

3. В баллоне объемом 10 л находится гелий под давлением 1 МПа при температуре 300 К. После того как из баллона было взято 10 г гелия, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.

Дано: $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$; $M = 4 \text{ кг/кмоль}$; $p_1 = 10^6 \text{ Па}$; $T_1 = 300 \text{ К}$; $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$; $T_2 = 290 \text{ К}$.

Найти: p_2 .

Решение. Для решения задачи воспользуемся уравнением Менделеева—Клапейрона, применив его к конечному состоянию газа:

$$p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2, \quad (1)$$

где m_2 — масса гелия в баллоне в конечном состоянии; M — масса одного киломоля гелия; R — молярная газовая постоянная.

Из уравнения (1) выразим искомое давление p_2 :

$$p_2 = \frac{m_2}{M} \cdot \frac{R T_2}{V}. \quad (2)$$

Массу гелия m_2 выразим через массу m_1 , соответствующую начальному состоянию, и массу m гелия, взятого из баллона:

$$m_2 = m_1 - m. \quad (3)$$

Массу гелия m_1 найдем также из уравнения Менделеева—Клапейрона, применив его к начальному состоянию:

$$m_1 = \frac{M p_1 V}{R T_1}. \quad (4)$$

Подставляя в выражение (3) массу m_1 по формуле (4), а затем полученное выражение m_2 в формулу (2), найдем

$$p_2 = \left(\frac{M p_1 V}{R T_1} - m \right) \frac{R T_2}{M V},$$

или после преобразования и сокращения

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{M} \cdot \frac{R T_2}{V}. \quad (5)$$

$$p_2 = \frac{290}{300} \cdot 10^6 - \frac{10^{-2}}{4} \cdot \frac{8,31 \cdot 10^3}{10^{-2}} \cdot 290 \text{ (Па)} \approx 3,64 \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$