

Демонстрационный вариант ЕГЭ 2019 г. - задание №30. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M=145$ кг

и объём $V=230$ м³, наполняется при нормальном атмосферном давлении горячим воздухом, нагретым до температуры $t=265$ °С. Определите максимальную температуру t_0 окружающего воздуха, при которой шар начнёт подниматься. Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие (см. рисунок).

Решение:

Условие, соответствующее подъёму шара: $F_{\text{арх}} \geq Mg + mg$, где M - масса оболочки, m - масса воздуха внутри оболочки, или

$\rho_0 gV \geq Mg + \rho gV = \rho_0 Vg \geq Mg + \rho Vg$, где ρ_0 - плотность окружающего воздуха, ρ - плотность воздуха внутри оболочки, V - объём шара

Для воздуха внутри шара $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p - атмосферное давление, T - температура воздуха внутри шара. Соответственно, плотность воздуха снаружи $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$, где T_0 - температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{0\text{max}}} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{0\text{max}}} = \frac{1}{T} + \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V}$$

$$T_{0\text{max}} = \frac{\mu p V T}{\mu p V + M R T} = \frac{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 230 \cdot 538}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 230 \cdot 10^5 + 145 \cdot 8,31 \cdot 538} \approx 273 \text{ K} = 0 \text{ °C.}$$

Ответ: $T_{0\text{max}} \approx 273 \text{ K} = 0 \text{ °C}$

Демонстрационный вариант ЕГЭ 2018 г. - задание №30. В комнате размерами $4 \times 5 \times 3$ м, в которой воздух имеет температуру 10 °С и относительную влажность 30% , включили увлажнитель воздуха производительностью $0,2$ л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через $1,5$ ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре 10 °С равно $1,23$ кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Решение:

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара p и давлением $p_{\text{нас}}$ насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$$

За время τ работы увлажнителя с производительностью I испаряется масса воды $m = \rho I \tau$

плотностью ρ .

В результате исходная влажность в комнате, $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{НАС}}}$, возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{НАС}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{НАС}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{НАС}}}$$

Водяной пар в комнате объемом V является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu}RT,$$

где M - масса водяного пара, p - парциальное давление, μ - его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на m (от m_1 до $m_2 = m_1 + m$) приводит к увеличению парциального давления на величину,

пропорциональную испарившейся массе:

$$\Delta p = \frac{mRT}{\mu V} = \frac{\rho I \tau RT}{\mu V}$$

$$\text{Отсюда: } \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{НАС}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{НАС}} V}$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$\varphi_2 = 0,3 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 283}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3} \approx 0,83 = 83\%$$

Ответ: $\varphi_2 \approx 83\%$

Демонстрационный вариант ЕГЭ 2017 г. - задание №29

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда $V = 1 \text{ м}^3$. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$; во втором - $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $p = 5,4 \text{ кПа}$. Определите первоначальную температуру аргона T_2 .

Решение:

Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT$$

где T - температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

В соответствии с уравнением Клапейрона - Менделеева для конечного состояния можно записать:

$$2Vp = (\nu_1 + \nu_2)RT.$$

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру T , получаем искомое выражение для начальной температуры аргона:

$$T_2 = \frac{2Vp}{\nu_2 R} - \frac{\nu_1}{\nu_2} T_1 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5,4 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31} - \frac{1}{3} \cdot 400 = 300 \text{ К}$$

Ответ: 300

Демонстрационный вариант ЕГЭ 2016 г. - задание №30

Теплоизолированный горизонтальный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится $\nu = 2$ моль гелия, а в правой — такое же количество моль аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Температура гелия равна температуре аргона: $T = 300$ К. Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

Решение:

Так как сосуд теплоизолирован и начальные температуры газов одинаковы, то после установления равновесия температура в сосуде будет равна первоначальной, а гелий равномерно распределится по всему сосуду. После установления равновесия в системе в каждой части сосуда окажется по 1 моль гелия: $\nu_1 = 1$. В результате в сосуде с аргоном окажется 3 моль смеси: $\nu_2 = \nu_1 + \nu = 3$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре и количеству молей:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2.$$

Запишем условие термодинамического равновесия: $T_1 = T_2$

Получаем:
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{3}$$

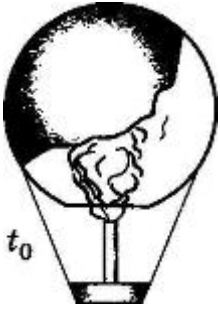
Ответ: 1/3

ЕГЭ 20.06.2016 по физике. Основная волна. Вариант 1 (Часть С)

Воздух в воздушном шаре, оболочка которого имеет массу _____ и объём _____ нагревают горелкой через отверстие снизу при нормальном атмосферном давлении. Окружающий воздух

имеет температуру
груз массой

При какой минимальной разности температур шар сможет поднять
? Оболочка шара нерастяжима.



Решение:

При условии $m < m_{air}$ где m — масса воздуха внутри оболочки, шар начнет подниматься.
Преобразовав получаем: $m < \rho_{air} V$, где ρ_{air} — плотность окружающего воздуха.

Применив уравнение Менделеева — Клапейрона $pV = \nu R T$ для воздуха внутри и снаружи оболочки, найдем:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p V}{T}$$

После подстановки в неравенство (1) получаем:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} < \frac{p V}{T} \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{T_0} < \frac{p_0 V}{T} \Rightarrow T < T_0$$

Минимальная разность температур составляет

Ответ: 72 К