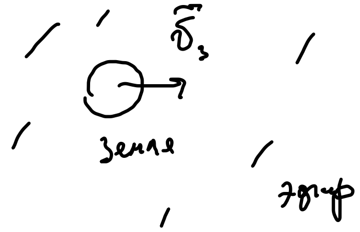
Интерферометр Майкельсона





ПЗ – полупрозрачное зеркало

По зак. слож. ск-тей (сл. преоб. Галилея):

$$\vec v = \vec v_0 + \vec v'$$

$$\Rightarrow \quad \vec c = \vec c' + \vec v_з$$

где: $\vec c$ – (абсолютн.) ск. света относит. эфира

$\vec v_з$ – ск. Земли относит. эфира

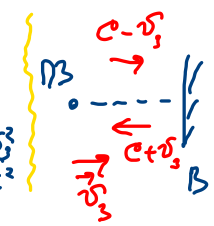
$\vec c'$ – ск. света относит. Земли

Оценим время прох-я лучей по путям:

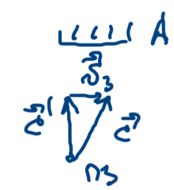
1) ПЗ – B – ПЗ

2) ПЗ – A – ПЗ

В 1): $t_\parallel = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2l}{c}\frac{1}{1-\frac{v_з^2}{c^2}}$



В 2): $t_\perp = \frac{2l}{c'} = \frac{2l}{c}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_з^2}{c^2}}}$



$c' = \sqrt{c^2 - v_з^2}$

Видно, что $t_\perp \neq t_\parallel$ ⇒ на экране интерф. д. быть интерференц. картина (светлые / темные полосы)

Рез-т опыта б. отрицат-н: разности времен Δt не обнаружено.

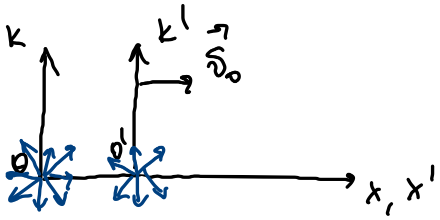
В 1905 г. „К электродинамике движ-ся тел" Эйнштейн:

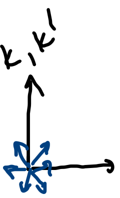
1.

2.

§ Преобраз-я Лоренца

- преобраз-я, удовл-е пост. Эйншт.





Пусть K' движется относит-но K с $\vec{v}_0 = \overrightarrow{const}$ вдоль оси x.

Пусть в $t = t' = 0$ в началах координат K и K' происходит вспышка света

пост. Эйншт: Ур-е, описыв-е это событие д. быть один-в в K и K'

⇒ Свет распрост-ся сферой, радиуса $c \cdot t$:

$$K: \quad x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2 \qquad (1)$$

$$K': \quad x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2 \qquad (2)$$

При малых v_0 д. быть справедливы преоб. Галилея:

⇒ Б. искать преоб-я:

$$(*) \quad \begin{cases} x' = \gamma (x - v_0 t) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = a t + b x \end{cases}$$

a, b, γ - некот. константы

Подставим (*) в (2): $\gamma^2 (x^2 - 2 v_0 x t + v_0^2 t^2) + y^2 + z^2 = c^2 (a^2 t^2 + 2ab\, t x + b^2 x^2)$

– д. совпадать с (1)

$$\left.\begin{aligned} t^2 &: \; c^2 a^2 - \gamma^2 v_0^2 = c^2 \\ x t &: \; 2c^2 a b + 2\gamma^2 v_0 = 0 \\ x^2 &: \; c^2 b^2 - \gamma^2 = 1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \; ; \quad a = \gamma \; ; \quad b = -\gamma \cdot \frac{v_0}{c^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad t' = \frac{t - (v_0/c^2) x}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad y' = y \qquad z' = z}$$

– преобраз-е Лоренца (прямые) !

§ Обратные преобраз-я Лоренца

– связь коорд. и времени в K относит-но K'

Находясь в K' мы видели бы движ-е системы K со ск-тью $-\vec{v}_0$

$\Rightarrow$ $x \leftrightarrow x'$, $y \leftrightarrow y'$, $z \leftrightarrow z'$, $v_0 \leftrightarrow -v_0$ $\Rightarrow$

$$\boxed{x = \frac{x' + v_0 t}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad y = y' \quad z = z' \qquad t = \frac{t' + (v_0/c^2)\cdot x'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}}$$ – обратные пр. Лор.

