

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ КИМ ЕГЭ-2018 ПО ФИЗИКЕ (25.01.2018)

Исакова Наталья Петровна,

председатель региональной предметной комиссии по физике,
старший преподаватель кафедры физики, методов контроля и
диагностики Тюменского индустриального университета

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ, ПРОВЕРКИ И ОЦЕНИВАНИЯ
ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ
(РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА №30 ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ
ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ)

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 29-32

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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:);</p> <p>II) описаны все вновь <u>вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений¹ величин, используемых при написании физических законов)</u>;</p> <p>III) проведены <u>необходимые математические преобразования</u> и расчёты, приводящие к <u>правильному числовому ответу</u> (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</u></p>	3

¹ Здесь и далее стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 29-32

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p>	2
<p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	2.1
<p>И (ИЛИ)</p>	
<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>	2.2
<p>И (ИЛИ)</p>	
<p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p>	2.3
<p>И (ИЛИ)</p>	
<p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2.4

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 29-32

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых <u>необходимо и достаточно</u> для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1.1
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1.2
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1.3
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 1

В комнате размерами 4×5×3 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.

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_H} \quad \Delta m = \rho \cdot I \cdot \tau \quad p_1 = \varphi_1 p_H$$

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_H}$$

$$p_1 V = \frac{m_1 RT}{\mu} \quad m_1 = \frac{p_1 V \mu}{RT} = \frac{\varphi_1 p_H V \mu}{RT}$$

$$p_2 V = \frac{m_2 RT}{\mu}$$

$$p_2 = \frac{m_2 RT}{\mu V} = \frac{(m_1 + \Delta m) RT}{\mu V} = \frac{\left(\frac{\varphi_1 p_H V \mu}{RT} + \Delta m\right) RT}{\mu V} =$$

$$= \varphi_1 p_H + \frac{\Delta m RT}{\mu V} = \varphi_1 p_H + \frac{\rho \cdot l \cdot \tau RT}{\mu V}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\rho \cdot I \cdot \tau RT}{\mu p_H V}$$

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

- *определение относительной влажности для двух случаев*
- *уравнение Менделеева-Клапейрона*
- *выражение для производительности увлажнителя*

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *определение относительной влажности для двух состояний воздуха, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для производительности увлажнителя*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Дано:

$$V = 4.5.3 \text{ м}^3 \cdot 60 \text{ м}^3$$

$$T = 283 \text{ K}$$

$$D = 0,3$$

$$P = 0,2 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$$t = 1,5 \text{ с}$$

$$P_H(283) = 1,23 \text{ кПа} = 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$D_2 = ?$$

$$D = \frac{P_1}{P_H} \quad D_2 = \frac{P_2}{P_H}$$

$$P_1 = D P_H$$

По 3. Менделеева-Клапейрона:

$$P_1 V = D_1 R T = \frac{m_1}{M_6} R T \quad (1)$$

$$P_2 V = D_2 R T = \frac{m_2}{M_6} R T \quad (2)$$

закачиваем воздух $V' = \rho \cdot t$ в бак

$$m_2 = m_{\text{в.б.}} + m_1 = \rho_6 V' + m_1$$

$$\text{из (1)} \quad m_1 = \frac{P_1 V M_6}{R T}$$

$$D_2 = \frac{m_2 R T}{M_6 V P_H} = \frac{(\rho_6 V' + m_1) R T}{M_6 V P_H} = \frac{(\rho_6 V' + \frac{P_1 V M_6}{R T}) R T}{M_6 V P_H} =$$

M_6 - моляр. масса водорода

$$\frac{S_b V' RT + p_L V M_b}{M_b V p_u} = \frac{S_b p_L RT + p_H V M_b}{M_b \cdot V \cdot p_u} *$$

$$\eta_2 = \frac{1000 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 8,31 \cdot 283 + 0,3 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 60} \approx$$

$$\approx \frac{705,519 + 398,52}{1328,4} \approx 0,83$$

Omkom $\eta_2 = 83\%$ $\eta_2 = 0,83 \cdot 100\% = 83\%$

$$V_{\text{коммис}} = a \cdot b \cdot c = 60 \text{ м}^3$$

Увеличение объема воздуха увеличится между водой в коммисе

$$m_B = V_B \cdot \rho_B \quad (\rho_B - \text{плотность воды})$$

$$\text{роднее воды} \quad V_B = V_{\text{ув}} \cdot t \quad V_{\text{ув}} = 0,2 \text{ л/ч (газо)}$$

$$V_B = 0,2 \text{ л/ч} \cdot 1,5 \text{ ч} = 0,3 \text{ л} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\varphi_0 = 30\%$$

$$\varphi_0 = \frac{p_0}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\% \quad p_0 = \frac{\varphi_0 \cdot p_{\text{н.п}}}{100\%}$$

$$p_0 V_k = \nu R T$$

$$p_0 V_k = \frac{m_0}{M_B} R \cdot T$$

$$m_0 = \frac{p_0 V_k \cdot M_B}{R T}$$

φ_1 после расширения увеличится

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\%$$

$$V_k p_1 = \frac{m_1}{M_B} R \cdot T$$

(V_k и T константы)

$$V_k = 60 \text{ м}^3$$

$$T = 10^\circ\text{C} + 273 = 283 \text{ К}$$

$$p_{\text{н.п.}} \text{ при } t = 10^\circ\text{C} = 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$m_1 = m_0 + m_B$$

m_B - масса воды, полученной от увеличения

$$\varphi_1 = \left(\frac{p_0 V_k \cdot M_B}{R T} + V_{\text{ув}} \cdot t \cdot \rho_B \right) \cdot R \cdot T \cdot 100\% \cdot \text{где } p_0 = \frac{p_0 \cdot p_{\text{н.п}}}{100\%}$$

$$\varphi_1 = \frac{\frac{30\% \cdot 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 60 \text{ м}^3}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 283 \text{ К}} + 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1,5 \text{ ч} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3}{18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 60 \text{ м}^3 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}} \cdot 100\%$$

$$= 283 \text{ К} \cdot 100\%$$

$$\varphi_1 = 83,1\%$$

$$\text{Ответ: } 83,1\%$$

см на обороте

Дано
 $V = 4,5 \cdot 3 \text{ м}^3$
 $T = 283 \text{ К}$
 $\eta_1 = 30\%$
 $A = 0,2 \text{ м}^2$
 $t = 1,5 \text{ ч}$
 $p_H = 1230 \text{ Па}$
 Найдите
 η_2

