

Лекция 8, 9.

«Элементы релятивистской механики»

Принцип относ-ти Галилея: Если в двух инерц-х лаб-ях, одна из кот-х движ-ся равномерно пр-мо отн-но другой, провести одинак-х мех-ий эксп-м, то рез-т будет одинаковым.

При переходе от одной сис. отсчета к другой: $\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{R}_L$

Сигнал - процесс, с помощью которого можно передать из одной точки в другую силовое воздействие

Постулаты спец-ой теории отн-ти.

1. Принцип постоянства скорости света: скорость света не зависит от движ. источника и одинакова во всех инерц-х системах отсчета в вакууме и явл-я предельной скор-ю передачи сигнала. $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
2. Принцип относ-ти. Все законы природы од-во во всех инерц-х сист-х отсчета - урав-я выр-ие. Законы природы инвариантны при переходе от систем отсчета.

Скорости точек, величина которых сравнима со ск-тью света наз-я релятивистскими.

Промен-и времени связ-и: $\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

В коорд-ой записи

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Переход от одной системы отсч. к другой движущейся.

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

$y = y' \quad z = z'$

Время зад-ца координ. в 4-х мерном (t, x, y, z) -мировом простран-ве. Каждая точка мирового пространства — мировая точка.

Траектория точки — мировая линия. Интервал между двумя событиями в СТО: $s^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - [(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2]$

Интервал в СТО = расстояние между двумя миров-ми точками. Интервал времениподобный если $s^2 > 0$, пространственноподобный $s^2 < 0$.

Преобр-ие скорости.

1. Физ-я в сис. отсчета К вдоль оси X со v_x , в сис. К' v'_x .

$$v'_x = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v v_x}{c^2}}$$

Релятивистский импульс.

В рел-оп случае массы зависят от величины v так: $m(v) \cdot v = M(u) \cdot u$

$$m(v) \cdot v = M(u) \cdot u$$

При переходе от К к К' $v = \frac{2u}{1 + \frac{u^2}{c^2}}$

- v нап-й частицы $v'' = \sqrt{v_x''^2 + v_y''^2}$

- v покоящ-ся частицы $= v_0$

- v обр-ея частицы $u'' = \sqrt{u_x''^2 + u_y''^2}$, где $u_y'' = v_0$, $u_x'' = u \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Закон сохр-я импульса вдоль оси Y: $n(v'') \cdot v_y'' + n(v_y'') \cdot v_y'' = M(u'') \cdot u_y''$

Учитывая, что v частиц вдоль OY одинак-ва $\Rightarrow n(v'') + n(v_y'') = M(u'')$

При $v_y'' = v_0 = 0 \Rightarrow n(v) + n(0) = M(u)$

$$m(v) = \frac{n(0)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

релят-я масса.

Величина $n_0 = n(0)$ — масса покоя.

$$\bar{p} = \frac{n_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \bar{n} \cdot v \quad \text{— релят-й импульс}$$

При АНУУ $\gamma = \frac{c^2 - c'^2(1 - \frac{v^2}{c^2})}{v} = \frac{v}{2}$ при $v \rightarrow 0$

Основное урав-е релятивистской динамики.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \vec{F} = m\vec{a} + \frac{m_0(\vec{v}, \vec{a})\vec{v}}{c^2(1 - \frac{v^2}{c^2})^{3/2}}$$

1. Если в-р \vec{v} и $\vec{a} \perp$ друг другу, то $m\vec{a} = \vec{F} = \vec{v}\vec{a}\vec{v} = \vec{a}\vec{v}$
2. Если в-р \vec{v} и $\vec{a} \parallel$ друг другу, то если $m(\vec{v}, \vec{a})\vec{v} = \vec{v}\vec{a}\vec{v} =$
и $\vec{F} = \frac{m_0\vec{a}}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{3/2}}$. Если $\uparrow \downarrow$, то $\vec{F} = \frac{m_0\vec{a}(1 - 2\frac{v^2}{c^2})}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{3/2}}$

$$W_{кин} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + C = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = (m - m_0) c^2$$

$$W = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Преобр-е импульса и энергии.

В сис. отсч. K' движ-я вдоль оси X с v : $p'_x = p_x = \frac{m_0 u'_x}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{c^2}}}$

$W = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{c^2}}}$. Скорости связаны $u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}}$. Тогда

$$p_x = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{(1 - \frac{1}{c^2} (\frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}})^2)^2}} \quad \text{и} \quad W = \frac{m_0 c^2 (1 + \frac{v}{c^2} u')}{\sqrt{(1 - \frac{u'^2}{c^2})} \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$$

Преобразование частоты.

$$\omega = \omega' \sqrt{\frac{(1 + \frac{v}{c})}{(1 - \frac{v}{c})}}. \quad \text{Зависимость частоты сигнала от } v \text{ и источника — эффект Доплера.}$$