

Уровень 3

Два баллона с объемами V_1 и V_2 соединены трубкой с краном. Они содержат газы при одинаковой температуре T и давлениях p_1 и p_2 соответственно. Какое давление p установится в баллонах, если открыть кран? Температура не изменяется, газы в химическую реакцию не вступают.

Решение:

Можно считать, что газ из первого баллона изотермически расширяется до объема $V_1 + V_2$. Тогда его давление после расширения согласно закону Бойля-Мариотта:

$$p_1' = p_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2}.$$

Аналогично,

$$p_2' = p_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2}.$$

Согласно закону Дальтона полное давление в баллонах равно сумме парциальных давлений обоих газов:

$$p = p_1' + p_2' = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Ответ: $p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$

Уровень 4

Определите плотность смеси, состоящей из 4г водорода и 32г кислорода при температуре 280К и давлении 93,3кПа.

Решение:

Плотность смеси равна $\rho = \frac{m}{V}$, где $m = m_1 + m_2$ - масса смеси, V - ее объем.

Температура T и давление p смеси известны. По закону Дальтона

$$p = p_1 + p_2,$$

где p_1 - давление водорода, p_2 - давление кислорода.

Если применить к водороду и кислороду уравнение Клапейрона-Менделеева, получим

$$p_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT, \quad p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT,$$

где M_1 и M_2 - молярные массы водорода и кислорода, соответственно.

Т.о.

$$(p_1 + p_2)V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)RT,$$

откуда объем смеси

$$V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) \frac{RT}{p}.$$

Если подставить значения массы и объема в формулу для расчета плотности, получим

$$\rho = \frac{M_1 M_2 (m_1 + m_2) p}{(m_1 M_2 + m_2 M_1) R T}.$$

Численно: $\rho = 0,48 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $\rho = 0,48 \text{ кг/м}^3$.

Уровень 5

Газ находится в цилиндре под невесомым поршнем, площадь которого $S = 100 \text{ см}^2$. При температуре $T_1 = 280 \text{ К}$ на поршень положили гирю массой 10 кг . При этом поршень несколько опустился. На сколько нужно нагреть газ в цилиндре, чтобы поршень оказался на прежней высоте? Атмосферное давление $p_1 = 101 \text{ кПа}$.

Решение:

В первоначальном состоянии и после нагревания газ занимает один и тот же объем. Масса газа постоянна. Следовательно, на основании закона Шарля

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \text{ где } p_1, T_1, p_2, T_2 - \text{соответственно давление и температура газа в}$$

начальном и конечном состояниях.

Гиря массой m , положенная на поршень, создает добавочное давление

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S},$$

поэтому

$$p_2 = p_1 + p = p_1 + \frac{mg}{S}.$$

Подставив это значение в первоначальную формулу, получим

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{1}{T_2} \left(p_1 + \frac{mg}{S} \right),$$

откуда

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{mg T_1}{S p_1}, \quad \Delta T = 27 \text{ К}.$$

Ответ: $\Delta T = 27 \text{ К}$.