
Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»
БИЛЕТ № 2
К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ
по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Понятия плоских и сферических волн. Уравнение сферической волны (без вывода).
2. Основное уравнение МКТ идеального газа (с выводом). Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул (с выводом).
3. Пи-мезон движется относительно системы отсчета K' так, что его полная энергия составляет 1,25 энергии покоя.
В свою очередь, система отсчета K' движется со скоростью $0,5c$ относительно системы отсчета K , в том же направлении.
Найдите скорость и полную энергию пи-мезона в системе отсчета K , если его масса покоя равна m_0 .

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.
.....

Бисес 12.

1.1) Понятие плоских и сферических волн. Уравнение сферической волны (без выводов)

Волна называется плоской, если движется вдоль оси с течением времени $\omega t + kx = \text{const}$ или $\omega t - kx = \text{const}$

Сферическая волна называется, если волновая поверхность - сфера

Сферическая волна описывается функцией:

$$E = \frac{A_0}{R} \cos(\omega t + (\vec{k}; \vec{R}) + \alpha) + \frac{A_0}{R} \cdot \cos(\omega t - (\vec{k}; \vec{R}) + \beta)$$

1.2) Основное уравнение МКТ идеального газа (с выводами).

Средняя кинематическая энергия поступательного движения молекул (вывод).

Пусть $v_1 = v_2 = \dots = v_i = \dots = v_n$; $i = \overline{1, n}$

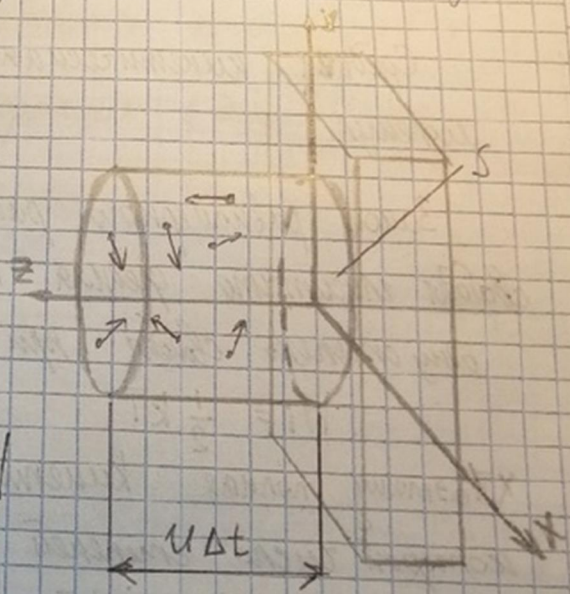
$$W_1^{\text{пот}} = W_2^{\text{пот}} = \dots = W_i^{\text{пот}} = \dots = W_n^{\text{пот}} = 0$$

$$n = \frac{N}{V} \text{ - концентрация молекул газа}$$

T - температура газа

u - средняя скорость поступательного движения молекул.

$$\text{Удары молекул уроне} \Rightarrow |\bar{p}_{\text{до}}^{\text{удара}}| = |\bar{p}_{\text{после}}^{\text{удара}}|$$



За период времени Δt до стенки долетят только те молекулы, которые находятся от стенки на расстоянии не далее, чем $L = u \Delta t$

$$\left. \begin{aligned} N &= n \cdot V \\ V &= L S \\ L &= u \Delta t \end{aligned} \right\} N = n S u \Delta t \text{ - общее число молекул.}$$

Молекулы движутся "вперед", "назад" вдоль осей X Y Z \Rightarrow

Число молекул, движущие к стенке - $\frac{1}{6}$ от общей кол-ва молекул.

$$N_1 = \frac{1}{6} N = \frac{n v \Delta t S}{6}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta p &= F \cdot \Delta t \\ p &= N m_0 v \end{aligned} \right\}$$

$$N_1 m_0 v - (N_1 m_0 v) = \Delta t F$$

$$2 N_1 m_0 v = \Delta t F$$

$$\frac{2 m_0 v^2 n \Delta t S}{6} = \Delta t F$$

$$\frac{m_0 v^2 n}{3} = \frac{F}{S}$$

$$p = \frac{m_0 n v^2}{3}$$

$$W_k^{\text{пост}} = \frac{m_0 v^2}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{2}{3} n W_k^{\text{пост}} \\ W_k^{\text{пост}} &= \frac{m_0 v^2}{2} \end{aligned} \right\} \text{основное уравнение МКТ.}$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.

Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы гласит, что средняя кинетическая энергия, приходящая на одну степень свободы при тепловом движении равна

$$W_i = \frac{1}{2} kT$$

Поэтому полная кинетическая энергия одной молекулы, у которой число степеней свободы равно i определяется соотношением

$$W_k = i \cdot W_i = \frac{i}{2} kT$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул равна, очевидно, кинетической энергии движения центра масс (как точки), поэтому:

$$W_k^{\text{пост}} = \frac{3}{2} kT$$

Дано:

$$E = 1,25 E_0$$

$$v_k = 0,5c$$

$$m_{покоя} = m_0$$

u - ?

E - ?

Решение:

1) В соответствии с релятивистским законом сложения скоростей:

т.к. скорость тела и скорость движущейся системы отсчета

направлены по одной прямой, то

u - скорость тела, относительно неподвижной системы отсчета

K можно найти по формуле:

$$u = \frac{u' + v_k}{1 + \frac{u' \cdot v_k}{c^2}}$$

где

u' - скорость движущегося тела в движущейся системе отсчета K'

c - скорость света в вакууме

v_k - скорость движущейся системы K' относительно неподвижной системы K

2) Рассчитаем u' - скорость движения тела в движущейся системе отсчета K'

Полная энергия тела вычисляется по формуле:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow \frac{E_0}{E} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

По условию задачи: $E = 1,25 E_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{E_0}{E} = \frac{1}{1,25}$$

Приравниваем правые части уравнения:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = \frac{1}{1,25}$$

$$1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 = \frac{1}{1,5625} = 0,64$$

$$1 - 0,64 = \left(\frac{v}{c}\right)^2$$

$$(0,6)^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow v = 0,6c$$

(v — это и есть u' — скорость движения тела в движущейся системе отсчета K')

3) Найдем $u = \frac{u' + v_k}{1 + \frac{u' \cdot v_k}{c^2}}$

Подставим значения:

$$u = \frac{0,6c + 0,5c}{1 + \frac{0,6c \cdot 0,5c}{c^2}} = 0,8c$$

4) Осталось найти E - полную энергию тела (пи-мезона) в системе отсчета K

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Подставим значения:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,8c}{c}\right)^2}}$$

(Вместо v подставил u - скорость тела относительно неподвижной системы отсчета K .

m_0 - масса покоя пи-мезона по условию)

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - 0,64}} = \frac{m_0 c^2}{0,6}$$

Ответ: $u = 0,8c$
 $E = \frac{m_0 c^2}{0,6}$