Решение:

1) Найдем парциальное давление водяного пара в комнате при влажности 30%:

$$\eta_1 = \frac{P_1}{P_H} \Rightarrow P_1 = \eta_1 \cdot P_H$$

$$P_1 = 0,3 \cdot 1230 \text{ Па} = 369 \text{ Па}$$

2) Найдем сколько моль водяного пара производит увлажнитель за 1,5 ч.:

$$\left. \begin{aligned} V_2 &= \frac{m}{\rho}; \\ V_2 &= A \cdot t; \\ m &= V \cdot \rho; \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_2 = \frac{A \cdot t \cdot \rho}{\rho} = \frac{A \cdot t \cdot p}{\mu}$$

$$V_2 = \frac{50}{3} \text{ моль}$$

3) По формуле Менделеева - Клапейрона найдем сколько моль водяного пара будет в комнате, после работы увлажнителя:

$$P_1 V = \nu_1 R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 = \frac{P_1 V}{R T}$$

$$\nu_1 = \frac{369 \cdot 60}{8,31 \cdot 283} \approx 9,41 \text{ моль}$$

$$\nu = \nu_1 + \nu_2$$

$$\nu = 9,41 + \frac{50}{3} \approx 26,1 \text{ моль}$$

4) По формуле Менделеева - Клапейрона найдем давление, установившееся в комнате после работы увлажнителя:

$$P = \frac{\nu R T}{V}$$

$$P = \frac{26,1 \cdot 8,31 \cdot 283}{60} \approx 1022,26 \text{ Па}$$

5) Найдем относительную влажность:

$$\eta_2 = \frac{1022,26}{1230} \approx 83\%$$

Ответ: 83%

Дано:

$$V_{\text{конч}} = 60 \text{ м}^3;$$

$$T = 283 \text{ К};$$

$$\varphi = 30\%; \quad m_{\text{воз}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$p_{\text{атм}} = 0,7112;$$

$$p_{\text{нас. пар}} = 1,235 \text{ Па};$$

Найти:

φ через 15 с

Решение:

$$\textcircled{1} \frac{p_{\text{воз. пар.}}}{p_{\text{нас. пар}}} = 0,7, \quad p = 861 \text{ Па}$$

$$\textcircled{2} p V_{\text{кон.}} = \nu R T$$

$$861 \cdot 60 = \nu \cdot 8,31 \cdot 283$$

$$\nu = 22 \text{ моль}, \quad \nu_2 = \frac{m}{29 \cdot 10^{-3}}, \quad m = 0,64 \text{ кг}$$

$\textcircled{3}$ За 1,5 с испарится 0,31 кг 0,3 кг.
Т.е. останется: $0,64 - 0,3 = 0,34 \text{ кг}$
не воз. паром.

④ Всего сколько кг было:

$$1230 \cdot 60 = 2,13 \cdot T$$

$$m = 0,91 \text{ кг.}$$

⑤ ~~В~~ $T, e,$ ~~на~~ Вод. паров стало:

$$0,91 - 0,34 = 0,57 \text{ кг}$$

⑥ Найти $P_{\text{вод. паров}}$ воды:

$$P \cdot V = 2,13 T$$

$$P \cdot 60 = \frac{0,57}{29 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 283$$

$$P = 770 \text{ Па.}$$

⑦ $\varphi = ?$

$$\varphi = \frac{P_{\text{вод. паров}}}{P_{\text{наг. паров}}} = \frac{770}{1230} \cdot 100\% = 62,6\% - \text{ответ.}$$

29

Дано:

$$T = \text{const} = 10^\circ \text{C}$$

$$k = 0,2 \text{ м/ч}$$

$$a = 4 \text{ м}$$

$$b = 5 \text{ м}$$

$$h = 3 \text{ м}$$

$$t = 1,5 \text{ ч}$$

$$\varphi_1 = 30\%$$

$$p_{\text{нп}} = 1,23 \text{ кПа}$$

Решение: см

$$283 \text{ K}$$

$$0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/ч}$$

$$0,3$$

$$1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Температура:

Влажность до включения увлажнителя:

$$\varphi_1 = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{нп}}}, \text{ где } p_{\text{п}} - \text{давление пара}$$

По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT.$$

$$p_{\text{п}} \cdot V = \nu RT.$$

$$\nu = \frac{m_{\text{п}}}{M_{\text{п}}}$$

$\varphi_2 = ?$

$$p_{\text{п}} V = \frac{m_{\text{п}}}{M_{\text{п}}} RT.$$

П.к. комната имеет форму прямоугольного параллелепипеда;

$$m_{\text{п}} V = a \cdot b \cdot h \Rightarrow p_{\text{п}} a b h = \frac{m_{\text{п}}}{M_{\text{п}}} RT.$$

$$p_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}} RT}{M_{\text{п}} a b h}$$

$$\text{отсюда } \varphi_1 = \frac{p_{\text{п}} RT}{M_{\text{п}} a b h \cdot p_{\text{нп}}} \Rightarrow m_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}} a b h \cdot p_{\text{нп}} \cdot \varphi_1}{RT}$$

These two steps use noble gases as tracers.

$$V_n = k \cdot t$$

$$\frac{m_{n1}}{m_{n2}} = \frac{V_n \cdot p}{(V + V_n) \cdot p}$$

$$\frac{m_{n1}}{m_{n2}} = \frac{V_n}{V + k \cdot t} \quad \text{or} \quad m_{n2} = \frac{V_n}{V + k \cdot t} \cdot m_{n1} = \frac{V_n \cdot k \cdot t}{V + k \cdot t} \cdot \frac{m_{n1} \cdot p_{n1} \cdot G_1}{RT} =$$

$$= \frac{(a \cdot b \cdot h + k \cdot t) \cdot m_{n1} \cdot a \cdot b \cdot h \cdot p_{n1} \cdot G_1}{a \cdot b \cdot h \cdot RT} = \frac{(a \cdot b \cdot h + k \cdot t) \cdot m_{n1} \cdot p_{n1} \cdot G_1}{RT}$$

$$G_2 = \frac{p_{n2}}{p_{n1}}$$

$$p_{n2} \cdot V = \frac{m_{n2}}{\mu} \cdot RT$$

$$p_{n2} \cdot a \cdot b \cdot h = \frac{(a \cdot b \cdot h + k \cdot t) \cdot m_{n1} \cdot p_{n1} \cdot G_1 \cdot RT}{RT}$$

$$p_{n2} = \frac{(a \cdot b \cdot h + k \cdot t) \cdot p_{n1} \cdot G_1}{a \cdot b \cdot h}$$

$$G_2 = \frac{(a \cdot b \cdot h + k \cdot t) \cdot p_{n1} \cdot G_1}{p_{n1} \cdot a \cdot b \cdot h}$$