Введем „безразмерную" ск-ть: $\beta \equiv v_0/c$

$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$ – Лоренц фактор

$\Rightarrow$
$$\boxed{x = \frac{x' + \beta\cdot ct}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad y = y' \quad z = z' \qquad ct = \frac{ct' + \beta\cdot x'}{\sqrt{1-\beta^2}}} \quad (**)$$

§ Следствия из пр. Лоренца

1. Пространство – время

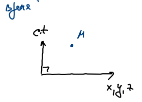
из (**) видно, что коорд. и время – связаны

Переменная $\underline{c\cdot t}$ имеет разм-ть длины и входит как координата в пр. Лоренца

$\Rightarrow$ вводят понятие „пространство – время"

$\Rightarrow$ 4-мерная система координат (x, y, z, ct)

мировая сист. коорд-т



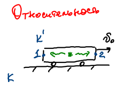
т. M – мировая точка

интервал – расстояние м/у 2-мя мировыми точками – ΔS

$$\Delta S^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - c^2\Delta t^2 = inv = \Delta x'^2 + \Delta y'^2 + \Delta z'^2 - c^2\Delta t'^2 \quad (\text{б/д})$$

2. Относительность понятия одновр-ти

\#



K' – вагон поезда
K – платформа

в K' – свет достигнет т. 1 и т. 2 одновр-но в момент: $t_1' = t_2' = t_0'$

$\Rightarrow$ в K: свет достигнет т. 1 и т. 2

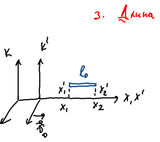
$$t_1 = \frac{t_0' + (v_0/c^2)\cdot x_1'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad t_2 = \frac{t_0' + (v_0/c^2)\cdot x_2'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$

$\Rightarrow$ $$t_2 - t_1 = \frac{v_0/c^2\cdot(x_2' - x_1')}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$, т.к. $x_1' \neq x_2'$ $\Rightarrow$ $t_2 - t_1 \neq 0$

$\Rightarrow$ События, одновр-е в K', явл. неодновр-м в K.

$\Rightarrow$ становятся относит-м

3. Длина тела в разных ИСО.



Пусть в K' покоится стержень (вдоль x') длины l_0

т.е. в K': $l_0 = x_2' - x_1'$

в K: найдем коорд-ты x_1 и x_2 измеренные в $t_1 = t_2 = t_0$

$l = x_2 - x_1$

Из обрат. пр. Лоренца:

$$x_1' = \frac{x_1 - v_0 t_0}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad x_2' = \frac{x_2 - v_0\cdot t_0}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$

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

или: $$\boxed{l = l_0\cdot\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$

l_0 – собственная длина стержня (длина стерж. в системе относит-но кот-й стерж. покоится)

если $v_0 \to c$ $\Rightarrow$ $\frac{v_0}{c} \to 1$ $\Rightarrow$ $l \to 0$

4. Промежуток времени м/у событиями

Пусть в K': $x_1' = x_2' = a'$ происходят события в моменты t_1' и t_2'

$\Rightarrow$ в K этим событиям б. соот-ты

$$t_1 = \frac{t_1' + (v_0/c^2)a'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \qquad t_2 = \frac{t_2' + (v_0/c^2)a'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$

$\Rightarrow$ $$t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$

если τ_0 – собственное время (время, измеренное по часам С.О., в кот-й тело покоится)

$\Rightarrow$ $$\boxed{\Delta t = \frac{\Delta\tau_0}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}}$$

если $v_0 \to c$ $\Rightarrow$ $\Delta t \to \infty$

\# В космических лучах $\exists$ частицы „Мюоны", движ-ся с $v_0 \approx c$

$\Delta\tau_0 \sim 10^{-6}$ с $\Rightarrow$ д. проходить $\Delta l \sim 300 \div 600$ м.

Но! Рождаясь в ионосфере достигают пов-ти Земли:

$\underline{\underline{\Delta l \sim 30 \text{ км}}}$

$\Rightarrow$ $\underline{\underline{\Delta t \gg \Delta\tau_0}}$