

Приклади розв'язування задач:

Впр.29 (Засекіна), задача 1.

Який тиск газу, якщо середня квадратична швидкість руху його молекул 500 м/с, а його густина становить 1,35 кг/м³?

$$\bar{v} = 500 \text{ м/с}$$
$$\rho = 1,35 \text{ кг/м}^3$$

$$p - ?$$

Розв'язування. Очевидно, що слід скористатися основним рівнянням МКТ газу, оскільки воно поєднує тиск газу з середньоквадратичною швидкістю його молекул:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2$$

Однак, нам невідомо ні концентрації, ні маси молекул газу. З визначення концентрації, як кількості молекул в одиниці об'єму маємо:

$$n = \frac{N}{V} \Rightarrow n m_0 = \frac{N}{V} m_0 = \frac{m}{V} = \rho.$$

Отже,

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2.$$

Обчислюємо:

$$p = \frac{1}{3} \cdot 1,35 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(500 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 = 112500 \text{ Па} = 112,5 \text{ кПа}.$$

Зауважте, що відповідь в кінці підручника дає значення 0,11 МПа, що загалом вірно, але занадто округлено.

Впр.29 (Засекіна), задача 7.

Пластинку покривають золотом за допомогою напилювання. Атоми золота, що падають на пластинку, мають однакову енергію $4 \cdot 10^{-20}$ Дж і створюють тиск 0,15 Па. За який час товщина покриття зростає на $8 \cdot 10^{-6}$ м?

$$E = 4 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$$

$$d = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$p = 0,15 \text{ Па}$$

$$t - ?$$

Розв'язування. Під час напилювання атоми золота вилітають з нагрітого до високої температури шматка золота, тому рух цих атомів можна більшою мірою вважати прямолінійним і однонапрямленим. Взаємодіючи з пластинкою, вони осідають на ній, тобто така взаємодія є непружною. Тому ми не зможемо використати основне

рівняння МКТ газу, оскільки воно отримано виходячи з хаотичності руху молекул та їхньої пружної взаємодії зі стінками посудини, однак загальними міркуваннями, викладеними в §34 ми скористаємось.

Нехай нам відомо концентрація n атомів золота, які летять до пластини. Тоді за час t на поверхню S осяде $N = n \cdot V$ атомів, де $V = S \cdot \nu \cdot t$. Цих N атомів сформуєть шар товщиною d , і масою m , тобто

$$N = \frac{m}{m_3} = \frac{\rho_3 \cdot d \cdot S}{\frac{M_3}{N_A}} = \frac{\rho_3 \cdot d \cdot S \cdot N_A}{M_3},$$

де ρ_3 – густина золота, а M_3 – його молярна маса. Прирівнюючи і скорочуючи на S , отримаємо:

$$n \cdot S \cdot \mathbf{v} \cdot t = \frac{\rho_3 \cdot d \cdot S \cdot N_A}{M_3} \Rightarrow n \cdot \mathbf{v} \cdot t = \frac{\rho_3 \cdot d \cdot N_A}{M_3} \Rightarrow t = \frac{\rho_3 \cdot d \cdot N_A}{n \cdot \mathbf{v} \cdot M_3}.$$

Знайдемо тепер вираз для концентрації n атомів золота. Атоми золота мають імпульс $m_3 \mathbf{v}$, однак вони його повністю передають пластині, оскільки удар непружний. Цим самим вони створюють імпульс сили $f \cdot \Delta t$, що діє на поверхню пластини. За час Δt поверхні досягнуть тільки така кількість Z атомів, які містилися в об'ємі $S \cdot \mathbf{v} \cdot \Delta t$. Тобто $Z = n \cdot S \cdot \mathbf{v} \cdot \Delta t$. Загальний імпульс сили буде рівний

$$F \cdot \Delta t = Z \cdot f \cdot \Delta t = Z \cdot m_3 \mathbf{v} \Rightarrow F \cdot \Delta t = n \cdot S \cdot \Delta t \cdot m_3 \mathbf{v}^2.$$

Скоротивши та зробивши відповідні заміни, отримуємо:

$$\frac{F}{S} = 2n \cdot \frac{m_3 \mathbf{v}^2}{2} \Rightarrow p = 2n \cdot E.$$

Тепер підставимо це співвідношення у попередньо отримане рівняння:

$$t = 2 \frac{\rho_3 \cdot d \cdot N_A \cdot E}{p \cdot \mathbf{v} \cdot M_3}.$$

Залишилось виразити швидкість через відомі величини

$$\mathbf{v} = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m_3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot N_A}{M_3}}.$$

Кінцева формула

$$t = 2 \frac{\rho_3 \cdot d \cdot N_A \cdot E}{p \cdot M_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot N_A}{M_3}}} = 2 \frac{\rho_3 \cdot d}{p} \sqrt{\frac{N_A \cdot E}{2 M_3}}$$

Підставляємо числові дані, враховуючи, що $\rho_3 = 19300 \text{ кг/м}^3$, а $M_3 = 0,197 \text{ кг/моль}$:

$$t = 2 \frac{19300 \text{ кг/м}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-8} \text{ м}}{0,15 \text{ Па}} \sqrt{\frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 4 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}}{2 \cdot 0,197 \text{ кг/моль}}} \approx 508 \text{ с}.$$

Саме така відповідь подана в кінці підручника.