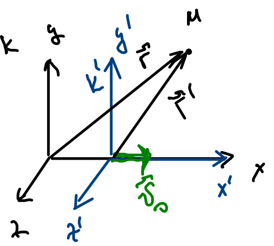
§ Преобраз-я Лоренца для скоростей.



k: $\vec r(x,y,z)$

k': $\vec r'(x',y',z')$

Получим выр-я для преобр-й ск-тей из пр. Лоренца:

Ск-ть в k': $\vec v' = \dfrac{d\vec r'}{dt'} \Rightarrow \begin{cases} v'_{x'} = \dfrac{dx'}{dt'} & v'_{y'} = \dfrac{dy'}{dt'} & v'_{z'} = \dfrac{dz'}{dt'} \end{cases}$

Ск-ть в k: $\vec v = \dfrac{d\vec r}{dt} \Rightarrow \begin{cases} v_x = \dfrac{dx}{dt} & v_y = \dfrac{dy}{dt} & v_z = \dfrac{dz}{dt} \end{cases}$

Из обратных пр. Лор-ца:

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

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

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

аналогично:

$$\boxed{v_y = \frac{v'_{y'} \cdot \sqrt{1 - v_0^2/c^2}}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_{x'}}{c^2}}} \qquad \boxed{v_z = \frac{v'_{z'} \cdot \sqrt{1 - v_0^2/c^2}}{1 + \frac{v_0 \cdot v'_{x'}}{c^2}}}$$

!

Пусть в k': луч света движется вдоль оси x' $\Rightarrow$

$v'_{x'} = c \qquad v'_{y'} = 0 \qquad v'_{z'} = 0$

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

$\Rightarrow$ луч света в k движ-ся со ск. света

т.к. по 2 пост. Э. «ск. света постоянна во всех сист. с.о.»

§ Релятивистский импульс. Осн. зак. релятив. динамику.

В класс. мех-ке: $\vec{p} = m_0 \cdot \vec{v}$ но $\vec{p}$ не удовл-т зак. сохр-я имп-са, записанного для разных И.С.О (т.е. не выполн-ся 1ый пост. Эйнш. об инвар-ти законов природы)

⇒ вводят релятивист. имп-с:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

где: $\vec{v}$ – ск. тела (частицы)
m_0 – масса покоя частицы

если $\frac{v}{c} \to 0$ ⇒ $\vec{p} \to m_0 \vec{v}$

вводят: $m \equiv \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ – релятивистск. масса

⇒ $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ ⇒ оказ-ся справедлив и II з.Н., записан-й для релят. имп-са:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

⇒ $\boxed{\vec{F} = \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right)}$ – осн. зак (ур-е) релятив. динамики ?

Дифференцируя по t и вспоминая, что $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

⇒ $\vec{a} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \left(\frac{\vec{F}}{m} - \frac{(\vec{v}, \vec{F})}{m_0 c^2} \cdot \vec{v}\right)$

⇒ м/у $\vec{F}$ и $\vec{a}$ существ-т сложная зав-ть: направ. $\vec{a}$ не совпадает с направл-м $\vec{F}$

$\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{F}$ ⇒ $\begin{cases} \vec{F} \uparrow\uparrow \vec{v} & \text{– сила действ-т вдоль ск-ти} \\ \vec{F} \perp \vec{v} & \text{– сила дейст-т} \perp \text{ск-ти} \end{cases}$

---

§ Кин. эн. релятивист. частиц. Взаимосвязь масс и эн-и

$\vec{F} = \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right)$, домножим скалярно на $\vec{v}$

N = мощность $= \frac{dA}{dt}$

$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u' v - u \cdot v'}{v^2}$

$\vec{F} \cdot \vec{v} = N = \left[\begin{matrix}\text{мощность, т.е.} \\ \text{измен-е эн.} \\ \text{в ед. времени}\end{matrix} = \begin{matrix}\text{изменение} \\ \text{кин. эн} \\ \text{частицы в} \\ \text{ед. врем.}\end{matrix}\right] = \frac{dE_k}{dt}$

