

Уровень 3

В сосуде объемом $V=1,0$ л находится азот массой $m=0,28$ г. Азот нагрет до температуры $t=1500^\circ\text{C}$, при которой 30% всех молекул азота диссоциирует на атомы. Определить давление p в сосуде.

Решение:

До диссоциации количество молекул азота в сосуде было

$$N_1 = \frac{m}{M} N_A,$$

где N_A - число Авогадро, а $M=0,028$ кг/моль- молярная масса молекулярного азота. Диссоциирует $N_d = \alpha N$ ($\alpha=0,3$) молекул. Каждая из них диссоциирует на два атома, тем самым общее количество молекул стало

$$N_2 = N_1(1 - \alpha) + 2\alpha N_1 = N_1(1 + \alpha).$$

Давление в сосуде определяется теперь из соотношения

$$p = nkT = \frac{N_2 kT}{V}.$$

Отсюда

$$p = (1 + \alpha) \frac{mkN_A T}{MV} = (1 + \alpha) \frac{mRT}{MV} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Ответ: $p = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

Уровень 4

При температуре замерзания воды и нормальном атмосферном давлении плотность азота $1,254$ кг/м³. Масса молекулы азота равна $4,680 \cdot 10^{-26}$ кг. Какой температуре по шкале Кельвина соответствует температура замерзания воды?

Решение:

При заданных в условии температуре и давлении азот можно считать идеальным газом. В соответствии с уравнением состояния давления идеального газа

$$p = \frac{N}{V} kT,$$

где N - количество молекул азота в сосуде, V - объем сосуда.

Плотность азота

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n_0 m}{V},$$

где $m_0 = 4,68 \cdot 10^{-26}$ кг -масса одной молекулы азота.

Если найти из формулы плотности отношение $\frac{N}{V} = \frac{\rho}{m_0}$ и подставить его в формулу для давления, получим:

$$p = \frac{\rho k T}{m_0}.$$

Откуда температура замерзания воды при нормальном атмосферном давлении по шкале Кельвина равна

$$T_0 = \frac{p_0 m_0}{k \rho}.$$

Численно: $T=273,15\text{K}$.

Ответ: $T=273,15\text{K}$.

Уровень 5

Сферический сосуд радиусом r , содержащий газ при давлении p_1 и температуре T , находится в вакууме. Через образовавшееся в сосуде отверстие часть газа вытекает. Каким станет давление в сосуде после того, как из него выйдет N молекул газа?

Решение:

Для решения задачи физически устанавливаем зависимость давления от концентрации молекул и температуры.

Давление в сосуде после того, как из него выйдет N молекул,

$p_2 = \frac{N_1 - N}{V} kT$, где N_1 - число молекул в сосуд при давлении p_1 ; V - объем сосуда.

Для начального состояния газа $p_1 = \frac{N_1}{V} kT$,

откуда

$$N_1 = \frac{p_1 V}{kT}.$$

Подставив значение N_1 в исходное уравнение и произведя простые преобразования, получим:

$$p_2 = p_1 - \frac{N k T}{V}.$$

Выражая объем сосуда через его радиус, для p_2 окончательно имеем:

$$p_2 = p_1 - \frac{3}{4} \frac{N k T}{\pi r^3}.$$

Ответ: $p_2 = p_1 - \frac{3}{4} \frac{N k T}{\pi r^3}$.