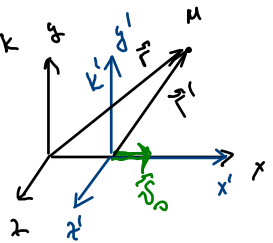


§ Преобраз-я Лоренца для скоростей.



$$K: \vec{r}(x, y, z)$$

$$K': \vec{r}'(x', y', z')$$

Получим связь для преобраз-я координат и времени Лоренца:

$$\text{Ск-но в } K': \vec{v}' = \frac{d\vec{r}'}{dt'} \Rightarrow \begin{cases} v'_x = \frac{dx'}{dt'} & v'_y = \frac{dy'}{dt'} & v'_z = \frac{dz'}{dt'} \end{cases}$$

$$\text{Ск-но в } K: \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} & v_y = \frac{dy}{dt} & v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases}$$

из уравнений рф. Лор-ца:

$$\begin{cases} dx = \frac{dx' + v_0 \cdot dt'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} & dy = dy' & dz = dz' \\ dt = \frac{dt' + (v_0/c^2) \cdot dx'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + v_0 \cdot dt'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} \cdot dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} \cdot \frac{dx'}{dt'}} = \frac{v'_x + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} \cdot v'_x}$$

$$\Rightarrow v_x = \frac{v'_x + v_0}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_x}{c^2}}$$

аналогично:

$$v_y = \frac{v'_y \cdot \sqrt{1 - v_0^2/c^2}}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_x}{c^2}}$$

$$v_z = \frac{v'_z \cdot \sqrt{1 - v_0^2/c^2}}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_x}{c^2}}$$

Пусть в K' : луч света движется вдоль оси $x' \Rightarrow$
 $v'_{x'} = c \quad v'_{y'} = 0 \quad v'_{z'} = 0$

$$\Rightarrow v_x = \frac{v'_{x'} + v_0}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_{x'}}{c^2}} = \frac{c + v_0}{1 + \frac{v_0 \cdot c}{c^2}} = c \Rightarrow \text{луч света в } K \text{ движется со ск. света}$$

т.к. по 2 постулату.
 "ск. света постоянна во всех инерц. с.о."

§ Релятивистская масса.
Одн. экв. движения.

В класс. мех-ке: $\vec{p} = m_0 \vec{v}$ но $\vec{p}$ не растет как v и т.д., поэтому
для расчета $U.R.O$
(т.е. не выходящее из зоны влияния)

и вводят релятивист. массу:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{где: } \vec{v} - \text{ск. тем (вектор)} \\ m_0 - \text{масса покоя частицы}$$

$$\text{если } \frac{v}{c} \rightarrow 0 \quad \vec{p} \rightarrow m_0 \vec{v}$$

$$\text{выраж: } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \text{релятивист. масса}$$

$$\vec{p} = m \vec{v} \Rightarrow \text{оказ-ся сфидогенн и } \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \text{ где } \vec{F} - \text{силы инерции}$$

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) - \text{или же } \vec{F} - \text{силы инерции}$$

$$\text{Аналогично до т.е. сформулировано } \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{v} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \left(\frac{\vec{F}}{m} - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{F})}{c^2} \vec{v} \right)$$

$$\vec{F} \text{ и } \vec{v} \text{ связаны сложнее: } \vec{F} \text{ не совпадает с } \vec{v}$$

$$\vec{F} \uparrow \vec{F} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F} \uparrow \vec{v} - \text{сила растет в том же-м} \\ \vec{F} \perp \vec{v} - \text{сила растет } \perp \text{ к скорости} \end{cases}$$

§ Кин. эн. релятивист. частицы.
Вычитая массу и т.д.

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right), \text{ где } \vec{F} - \text{силы инерции на } \vec{v} \\ N = \text{мощность} = \frac{dE}{dt}$$

$$\vec{F} \cdot \vec{v} = N = \left[\text{мощность, т.е. } \frac{dE}{dt} \right] = \frac{dE}{dt}$$

$$\frac{dE}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = \vec{v} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) = m_0 \vec{v} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) = \dots$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)$$

$$\Rightarrow E_k = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + \text{const}$$

$$\text{если } v=0 \Rightarrow E_k=0 \Rightarrow 0 = m_0 c^2 + \text{const} \Rightarrow \text{const} = -m_0 c^2$$

$$\Rightarrow E_k = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$E_k \text{ есть кинетическая энергия}$$

$$E = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) \leftarrow \text{полная энергия частицы}$$

$$E = m_0 c^2 - \text{энергия покоя}$$

$$\Rightarrow \text{масса покоя есть энергия покоя}$$

$$\Rightarrow E - \text{полная энергия; } E = m_0 c^2 - \text{энергия покоя}$$

$$E_0 = m_0 c^2 - \text{энергия покоя}$$

$$\Rightarrow E_k = E - E_0 = \left[\text{полная энергия} \right] - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$\text{при } \frac{v}{c} \ll 1 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \approx \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \approx \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \approx \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$$

$$\Rightarrow E_k \approx m_0 c^2 \left(\frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \right) = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

полная энергия частицы

$$\Rightarrow E_k = E - E_0$$

$$E - \text{полная энергия}$$

$$E_0 = m_0 c^2$$

$$\Rightarrow \text{масса и энергия эквивалентны}$$

§ Через полн. ж. и энерг.

$$E = \gamma mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow m^2 c^4 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = m_0^2 c^4$$

$$\Rightarrow \underbrace{m^2 c^4}_{E^2} - \underbrace{m^2 v^2 c^2}_{p^2} = \underbrace{m_0^2 c^4}_{E_0^2}$$

$$\Rightarrow E^2 - p^2 c^2 = E_0^2$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_0^2 + p^2 c^2} = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2} \quad !$$

§ Через кин. ж. и энергию

$$E^2 - p^2 c^2 = E_0^2$$

$$E = E_k + E_0$$

$$\Rightarrow E_k^2 + 2E_k E_0 + \cancel{E_0^2} - p^2 c^2 = \cancel{E_0^2}$$

$$\Rightarrow p = \frac{1}{c} \sqrt{E_k (E_k + 2E_0)} \quad !$$

или:

$$p = \sqrt{\frac{2 E_k m_0}{c}}$$

Раздел: Молек Физика и Термодинамика

Введение. Физич. основы МКТ.

Послужная МКТ:

1. Все ТВ., жид., газоб. Вещ-ва состоят из атомов и молекул
размер $\sim 1 \text{ \AA} (\text{Ангстрем}) = 10^{-8} \text{ см} = 10^{-10} \text{ м}$

2. Все атомы (молекулы) находятся в непрерывн. движении, с увеличением $\sim T$

Док-во из ат. и молек $\Rightarrow$ Броуновск. движение (1826 г.)

- мелкие, незримые, взвеш. в жид-ти частицы хаот. движ.
($\sim 1 \text{ мкм}$)

измешив. кинематика



т.к. в 1 см³ вещества $\sim 10^{26}$ молекул
 $\Rightarrow$ невооруженным глазом не заметны

$\Rightarrow$ исп-т статистич. метод

+ Термодинамика.