(29)

$f_0 = \frac{p}{p_0}$, p_0 - давление насыщ. вод. пара, p - давление вод. пара
 f - отн. влажность

$\Delta V = u \tau$ - объем вод. пара, выделившийся увлажнителем за τ часов.

по закону Менделеева - Клапейрона:

$$(p + p_1) V = \nu R T_0 \quad p_1 - \text{давление воздуха в начале}$$

$$f = \frac{V_0 + \Delta V}{V}, \quad V_0 - \text{нач. объем вод. пара}$$

$f = \frac{p_2}{p_0}$ - искомая отн. влажность, p_2 - давл. вод. пара через 1,5 часа.

~~по закону Менделеева - Клапейрона:~~

$$u = 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\tau = 1,5 \text{ ч}$$

$$f_0 = 0,3$$

$$V = 60 \text{ м}^3$$

$$p_0 = 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 283 \text{ К}$$

Дано:

$$V_k = 60 \text{ м}^3$$

$$T = 10^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = 30\%$$

$$\text{Производ} = 0,2 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$$

$$t = 1,5 \text{ ч}$$

$$P = 1,23 \text{ кПа}$$

$$\varphi_0' = ? + \varphi_0 = ?$$

Решение:

$$1) \varphi_0 = \frac{P_n}{P_H} \cdot 100\%$$

$$\frac{P_n}{1,23} \approx 100\% = 30 \Rightarrow P_n = 0,369$$

2) За 1,5 ч увлажнитель увлажнит воздух

$$\text{на } 0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ л}$$

$$3) 60 \cdot 0,3 = 18 \text{ м}^3$$

~~$$30 \cdot 0,3 = 9$$~~

$$60 - 18 = 42 \text{ м}^3$$

$$\frac{42}{60} = 0,7$$

$$\frac{0,7}{0,3} = \frac{30}{\varphi_0'} \Rightarrow \varphi_0' = \frac{30 \cdot 0,3}{0,7} \approx 12,9\%$$

$$\varphi_0' + \varphi_0 = 30\% + 12,9\% = 42,9\%$$

Ответ: 42,9%

Дано:

$$V = 3 \times 5 \times 4 \text{ м} = 60 \text{ м}^3$$

$$t_0 = 10^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = 30\%$$

$$A = 3 \text{ м}^2$$

$$\epsilon = 1,5 \text{ з}$$

$$P_{\text{н.н}} = 1,23 \text{ кПа}$$

$\varphi = ?$

Найти каково растет
качество увлажнителя за 1,5 з
 $V' = A \cdot t$, где A - производительность
увлажнителя.

$$V' = 0,3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Найти по формуле
равенств в кельвинах при 10°C

$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{н.н}}} \cdot 100\% ; P = \frac{\varphi}{100\%} \cdot P_{\text{н.н}}$$

$$P = 369 \text{ Па}$$

П.н увлажнитель увлажнил $3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$
качество, значит в этот
качество $\varphi_1 = 100\% \Rightarrow P \in P_{\text{н.н}}$.

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 2

Для того чтобы совершить воздушный полёт, отважный мальчик решил использовать воздушные шары объёмом 10 л, наполненные гелием. Сколько воздушных шаров потребуется, чтобы поднять в воздух мальчика массой 40 кг при нормальном атмосферном давлении? Температура окружающего воздуха 28 °С. Массой оболочек шаров и их упругостью, а также силой Архимеда, действующей на мальчика, пренебречь.

$$F_A > mg + Nm_{\Gamma}g$$

$$N\rho_{\text{в}}gV = mg + Nm_{\Gamma}g$$

$$N\rho_B gV - Nm_\Gamma g = mg$$

$$Ng(\rho_B V - m_\Gamma) = mg$$

$$N = \frac{mg}{g(\rho_B V - m_\Gamma)} = \frac{m}{\rho_B V - m_\Gamma}$$

$$p_0 V = \frac{m_B RT}{\mu_B}$$

$$p_0 V = \frac{m_\Gamma RT}{\mu_\Gamma}$$

$$\rho_B = \frac{p_0 \mu_B}{RT}$$

$$m_\Gamma = \frac{P_0 V \mu_\Gamma}{RT}$$

$$N = \frac{m}{\rho_B V - m_\Gamma} = \frac{m}{\frac{p_0 \mu_B V}{RT} - \frac{P_0 V \mu_\Gamma}{RT}}$$

$$N = \frac{MRT}{P_0 V_0 (\mu_B - \mu_\Gamma)} = \frac{40 \cdot 8,31 \cdot 301}{10^5 \cdot 0,01 (0,029 - 0,004)} \approx 4003 \text{ шт.}$$

- *второй закон Ньютона*
- *Закон Архимеда*
- *уравнение Менделеева-Клапейрона, записанное для воздуха и гелия*

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона; закон Архимеда; уравнение Менделеева – Клапейрона, записанное для воздуха и гелия*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

№ 29.

Решение:

Дано:

$$V = 10 \text{ л}; P = 10^5 \text{ Па}$$

~~$$P = 10^5 \text{ Па};$$~~

$$m_m = 40 \text{ кг};$$

$$t = 28^\circ \text{ C};$$

Найти:

N

В время пшита на мальчик и шар будут действовать силы: тяжести (на мальчика и земли внутри шаров), архимеда (на шар).

