

Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»
БИЛЕТ № 11
К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ
по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Выражение для импульса в СТО (без вывода). Основное уравнение релятивистской динамики (без вывода).

2. Понятие эффективного диаметра молекулы. Вывод формулы для длины свободного пробега молекул идеального газа.

3. В упругой среде распространяется продольная механическая волна. Амплитуда равна 1 мм, волновое число - 5 м^{-1} , а круговая частота - 5000 с^{-1} . Найдите фазовую скорость волны, а также отношение фазовой скорости к максимальной скорости частиц среды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.

(число, месяц, год)

билет №11

11) Выразите импульс в СТО (без вывода). Основное уравнение релятивистской динамики (без вывода)

Импульс в СТО:

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

Основное уравнение релятивистской динамики

$$\vec{F} = m \vec{a} + \frac{m_0 (\vec{v}, \vec{a}) \vec{v}}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}}$$

12) Понятие эффективного диаметра молекулы. Вывод формулы для длины свободного пробега молекул идеального газа.

Длина свободного пробега молекулы λ - это среднее расстояние, которое пролетает молекула между двумя последовательными столкновениями с другими молекулами.

Рассмотрим газ, состоящий из одинаковых молекул. Размеры молекул не пренебрегаем, но среднее значение величины скоростей молекул считаем одинаковым.

Две молекулы столкнутся, если центр одной из них находится на расстоянии не больше чем $d = 2r$ от центра другой при их встречном движении.

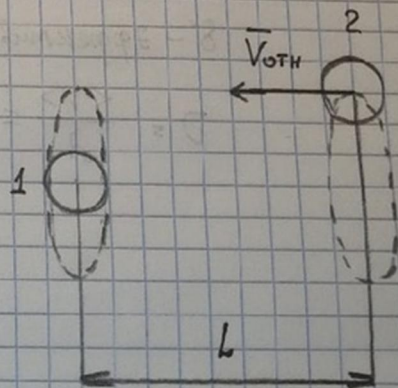
Пусть одна из них покоится, а вторая налетает с относительной скоростью $v_{отн}$.

Рассмотрим прямой цилиндр с длиной l с этой покоящейся молекулой, определяем условия, что внутри цилиндра не должно быть других молекул.

$$V_0 = l \pi d^2 - \text{объем цилиндра}$$

$$V = V_0 \cdot N - \text{объем всего газа.}$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{V_0 N} = \frac{1}{V_0} = \frac{1}{l \pi d^2} \Rightarrow l = \frac{1}{\pi d^2 n}$$



$$\Delta t = \frac{l}{v_{отн}} = \frac{l}{\langle v \rangle}$$

$\langle v \rangle$ - средняя скорость молекул

⇓

$$\lambda = \frac{\langle v \rangle}{v_{отн}} l$$

$$v_{отн} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \Rightarrow (\vec{v}_{отн})^2 = (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha$$

$$\langle (\vec{v}_{отн})^2 \rangle = \langle v_1^2 \rangle + \langle v_2^2 \rangle - 2 \langle v_1 v_2 \cos \alpha \rangle$$

$$\int_0^{2\pi} \langle \cos \alpha \rangle d\alpha = \int_0^{2\pi} \cos \alpha d\alpha = 0 \Rightarrow \langle \cos \alpha \rangle = 0$$

$$\langle (\vec{v}_{отн})^2 \rangle = \langle v_2^2 \rangle + \langle v_1^2 \rangle = 2 \langle v^2 \rangle \quad (\text{Поскольку } \langle v_1^2 \rangle = \langle v_2^2 \rangle = \langle v^2 \rangle)$$

$$\langle v_{отн} \rangle = \sqrt{2} \langle v \rangle$$

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{2} \pi d^2 n} \quad \left. \vphantom{\lambda} \right\} \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \delta n}$$

$$\delta = \pi d^2$$

δ - эффективное сечение взаимодействия молекул.

$$D = \frac{\langle v \rangle}{\lambda} = \sqrt{2} \delta n \langle v \rangle \quad \text{- средняя частота столкновений молекул газа между собой.}$$

Дано

$$A = 10^{-3} \text{ м}$$

$$k = 5 \text{ м}^{-1}$$

$$\omega = 5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

$$v = ?$$

$$\frac{v}{v_{\max}} = ?$$

Решение:

$$v = \frac{\omega}{k} \quad - \text{ фазовая скорость волны}$$

$$v = \frac{5 \cdot 10^3}{5} = 10^3 \frac{\text{ м}}{\text{ с}}$$

$$v = \frac{d\xi}{dt} = -A\omega \sin(\omega t - kx + d)$$

$$v_{\max} = A\omega$$

$$\frac{v}{v_{\max}} = \frac{v}{A\omega} = \frac{10^3}{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3} = 200$$

$$\text{Ответ: } v = 10^3 \frac{\text{ м}}{\text{ с}}$$

$$\frac{v}{v_{\max}} = 200$$