⇒ $\frac{dE_k}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = \vec{v} \cdot \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right) = m_0 \vec{v} \cdot \frac{\frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \vec{v} \cdot \frac{1}{2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \cdot \left(-\frac{2v}{c^2}\right) \cdot \frac{dv}{dt}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} =$

$= \left[\begin{matrix}\vec{v} \cdot \vec{v} = v \cdot v \cdot \cos 0 = v \cdot v \\ \vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = v \cdot \frac{dv}{dt}\end{matrix}\right] = m_0 \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + \frac{v^2/c^2}{(1 - v^2/c^2)^{3/2}}\right] = m_0 \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}} =$

$= \left[\text{м. записать } \frac{d}{dt}\right] = \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right)$

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

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

если $v = 0$ ⇒ $E_k = 0$ ⇒ $0 = m_0 c^2 + const$ ⇒ $const = -m_0 c^2$

⇒ $E_k = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_0 c^2 = m c^2 - m_0 c^2$

E_k есть разность E и E_0:
⇒ $E \equiv mc^2$, $E_0 = m_0 c^2$

$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ ⇐ Эйншт. анонсируя эту ф. „масса д. расти при сообщ-и телу общего запаса эн-и (кин. эн; теплов. эн; химическ. эн, ..)

$E = m \cdot c^2$ ~ фундаментальнейшая связь ?

⇒ масса оказ-ся мерой энергосодерж-я тела

⇒ E – полная энергия; $\boxed{E = m \cdot c^2}$ ~ ф. Эйншт.

$E_0 = m_0 c^2$ ~ энергия покоя

⇒ $E_k = E - E_0 = \left[\begin{matrix}\text{разность} \\ \text{полн. эн.} \\ \text{тела и} \\ \text{эн. покоя}\end{matrix}\right] = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1\right)$?

~ кин. эн. релятив. ч-цы

Пусть $\frac{v}{c} \ll 1$ ⇒ $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} - 1 = \left[\begin{matrix}(1 - x)^{\alpha} \approx 1 - \alpha \cdot x \\ x \ll 1\end{matrix}\right] =$

$= 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2} - 1 = \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$

⇒ $E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1\right) \approx m_0 c^2 \cdot \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} = \frac{m_0 v^2}{2}$

т.е. получ. знаком. ф-лу Ньютон. мех-ки

⇒ $E_k = E - E_0$

E – полн. эн, $E = mc^2$

⇒ масса m – выступает мерой энергосодерж-я тела !!!

§ Связь полн. эн. и имп-са

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

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

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

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

!

§ Связь кин. эн. и импульса

$$E^2 - p^2 c^2 = E_0^2 \qquad E = E_k + E_0$$

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

$$\Rightarrow \boxed{p = \frac{1}{c}\sqrt{E_k\left(E_k + 2 \cdot E_0\right)}}$$

!

В Ньют.:

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

Раздел: Молек. Физика и Термодинамика

§ Введение. Физич. основы МКТ.

Постулаты МКТ:

1. Все тв., жид., газообр. вещ-ва сост-т из атомов и мол-л

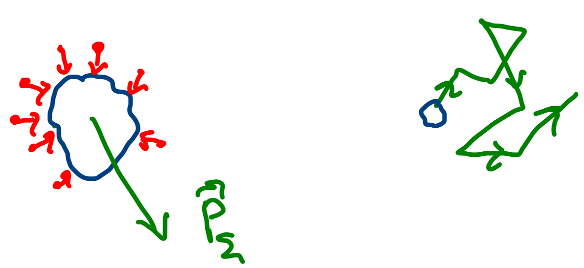
размер ~ 1 Å (Ангстрем) $= 10^{-8}$ см $= 10^{-10}$ м

2. Все атомы (молек.) нах-ся в непрерывн. движ-и, с интен-ю ~ T

Док-во ∃ ат. и молек ⇒ Броуновск. движ-е (1826 г.)

– мелкие частицы, взвеш. в жид-ти соверш. хаот. дв-е
(~1 мкм)

\# измельчён. канифоль



т.к. в 1 моль вещ-ва ~ 10^{26} молекул
⇒ методы мех-ки не применимы

⇒ исп-т статистич. методы

+ Термодин-ку.