По первому закону Ньютона:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_{Tm} + \vec{F}_{Tне} = 0; \text{ т.к. все силы}$$

направлены вдоль одной оси, то,

взяв за положительное направление оси вверх,

запишем:

(1)

$$F_A - m_m g - m_{не} g = 0; \quad F_A = \rho_{в} \cdot g \cdot V_{ш} = \rho_{в} \cdot g \cdot N \cdot V;$$

$$(2) P_B \cdot N \cdot V = m_m + m_{He};$$

По закону Менделеева - Клайперона, для гелия запишем:

$$P V_{\text{гелия}} = \frac{m_{He}}{M_{He}} RT;$$

где M_{He} - масса гелия.

По закону Менделеева - Клайперона ~~для~~ запишем уравнение для

воздуха: $P V_{\text{воздуха}} = \frac{m_B}{M_B} RT$, где
 $T = t + 273$; V - объем 1 шара;

$$P \cdot \frac{m_B}{M_B} = \frac{P_B \cdot V}{M_B} \cdot RT;$$

$$\frac{P}{P_B} = \frac{RT}{M_B}; \quad P_B = \frac{P \cdot M_B}{RT};$$

M_B - молярная масса воздуха

Подставив значение массы гелия и плотности

воздуха в уравнение (2), получим:

$$m_m + \frac{P V M_{He}}{RT} - \frac{P V \cdot M_B}{RT} = 0; \quad m_m = N \left(\frac{P V M_B}{RT} - \frac{P V M_{He}}{RT} \right);$$

$$N = \frac{m_m RT}{P V (M_B - M_{He})}; \quad N = \frac{40 \cdot 8,31 \cdot 301 \cdot 10^3}{10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 25} =$$

3

= 4002,096. Так как шарикку нужно будет

взлететь, то ему следует взять 4003 шара.

Ответ: 4003 шара

Дано:

$$V = 10^{-2}$$

$$m_m = 40 \text{ кг}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$T = 301 \text{ К}$$

$$M_{\text{He}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{возд}} = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

n - ?

Решение:

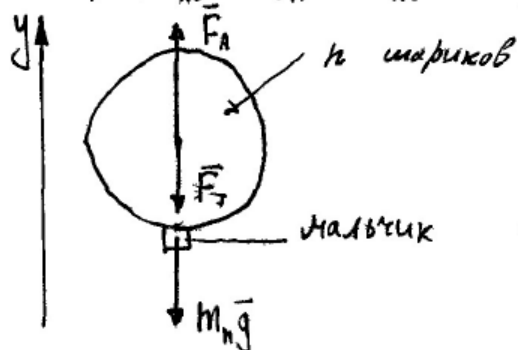
На каждый из n шаров объемом V действуют:

1) сила Архимеда $F_{\text{А0}} = \rho_{\text{возд}} V g^{(*)}$, где $\rho_{\text{возд}}$ - плотность воздуха

2) сила тяжести $F_{\text{Т0}} = m_{\text{He}} g^{(**)}$, где m_{He} - масса газа внутри шарика.

Все силы Архимеда и тяжести направлены соответственно вертикально вверх и вниз поэтому общие силы Архимеда и тяжести будут равны:

$$\vec{F}_A = n \vec{F}_{\text{А0}} \Rightarrow F_A = n F_{\text{А0}} ; \quad \vec{F}_T = n \vec{F}_{\text{Т0}} \Rightarrow F_T = n m_{\text{He}} g$$



По II закону Ньютона при ускорении $a=0$:

$$\vec{0} = m_n \vec{g} + \vec{F}_T + \vec{F}_A$$

В нрое проекциях на Oy : $0 = -m_H g - F_T + F_A$ Из (x) и (xx):

$$Oy. \quad 0 = -m_H g - n m_{He} g + n \rho_{возд} V g \quad | : g$$

$$m_H = n (-m_{He} + \rho_{возд} V) \quad (1)$$

Из уравнения Менделеева - Клапейрона для гелия внутри шарика:

$$pV = \frac{m_{He}}{M_{He}} \cdot RT$$

$p = p_0$ - давление внутри шарика
уравновешивает атмосферное.

$$m_{He} = \frac{p_0 V \cdot M_{He}}{RT} \quad (2)$$

Для воздуха в атмосфере делением обеих частей уравнения Менделеева - Клапейрона на объём:

$$p_0 = \frac{\rho_{возд}}{M_{возд}} \cdot RT \Rightarrow \rho_{возд} = \frac{p_0 M_{возд}}{RT} \quad (3)$$

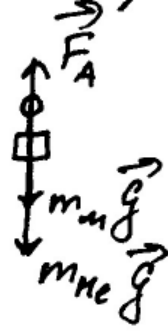
Из (1), (2) и (3):

$$m_H = n \left(\frac{p_0 V \cdot M_{возд}}{RT} - \frac{p_0 V \cdot M_{He}}{RT} \right) = \frac{n p_0 V (M_{возд} - M_{He})}{RT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{m_H RT}{p_0 V (M_{возд} - M_{He})} \approx 4002,1 \text{ шарика. Т.к. } n \text{ - кол-во:}$$

$$n = 4003 \text{ шарика.}$$

Дано:
 $V = 10 \text{ м.}$
 $m_m = 40 \text{ кг}$
 $p = 10^5 \text{ Па}$
 $t = 28^\circ \text{ C.}$
 $N = ?$



По условию задачи мы

$$\vec{F}_A = m_m \vec{g} + m_{He} \vec{g}$$

По формуле Менделеева - Клапейрона.
 $PV = \nu RT; \nu = \frac{m}{M}$

$$PV_m = \frac{m_{He}}{M_{He}} \cdot RT; V_m = N \cdot V; m_{He} = \frac{PV_m M_{He}}{RT}$$

$$PV_b = \frac{m_b}{M_b} RT; p_b = \frac{m_b}{V_b}; \frac{m_b}{V_b} = \frac{p M_b}{RT}$$

По формуле Архимеда

$$F_A = p_b V_m \cdot g; \quad p_b V_m \cdot g = m_m g + \frac{p V_m M_{He}}{RT} \cdot g$$

$$\frac{p M_b}{RT} \cdot V \cdot N - \frac{p M_{He}}{RT} \cdot V \cdot N = m_m$$

2.2

$$N = \frac{m_m \cdot RT}{PV(M_b - M_{He})} = \frac{40 \text{ кг} \cdot 8,31 \cdot (28 + 273)^\circ \text{ K}}{10^5 \text{ Па} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 (29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} - 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль})}$$

$$= 4002,036$$

Ответ: 4002 мара.

