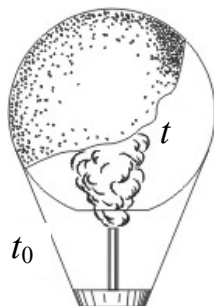


Задание 2



Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объем $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

Возможное решение	
<p>Условие подъема шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$,</p> <p>где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки, отсюда $\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V$,</p> <p>где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объем шара.</p> <p>Для воздуха внутри шара находим: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p – атмосферное давление, T – температура воздуха внутри шара. Соответственно, имеем плотность воздуха снаружи: $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$, где T_0 – температура окружающего воздуха.</p> $\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V}$ $T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} \approx 538 \text{ K} = 265^\circ\text{C}.$	
Критерии оценивания выполнения задания	
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Менделеева–Клапейрона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	2

<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

Работа 2.1 (3 балла)

C₂ Дано:

$M = 145 \text{ кг}$
 $V = 230 \text{ м}^3$
 $\bar{t} = 273 \text{ К}$
 $t_0 = 0^\circ \text{C}$

Считая, что объём оболочки пренебрежимо мал, пишем уравнения равновесия шара в момент подъёма шара:

$$N_g + m_1 g = m_2 g$$

$$N + m_1 = m_2$$

$t = ?$

m_1 - масса горячего воздуха
 m_2 - масса вытесненного холодного воздуха.
 где координаты m_1 и m_2 используем газовой законной

$$P \cdot V = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{\mu}$$

$$m_1 = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R T}$$

$$P \cdot V = \frac{m_2 \cdot R T_0}{\mu}$$

$$m_2 = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R T_0}$$

$$\frac{M + P \cdot V \cdot \mu}{R T} = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R T_0}$$

$$T = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R \left(\frac{P \cdot V \cdot \mu}{R T_0} - M \right)} = \frac{P \cdot V \cdot \mu \cdot T_0}{P \cdot V \cdot \mu - T_0 \cdot M \cdot R}$$

$$= \frac{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 273}{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} - 273 \cdot 145 \cdot 8,31} = 538,7 \text{ К} \neq$$

$$t = 538,7 \text{ К} - 273 \approx 266^\circ \text{C}$$

Ответ: $t = 266^\circ \text{C}$.

Полное правильное решение задачи, но при подстановке масс в условие равновесия шара учащийся допускает ошибку. Однако следующая формула записана правильно, и получен верный ответ. Допущенная ошибка приравнивается к опiske, и работа оценивается 3 баллами.

Работа 2.2 (2 балла)

C₂: $M \vec{g} + m \vec{g} + \vec{F}_{\text{арх}} = 0$; $\rho_0 g V = M g + m g$

$$P V = \frac{m}{\mu} R T \Rightarrow m = \frac{P V \mu}{R T}$$

$$\rho_0 = \frac{P \mu}{R T_0}$$

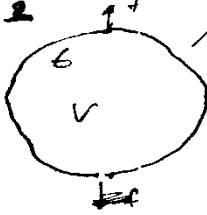
$$\frac{P \cdot \mu \cdot V}{R T_0} = M + \frac{P V \mu}{R T} \Rightarrow t = \frac{P V \mu}{R \left(\frac{P \mu V}{R} - M \right)} - 273$$

μ - молярная масса воздуха.

Записаны все необходимые уравнения, проведены преобразования, получен ответ в общем виде, но решение не доведено до численного ответа. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 2.3 (1 балл)

С2



Дано: $M = 145 \text{ кг}$, $V = 230 \text{ м}^3$, $t_0 = 0^\circ \text{C}$,
 Найти: t

Решение: Условие равенства сил.

$$mg = f + f, \quad f_1 = \rho_0 g V$$

$$\rho_0 = \frac{p_0 R T_0}{V} = \frac{\rho_0 R T_0}{M_0} \quad \rho_0 = \frac{\rho_0 M_0}{R T_0}$$

$$mg = \frac{\rho_0 M_0 g V}{R T_0} + f \quad t = f(t) \quad \text{Так найдем } t$$

Верно записаны два исходных уравнения. В условии равновесия для воздушного шара допущена ошибка. Следовательно, в одной из исходных формул, необходимых для решения задачи, допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. Работа оценивается 1 баллом.

Работа 2.4 (1 балл)

С2

$M = 145 \text{ кг}$
 $V = 230 \text{ м}^3$
 $p_0, T_0 = 273 \text{ К}$
 $t = ?$

$m \vec{r} = m \vec{g} + \vec{F}_A$ тогда найдем ρ летато
 $\vec{x}: m \ddot{x} = mg - F_A \quad \ddot{x} = 0 \text{ (ускорение } = 0)$
 $m \ddot{x} = mg - \rho g V \quad mg = \rho g V \quad \rho = \frac{m}{V} \quad (1)$

$pV = \nu RT$
 $pM = \rho_0 R T_0$ - при $T = 0^\circ \text{C}$
 ρ_0 - плотности при $T = 0^\circ \text{C}$ и $\rho = 10^5 \text{ Па}$
 $\frac{pM}{R} = \rho_0 T_0 \quad \frac{pM}{R} = \rho T_1$
 $\rho_0 T_0 = \rho T_1$
 $(2) \quad \rho_1 = \frac{\rho_0 T_0}{T_1}$ - плотности воздуха при $T = T_1$

$p_0 M = \rho_0 R T_0$
 $\rho_0 = \frac{p_0 M}{R T_0} \quad (3)$
 $T_1 = \frac{\rho_0 M V_0}{R m}$
 $T_1 = \frac{10^5 \cdot 23 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{8,31 \cdot 145} = \frac{6670 \cdot 10^2}{1285} \approx 430^\circ \text{K}$

$\rho = \rho_0$ (т.к шар открыт)
 ρ_0 - плотности воздуха при $T = 0^\circ \text{C}$
 давление снаружи и внутри шара равно
 т.к шар открыт

Записаны все необходимые уравнения, но, судя по дальнейшим преобразованиям, учащийся не учитывает массу оболочки шара и неверно записывает выражение для плотности воздуха в шаре (через массу оболочки и объем шара). Следовательно, одно из исходных уравнений ошибочно, и работа оценивается 1 баллом.

Работа 2.5 (0 баллов)

C-2.

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow T = \frac{p \cdot V}{R \cdot \frac{m}{M}} = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$$
$$T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 230 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 145 \text{ кг}} = \frac{7360 \cdot 10^2}{1204,95} = 611 \text{ К}$$
$$t = 611 \text{ К} - 273 \text{ К} = 338^\circ \text{C}$$

Ответ: 338°C .

Отсутствуют два из трех необходимых для решения исходных уравнений. Работа оценивается 0 баллов.