

## Контрольная работа №4

по разделу «Молекулярная физика. Тепловые явления»

---

### Задача №1

Определить плотность смеси, состоящей из 4г водорода и 32г кислорода, при температуре 7°C и давлении 93кПа

### Задача №2

10г кислорода находятся под давлением 0,303 МПа при температуре 10°C. После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10л. Найти объем газа до расширения и температуру газа после расширения.

### Задача №3

Раскаленный алюминиевый куб, положенный на лед, температура которого -20°C, полностью в него погрузился. Определить начальную температуру куба. Изменением объема куба при его охлаждении пренебречь.

### Задача №4

Сколько молекул воздуха находится в комнате объемом 240м<sup>3</sup> при температуре 15°C и давлением 10<sup>5</sup>Па?

### Задача №5

В цилиндрическом сосуде с площадью основания  $S = 250\text{см}^2$  находится 10г азота, сжатого поршнем, на котором лежит гиря массой  $M = 12,5\text{кг}$ . Какую работу совершит газ при нагревании его от температуры 25°C до 625°C? Насколько увеличится при этом объем газа? Атмосферное давление 10<sup>5</sup>Па.

## Решение задач контрольной работы №4

### Задача №1

Дано:

$$m_1 = 4\text{г} = 4 * 10^{-3}\text{кг}$$

$$m_2 = 32\text{г} = 32 * 10^{-3}\text{кг}$$

$$p = 93\text{кПа} = 9,3 * 10^4\text{Па}$$

$$T = 7^\circ\text{C} = 280\text{К}$$

По закону Дальтона:

---


$$\rho - ?$$

$$p = p_1 + p_2 \quad (1)$$

$$P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu_1} RT_1; P_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu_2} RT_2$$

По условию задачи:

$$V_1 = V_2 = V; T_1 = T_2 = T,$$

тогда, для водорода:

$$P_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \quad (2)$$

для кислорода:

$$P_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT \quad (3)$$

Выразим  $P_1$  и  $P_2$  из (2) и (3)

$$P_1 = \frac{m_1}{\mu_1} RT; P_2 = \frac{m_2}{\mu_2} RT$$

Выражения для  $P_1$  и  $P_2$  поставим в (1):

$$P = \frac{m_1 R t}{\mu_1 V} + \frac{m_2 R T}{\mu_2 V} = \frac{RT}{V} \left( \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right), \text{откуда } V = \frac{RT}{P} \left( \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right)$$

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ где } m = m_1 + m_2, \text{ тогда}$$

$$\rho = \frac{(m_1 + m_2)P}{RT \left( \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right)} \rho = \frac{36 * 10^{-3} * 9,3 * 10^4}{8,31 * 280 * 3} \approx 0,46 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

Ответ:  $\approx 0,46 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Задача №2

Дано:

$$m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$$

$$p = 0,303 \text{ МПа} = 3,03 * 10^5 \text{ Па}$$

$$T_1 = 10^\circ \text{C} = 283 \text{ К}$$

$$V_2 = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$V_1 - ? T_2 - ?$$

До расширения:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$$

$$V_1 = \frac{mRT_1}{\mu p}$$

$$V_1 = \frac{10^{-2} * 8,31 * 283}{32 * 10^{-3} * 3,03 * 10^5} \approx 2,4 * 10^{-3} (\text{м}^3)$$

После расширения (по условию задачи  $P = const$ ):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1}$$

$$T_2 = \frac{10^{-2} * 283}{2,4 * 10^{-3}} \approx 1180 (\text{К})$$

Ответ:  $\approx 1180 \text{ К}; 2,4 * 10^{-3} (\text{м}^3)$

Задача №3

Дано:

$$\rho_l = 0,9 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$T_l = -20^\circ \text{C} = 253 \text{ К}$$

$$C_l = 2,1 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{К}}$$

$$C_{ал} = C_k = 0,88 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{К}}$$

$$\lambda_l = 3,35 * 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\rho_{ал} = 2,7 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$T_K - ?$$

До расширения:

$$Q_H + Q_{пл} + Q_K = 0$$

$Q_H$  — количество теплоты, полученное льдом для его нагревания до температуры плавления ( $T_{пл}$ )