Дано:
 $V_1 = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$
 $M_m = 290 \text{ г}$
 $T = 28^\circ\text{C} = 301 \text{ К}$
 $N = ?$

~ 29. Решение.
 Условие малых высот
 в воздухе: $F_A = F_{m1} + F_{m2}$
 $\rho_1 V g = m g + m_1 g$
 $\rho_2 N V_1 = m_m + N V_1 \rho_2$
 ↓
 условие на уровне.

$$N (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_1) = m_m$$

$$N = \frac{m_m}{V_1 (\rho_1 - \rho_2)}$$

$$P V_0 = \frac{m_0}{M_0} R T$$

$$P V_0 M_0 = m_0 R T \quad | : V_0$$

$$P M_0 = \rho_0 R T; \quad \rho_0 = \frac{P M_0}{R T}$$

$$P V_0 = \frac{m_1}{M_2} R T \quad | : V$$

$$\rho_2 = \frac{P M_2}{R T}$$

$$N = \frac{m_m}{V_1 \frac{P}{R T} (M_0 - M_2)} = \frac{40}{0,01 \frac{105}{8,31 \cdot 300} \cdot 10^3 (29-4)}$$

$N = 19944 \text{ (шт)}$

2.4

Ответ: $N = 19944$ шаров

N 29

$$V_{ш} = 10^{-2} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$\rho_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$t = 28^\circ \text{C} = 301 \text{ K}$$

n - количество шаров?

1) Шары будут подняты вверх, когда сила Архимеда превысит силу тяжести, то есть $F_A > F_{тяж}$.

$$F_A = \rho_0 \cdot g \cdot V_{ш} \cdot n > mg$$

воздуха:

2) Возьмем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} \cdot R T \quad ; \quad p = \frac{m}{V \cdot M} \cdot R T \quad ; \quad \frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R T} = \rho_{воз}$$

$$\rho_{воз} = \frac{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 301} \approx 1,16 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

3) Выразим количество шаров n: $n > \frac{mg}{\rho_0 \cdot g \cdot V_{ш}}$,

$$n > \frac{m}{\rho_0 \cdot V_{ш}} \geq \frac{40}{1,16 \cdot 10^{-2}} \geq 3448,3$$

Возьмем, что нужно взять 3449 шаров.

Ответ: 3449 шаров

Дано:

$$V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$m_{\text{ш}} = 40 \text{ мг}$$

$$P_{\text{ат}} = 10^5 \text{ Па}$$

$$t = 28^\circ\text{C} \Rightarrow T = 301 \text{ К}$$

Найти:

$$N = ?$$

Решение

Для того чтобы мальчик почувствовал, что масса резины была равна массе мальчика.

П.к. оболочка красителю $\Rightarrow p_{\text{ат}} = p$

\Rightarrow масса резины в один шарик.

$$pV = \frac{mRT}{\mu}; \quad mRT = pV\mu; \quad m = \frac{pV\mu}{RT};$$

$$m = \frac{10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 301} = \frac{4}{2501,31} \approx 0,0016 \text{ кг}$$

$$N = \frac{m_{\text{ш}}}{m} = \frac{40}{0,0016} = 25000.$$

Ответ: 25000 шариков.

N29.

Дано:

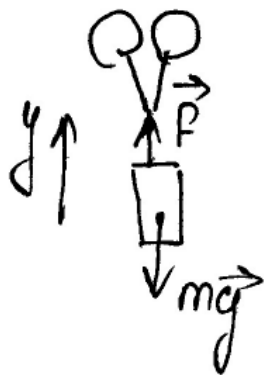
$$V_{\text{ш}} = 10 \mu = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$m_{\text{ш}} = 40 \text{ кг}$$

$$t = 28^\circ \text{C}$$

$N = ?$

Решение:



по \vec{F} и \vec{g} . H:

$$\vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$Oy: F - mg = ma.$$

Условие шальчик пометел:

$$F_{\text{min}} \geq mg.$$

$$F_{\text{min}} = F_p = p \cdot S_{\text{ш}} \cdot N \quad (N - \text{кол во шаров}).$$

$$p_{\text{ш}} S_{\text{ш}} \cdot N \geq mg.$$

$$N \geq \frac{mg}{p_{\text{ш}} \cdot S_{\text{ш}}}.$$

по ур-ию Менделеева - Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{или} \quad pV = \nu RT$$

$$\nu(\text{ше}) = 1 \text{ моль.}$$

$$\Rightarrow pV = RT.$$

$$T = 28^\circ \text{C} + 273 = 301 \text{ K}$$

$$p = \frac{RT}{V}; \quad p = \frac{8,31 \cdot 301}{10 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow N \geq \frac{mgV}{S_{\text{ш}} RT}$$

$$p = 250,131 \cdot 10^3.$$

T.k. $V_{\text{ш}} = \frac{4}{3}\pi R^3$, $S_{\text{ш}} = 4\pi R^2$, то $S_{\text{ш}} = \frac{3V_{\text{ш}}}{R}$ (R - радиус шара)

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{ш}}}{4\pi}} \Rightarrow S_{\text{ш}} = 3V_{\text{ш}} \cdot \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3V_{\text{ш}}}}$$

