

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.
(число, месяц, год)

Заведующий кафедрой ФН-4

А.Н. Морозов

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»

БИЛЕТ № 28

К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ

по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Понятие эффективного диаметра молекулы. Вывод формулы для длины свободного пробега молекул идеального газа.
2. Понятия плоских и сферических волн. Уравнение сферической волны (без вывода).
3. В закрытом сосуде объемом 2 л находится углекислый газ CO_2 , плотность которого - $1,6 \text{ кг/м}^3$. Какое количество теплоты надо сообщить газу, чтобы нагреть его на $\Delta t = 100^\circ\text{C}$? Относительная атомная масса углерода равна 12, а кислорода - 16.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.
(число, месяц, год)

Заведующий кафедрой ФН-4

А.Н. Морозов

(1 с²)
② 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 средние значения величин скоростей молекул считаем одинаковыми.

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

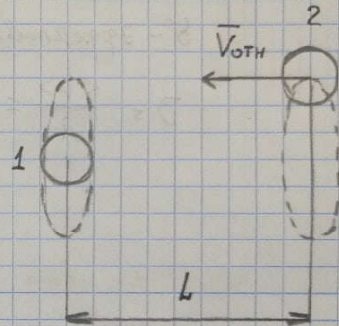
Пусть одна из них покоится, а вторая налетает с относительной скоростью $V_{отн}$.

Рассмотрим прямой цилиндр связанной с этой покоящейся молекулой, определяемый условием, что внутри цилиндра не должно быть других молекул.

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

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

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



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

$\langle v \rangle$ - средняя скорость молекул

⇓

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

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

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

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

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

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

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{2} \pi d^2 n} \quad \lambda = \frac{l}{\sqrt{2} \delta n}$$

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

δ - эффективное сечение взаимодействия молекул.

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

(NL) Понятие плоских и сферических волн. Уравнение сферической волны (без вывода)

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

Сферическая волна называется, если волновая поверхность - сфера

Сферическая волна описывается функцией:

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

Б-26

N3

$$V(\text{CO}_2) = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho(\text{CO}_2) = 1,6 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta T = \Delta t = 100^\circ \text{C} = 100 \text{ К}$$

$$M(\text{C}) = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M(\text{O}_2) = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Q - ?

CO_2 - трёх атомный $\Rightarrow i = 6$

$$V = \text{const} \Rightarrow A = 0.$$

$$\Delta U = Q$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R T_\Delta$$

$$\nu = \frac{m}{M(\text{CO}_2)}$$

$$m = \rho V$$

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2M(\text{O}_2)$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{\rho \Delta T \rho V}{M(\text{C}) + 2M(\text{O}_2)}$$

$$Q = \frac{6 \cdot 8,31 \cdot 100 \cdot 1,6 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2(12 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 16 \cdot 10^{-3})} = 181,31 \text{ Дж}$$

Ответ: 181,31 Дж.