

Лекция 8. Элементы релятивистской механики

Механические явления происходят одинаково в системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.

Преобразования Галилея в общем виде

$$\Gamma = \Gamma_0 + \Gamma'$$

$$V = V_0 + V'$$

$$a = a'$$

$$t = t'$$

Пространственный интервал, т.е. рас-е между 2-мя

точками в пр-ве: $\Delta l_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} =$

$$= \sqrt{(x'_1 - x'_2)^2 + (y'_1 - y'_2)^2 + (z'_1 - z'_2)^2} = \Delta l'_{12} = i n V$$

$$\Delta l_{12} = \Delta l'_{12} = i n V$$

$$\Delta t = \Delta t' = i n V$$

Основные понятия СТО (Специальная Теория Относительности)

- Система отсчета.

- Обычно различают системы отсчета и системы к-т.

Добавление процедуры измерения времени к системе к-т "превращает" её в систему отсчета

- Инерциальная система отсчета - это такая система, относительно которой объект, не подверженный внешним воздействиям, движется равномерно и прямолинейно.

- Событием наз. любой физ. процесс, который может быть локализован в пр-ве и имеющий очень малую длительность.

1-й принцип отн-сти

Все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой.

2-й принцип отн-сти

Скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета. Скорость света в СТО - предельная скорость передачи взаимодействия и сигналов из одной точки в другую.

Преобразования Лоренца

Преобразования Лоренца при переходе от K к K' -системе имеют вид:

$$x' = \frac{x - Vt}{1 - B}; \quad y' = y; \quad t' = \frac{t - \frac{Vx}{c^2}}{\sqrt{1 - B^2}}$$

при обратном переходе от K' к K -системе:

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - B^2}}; \quad y = y'; \quad t = \frac{t' + \frac{Vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - B^2}}$$

, где $B = \frac{V}{c}$ отношение скорости движущейся системы отсчета к скорости света

Следствия преобразований Лоренца

В соответствии с преобразованиями Лоренца для времени в системе K' получим:

$$t'_1 = \frac{t - \frac{Vx_1}{c^2}}{\sqrt{1 - B^2}}$$

$$t'_2 = \frac{t - \frac{Vx_2}{c^2}}{\sqrt{1 - B^2}}$$

Инвариантность пространственно-временного интервала.

$$\Delta S^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta l^2 = \text{inv}$$

Пространственно-временной интервал в СТО является инвариантом (постулат)

Мировая линия - кривая в пространстве-времени, описывающая движение тела, как геометрическое место всех событий существования тела.

Относительная скорость не может быть больше скорости света.

Релятивистский закон сложения скоростей дифференцируя выражения:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad y' = y, \quad t = \frac{t' + Vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{и} \quad t' = \frac{t - \frac{Vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

по правилу:

$$V_x' = \frac{dx'}{dt'} = \frac{dx'/dt}{dt'/dt}$$

$$V_y' = \frac{dy'}{dt'} = \frac{dy'/dt}{dt'/dt}$$

получаем:

$$V_x' = \frac{V_x - V}{1 - V_x V / c^2}$$

$$V_y' = \frac{V_y \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - V_x V / c^2}$$

! Хотя система и не движется по оси y , но проекция скорости на ось y все равно будет меняться.

$$\text{при } V_x \ll c, V \ll c: \quad V_x' = V_x - V, \quad V_y' = V_y$$

• при малых скоростях V и V формулы принимают вид классической механики.

! Время в движущейся системе замедляется по отношению к наблюдателю, (интервалы длиннее неподвижному)

$$\tau' = t_2' - t_1' = \frac{t_2 - Vx/c^2}{\sqrt{1-B^2}} - \frac{t_1 - Vx/c^2}{\sqrt{1-B^2}} = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{1-B^2}} = \frac{\tau}{\sqrt{1-B^2}}$$

$$\tau = t_2 - t_1 = \frac{t_2' - Vx'/c^2}{\sqrt{1-B'^2}} - \frac{t_1' - Vx'/c^2}{\sqrt{1-B'^2}} = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1-B'^2}} = \frac{\tau'}{\sqrt{1-B'^2}}$$

! $\boxed{\tau = \tau' \sqrt{1-B'^2}}$! - время в движ. системе медленнее

$$l_0 = x_2 - x_1 = \frac{x_2' - Vt}{\sqrt{1-B'^2}} - \frac{x_1' - Vt}{\sqrt{1-B'^2}} = \frac{x_2' - x_1'}{\sqrt{1-B'^2}} = \frac{l_0'}{\sqrt{1-B'^2}}$$

$$l_0' = x_2' - x_1' = \frac{x_2 - Vt}{\sqrt{1-B^2}} - \frac{x_1 - Vt}{\sqrt{1-B^2}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-B^2}} = \frac{l_0}{\sqrt{1-B^2}}$$

! $\boxed{l_0' = l_0 \sqrt{1-B^2}}$!

! Длина в движущейся системе КОРОЧЕ по отношению к неподвижному наблюдателю.

Следствие 1. Лоренцево сокращение длины
Длина тел в разных системах отсчета разная.
Длина движущегося тела короче, чем показывается.

Следствие 2. Замедление по времени
Длительность событий в разных системах отсчета отличается

$$\Delta t = \frac{\tau}{\sqrt{1-B^2}}$$

Собственное время - минимально.
(движущиеся часы идут медленнее показывающих)