см. Don. Бланк

T.O. $N \geq \frac{mg}{3V_{\text{ш}} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3V_{\text{ш}}}} R \cdot T}$; $N \geq \frac{mg}{\sqrt{4\pi \cdot 9V_{\text{ш}}^2} \cdot R \cdot T}$

$$N \geq \frac{mg}{3V_{\text{ш}} \cdot R \cdot T \cdot \sqrt[3]{4\pi}}$$

$$N \geq \frac{40 \cdot 10}{3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 301 \cdot 2,3}$$

$$N \geq \frac{400 \cdot 10^3}{3 \cdot 10 \cdot 8,31 \cdot 301 \cdot 2,3}$$

$$N \geq \frac{400000}{172590,34}$$

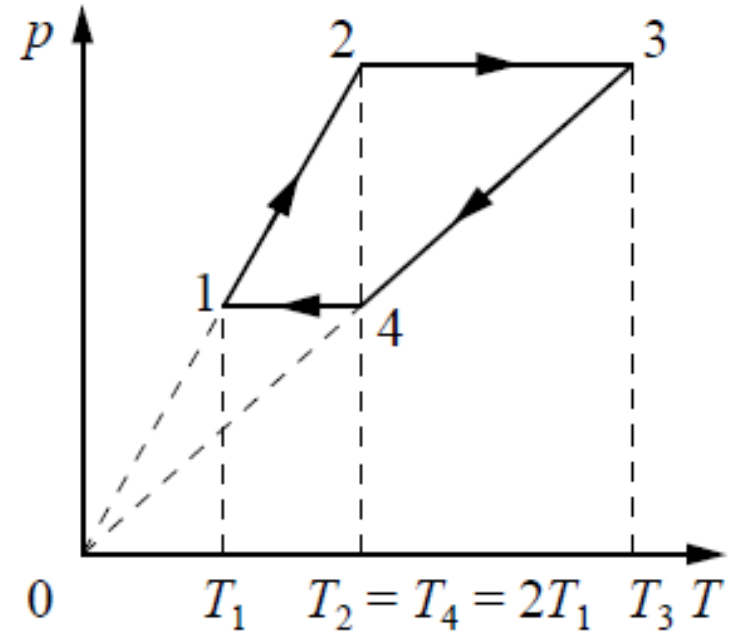
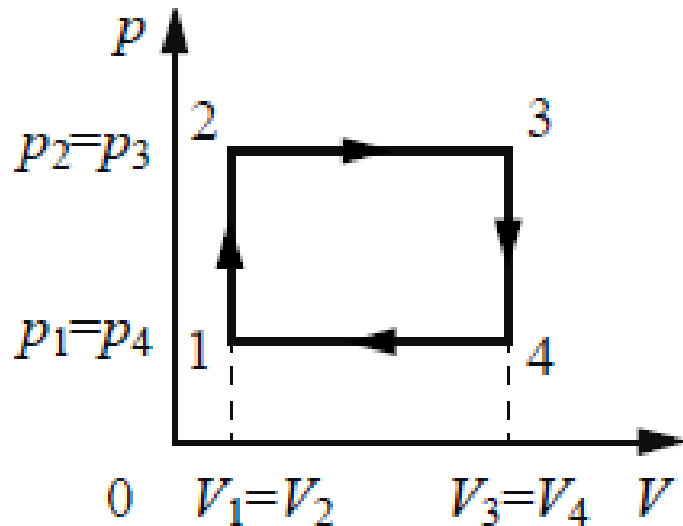
$$N \geq 2,3.$$

Ответ: $N \geq 2,3.$

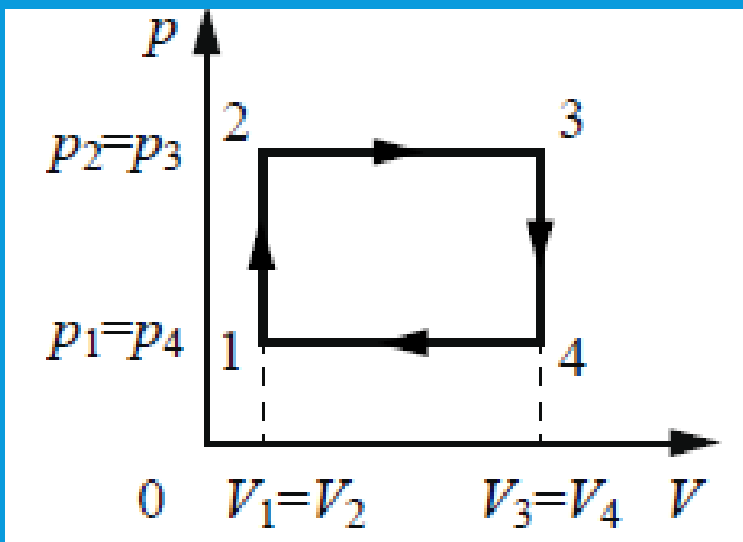
ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 3

В тепловом двигателе 1 моль одноатомного разреженного газа совершает цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах p – T , где p – давление газа, T – абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 2 раза. Определите КПД цикла.



$$\eta = \frac{A}{Q_H}$$



$$A = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1)$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

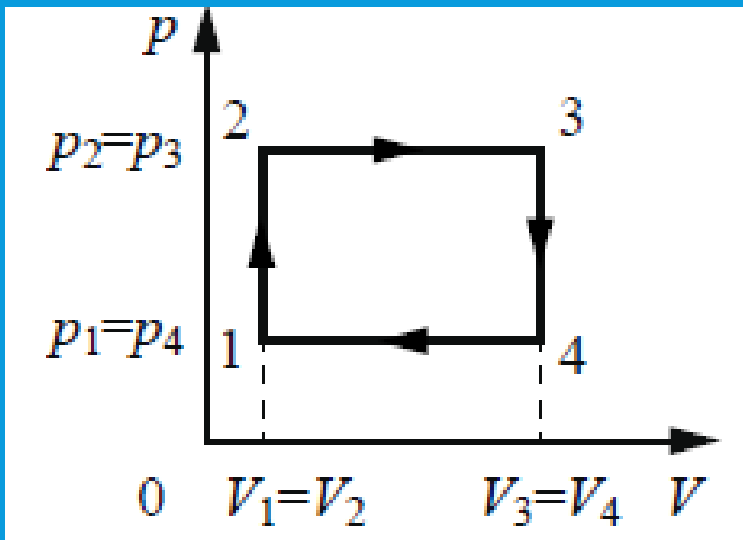
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$$

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{p_1 2T_1}{T_1} = 2p_1$$

$$V_4 = \frac{V_1 T_4}{T_1} = \frac{V_1 2T_1}{T_1} = 2V_1$$

$$A = (2p_1 - p_1)(V_4 - V_1) = p_1(V_4 - V_1)$$

$$A = p_1(2V_1 - V_1) = p_1 V_1$$



$$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) + 2p_1 (V_4 - V_1)$$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$T_3 = \frac{V_3 T_2}{V_2} = \frac{V_4 T_2}{V_1} = \frac{2V_1 2T_1}{V_1} = 4T_1$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) + 2p_1 (2V_1 - V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (2T_1) + 2p_1 V_1 = 3\nu R T_1 + 2p_1 V_1$$

$$Q_{23} = 3p_1 V_1 + 2p_1 V_1 = 5p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{p_1 V_1}{\frac{3}{2} p_1 V_1 + 5 p_1 V_1} = \frac{p_1 V_1}{\frac{13}{2} p_1 V_1} = \frac{2}{13} \approx 0,154 = 15,4\%.$$