$Q_{пл}$  — количество теплоты, полученное льдом для его плавления;

$Q_K$  — количество теплоты, отданное кубом при его охлаждении до температуры плавления льда.

$$C_l m_l (T_{пл} - T_l) + \lambda_l m_l + C_k m_k (T_{пл} - T_K) = 0$$

$$m_l = \rho_l V; m_k = \rho_{ал} V$$

$$C_l \rho_l V (T_{пл} - T_l) + \lambda_l \rho_l V + C_k \rho_{ал} V (T_{пл} - T_K) = 0 \quad (: V)$$

$$C_l \rho_l (T_{пл} - T_l) + \lambda_l \rho_l + C_k \rho_{ал} T_{пл} - C_k \rho_{ал} T_K = 0$$

$$T_K = \frac{C_L \rho_L (T_{пл} - T_L) + \lambda_L \rho_L + C_K \rho_{ал} T_{пл}}{C_K \rho_{ал}}$$

$$\begin{aligned} T_K &= \frac{2,1 * 10^3 * 0,9 * 10^3 (273 - 253) + 3,35 * 10^5 0,9 * 10^3 + 0,88 * 10^3 * 2,7 * 10^3 * 273}{0,88 * 10^3 2,7 * 10^3} \\ &= \frac{18,9 * 10^6 * 20 + 3,015 * 10^8 + 648,648 * 10^6}{2,376 * 10^6} \\ &= \frac{3,78 * 10^8 + 3,015 * 10^8 + 6,5 * 10^8}{2,376 * 10^6} = \frac{13,295 * 10^8}{2,376 * 10^6} \approx 5,6 * 10^2 = 560(K) \end{aligned}$$

Ответ: 560К

Задача №4

Дано:

$$V_1 = 240 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C} = 288\text{K}$$

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_0 = 273\text{K}$$

$$\rho_0 = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 29 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$P_0 = 1,01 * 10^5 \text{ Па}$$

$$N_A = 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$N - ?$

Нормальные условия:  $P_0, V_0, T_0$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0}; V_0 = \frac{m}{\rho_0}, \text{ тогда}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 m}{\rho_0 T_0} \Rightarrow m = \frac{P_1 V_1 \rho_0 T_0}{P_0 T_1}$$

В данной массе газа содержится  $\nu$  молей:

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{P_1 V_1 \rho_0 T_0}{P_0 T_1 \mu}$$

$$N = N_A \nu = \frac{N_A P_1 V_1 \rho_0 T_0}{P_0 T_1 \mu}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{6,02 * 10^{23} * 10^5 * 240 * 1,29 * 273}{1,01 * 10^5 * 288 * 29 * 10^{-3}} \\ &= \frac{508815,216 * 10^{28}}{8435,52 * 10^2} \approx 60 * 10^{26} \\ &= 6 * 10^{27} \end{aligned}$$

Ответ:  $\approx 6 * 10^{27}$

Задача №5

Дано:

$$S = 250 \text{ см}^2 = 0,025 \text{ м}^2$$

$$m = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$$

$$M = 12,5 \text{ кг}$$

$$t_1^0 = 25^\circ \text{ C}$$

$$t_2^0 = 625^\circ \text{ C}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 28 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$A' - ?$   $\Delta V - ?$

Давление газа под поршнем постоянно и равно:

$$P = P_0 + \frac{Mg}{S}$$

$A' = P\Delta V$  – работа газа

$$P\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T, \text{ тогда}$$

$$A' = \frac{m}{\mu} R\Delta T$$

$$A' = \frac{10^{-2} * 8,31 * 6 * 10^2}{28 * 10^{-3}} \approx 1780 \text{ (Дж)}$$

$$[A'] = \frac{\text{кг} * \text{Дж} * \text{К} * \text{моль}}{\text{моль} * \text{К} * \text{кг}} = \text{Дж}$$

$$P = 10^5 + \frac{125}{0,025} = 105 * 10^3$$

$$\Delta V = \frac{A'}{P}; \Delta V = \frac{1780}{105 * 10^3} \approx 0,017 \text{ (м}^3\text{)}$$

Ответ:  $1780 \text{ Дж} \approx 0,017 \text{ м}^3$