- КПД теплового двигателя
- первый закон термодинамики для изохорного и для изобарного процессов
- формула внутренней энергии
- формула работы газа для изобарного процесса
- уравнение Менделеева-Клапейрона

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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>формула КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики для изохорного и изобарного процессов, формула внутренней энергии одноатомного идеального газа, формула работы для изобарного процесса, 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, 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</p>	3

29) $T_2 = T_4 = 2T_1$ 1) $\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$, $Q = \Delta U + A_n$, $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$, $A_n = P \Delta V = \Delta P V$

$\eta = ?$

Q_{12} - изохорный процесс $\Rightarrow A = 0 \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$

Q_{23} - изобарный процесс $\Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + A_{23}$

$A_{23} = P \Delta V_{23}$ $P \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow A_{23} = \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$

Q_{34} - изохорный процесс $\Rightarrow A = 0 \Rightarrow Q_{34} = \Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{34}$

Q_{41} - изобарный процесс $\Rightarrow Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{41} + \nu R \Delta T_{41} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{41}$

$= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{41}$

2) процесс 1-2:

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ (m.k. $V = \text{const}$) $\Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{P_1 \cdot 2T_1}{T_1} = 2P_1$

процесс 3-4:

$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4}$ (m.k. $V = \text{const}$) $\Rightarrow \frac{P_3}{T_3} = \frac{P_4}{T_4} \Rightarrow T_3 = \frac{P_3 T_4}{P_4}$

$P_3 = P_2$ $P_4 = P_1 \Rightarrow T_3 = \frac{2P_1 \cdot 2T_1}{P_1} = 4T_1$

$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 2T_1 - T_1 = T_1$
 $\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = 4T_1 - 2T_1 = 2T_1$
 $\Delta T_{34} = T_3 - T_4 = 4T_1 - 2T_1 = 2T_1$
 $\Delta T_{41} = T_4 - T_1 = 2T_1 - T_1 = T_1$

$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$

$Q_X = Q_{34} + Q_{41} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{34} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{41}$

$Q_H = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R 2T_1 = 6,5 \nu R T_1$

$Q_X = \frac{3}{2} \nu R \cdot 2T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_1 = 5,5 \nu R T_1$

$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = \frac{6,5 \nu R T_1 - 5,5 \nu R T_1}{6,5 \nu R T_1} = \frac{\nu R T_1}{6,5 \nu R T_1} \approx 0,15$

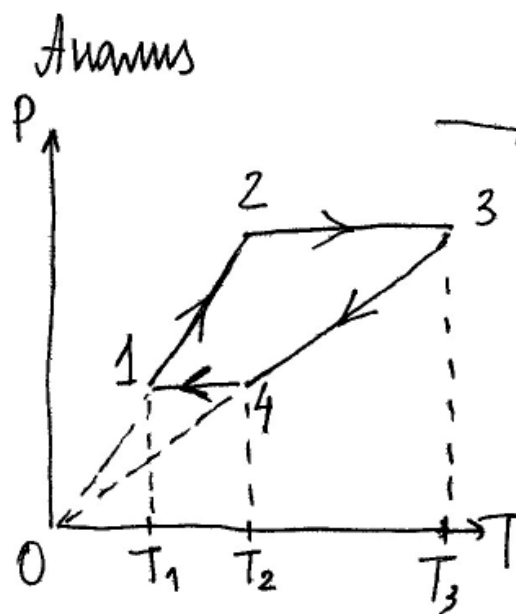
Дано:

$$V = 1 \text{ моль}$$

$$T_2 = T_4$$

$$2T_1 = T_2$$

Найти
 η - ?



~~1) по закону Бугро, что $T_3 = 4T_1$
(Т.к. $23 \parallel 14$; $L_{23} = 2L_{14}$)~~

$$2) \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\%$$

$$3) \eta = \left(1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}\right) \cdot 100\%$$

Q_1 - нагрев; Q_2 - охлаждение

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_2 = Q_{34} + Q_{41}$$

$$4) Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$$

процесс 1-2 - изохорный $\Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$

процесс 2-3 изобарный $\Rightarrow P = \text{const} \Rightarrow Q_{23} = \Delta U + A =$

$$= \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) + P_0 V ; \text{ по уравнению Менделеева - Клапейрона}$$

$$P_0 V = \nu R T_1 \Rightarrow Q_{23} = \frac{3}{2} \cdot 2 \nu R T_1 + 2 \nu R T_1 = 5 \nu R T_1$$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 + 5 \nu R T_1 = \frac{13}{2} \nu R T_1$$

$$5) Q_2 = Q_{34} + Q_{41}$$

процесс 34 — ~~исообъемный~~ ^{исохорный} $\Rightarrow V = \text{const}$ $\Rightarrow Q_{34} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - 4T_1) = -3\nu R T_1$

процесс 1-4 — ~~исобарный~~ ^{исобарный} $\Rightarrow P = \text{const}$ $\Rightarrow Q_{41} = \Delta U + A' =$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 2T_1) + \nu R (T_1 - 2T_1) = -\frac{3}{2} \nu R T_1 - \nu R T_1 = -\frac{5}{2} \nu R T_1$$

$$\Rightarrow Q_2 = -\cancel{3} \nu R T_1 - \frac{5}{2} \nu R T_1 = -\frac{11}{2} \nu R T_1$$

$$\Rightarrow \eta = \left(1 - \frac{|-\frac{11}{2} \nu R T_1|}{|\frac{13}{2} \nu R T_1|} \right) \cdot 100\% = \frac{2}{13} \cdot 100\% \approx 15\%$$

Отберем: 15%

2.2

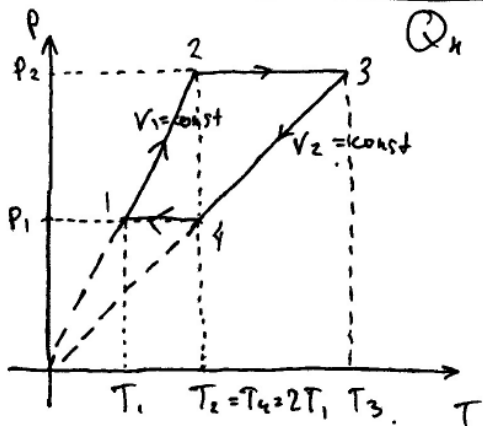
+

2.4

$\nu = 1$ моль | В процессах 1-2 и 3-4 $V = \text{const}$ т.к. ось $T_2 = T_4 = 2T_1$ идет к касательной координат.

$\eta = ?$

$$\eta = \frac{Q_k - |Q_x|}{Q_k} \cdot 100\% \quad Q_k = Q_{12} + Q_{23}$$



$$Q_{12} = \Delta U_{12} \quad \text{т.к.} \quad V_1 = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0.$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1.$$

$$Q_{23} = P_2(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} R(T_3 - 2T_1) = A + \Delta U.$$

$$\left. \begin{array}{l} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_1 V_2 = \nu R 2T_1 \end{array} \right\} \Rightarrow P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R \cdot 2 \cdot T_1}{V_2} \Rightarrow$$

$$Q_k = \frac{3}{2} \nu R T_1 + P_2 \cdot V_1 + \frac{3}{2} \nu R T_3 - 3 \nu R T_1$$

$$Q_k = \frac{3}{2} \nu R T_1 + 2 \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 - 3 \nu R T_1 = \frac{13}{2} \nu R T_1$$

$$Q_x = Q_{34} + Q_{41}$$

$$Q_{34} = \Delta U_{34} \quad \text{т.к.} \quad V_2 = \text{const}.$$

$$Q_{34} = \frac{3}{2} R(T_3 - 2T_1)$$

$$Q_{41} = P_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R T_1.$$

$$Q_x = P_1 V_1 + \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) = 6 T_1 R - 3 \nu R T_1 + \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_1 =$$

$$= \frac{11}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{\frac{13}{2} \nu R T_1 - \frac{11}{2} \nu R T_1}{\frac{13}{2} \nu R T_1} \cdot 100\% = \frac{2}{13} \cdot 100\% \approx 15\%.$$

$$\Rightarrow V_2 = 2V_1.$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1.$$

$$P_1 V_2 = 2 \nu R T_2.$$

$$P_2 V_1 = 2 \nu R T_2.$$

$$\cancel{P_2 V_2 = \nu R T_3.}$$

2.1

+

2.4

№ 9

Дано:

$$T_2 = T_4 = 2T_1$$

Найти КПД - ?

Решение

$$\eta = 1 - \frac{Q_{14}}{Q_{12}} \cdot 100\%$$

$$Q_{14} = Q_{1-2} + Q_{2-3}$$

$$Q_{12} = Q_{3-4} + Q_{4-1}$$

1) Процесс 1-2 Изохорный

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta V_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

Процесс 3-4 Изохорный

$$+Q_{3-4} = -\Delta U_{3-4}$$

$$-\Delta U_{3-4} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

Процесс 2-3 Изобарный

$$Q = A + \Delta U$$

$$A_{2-3} = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{2-3} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

Процесс 4-1 Изобарный

$$Q = -A - \Delta U$$

$$-A_{4-1} = \nu R (T_2 - T_1)$$

$$-A_{4-1} = \nu R T_1$$

$$\Delta U_{4-1} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$2) Q_{in} = \frac{3}{2} \dot{V} R T_1 + \frac{5}{2} \dot{V} R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{out} = \frac{3}{2} \dot{V} R (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} \dot{V} R T_1$$

$$Q_{4-1} = \frac{5}{2} \dot{V} R T_1$$

$$3) \eta = 1 - \frac{\frac{3}{2} \dot{V} R T_1 + \frac{5}{2} \dot{V} R (T_3 - T_2)}{\frac{3}{2} \dot{V} R (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} \dot{V} R T_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{3}{2} T_1 + \frac{5}{2} (T_3 - T_2)}{\frac{3}{2} (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} T_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} T_1 - \frac{3}{2} T_1 - \frac{5}{2} (T_3 - T_2)}{\frac{3}{2} (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} T_1}$$

$$\eta = \frac{T_1 - (T_3 - T_2)}{\frac{3}{2} (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} T_1}$$

$$\eta = \frac{3T_1 - T_3}{\frac{3}{2}T_3 - 3T_1 + 4.5T_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{3T_1 - T_3}{\frac{3}{2}T_3 - \frac{1}{2}T_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{3(T_1 - \frac{1}{3}T_3)}{\frac{1}{2}(T_3 - T_1)} \cdot 100\%$$

$$\text{Orger } \eta = 6 \cdot \frac{(T_1 - \frac{1}{3}T_3)}{(T_3 - T_1)} \cdot 100\%$$

1.2

29.

$V = 1 \text{ моль}$
 $T_2 = 2T_1 = T_4$

$\eta = ?$

1) $\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} \cdot 100\% = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} \cdot 100\%$

2) процесс 1-2: $V = \text{const.} \Rightarrow A = 0$, мога

$$\Delta U_{12} = Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_1) = 1,5 \nu R T_1$$

3) процесс 2-3: $T \uparrow$, $V \uparrow$

$$\Delta U_{23} = Q_{23} - A'_{23}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = 2,5 \nu R (T_3 - T_2)$$

4) $p_3 V_3 = \nu R T_3$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2$

$V_2 = V_4$ т.к. $T_2 = T_4$
 $V_4 - V_2' = 2V_1$

$$p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2}$$

$p_3 = p_2$ (по графику)

$$\frac{\nu R T_2}{V_2} \cdot V_4 = \nu R T_3$$

$$\frac{\nu R T_2 V_4}{V_2} = \nu R T_3$$

$$\frac{\nu R T_2}{V_2} \cdot 2V_1 = \nu R T_3$$

$$\frac{T_2 \cdot 2V_1}{V_2} = T_3$$

$\Rightarrow T_2 = T_3 = 2T_1$

см. на обороте

$$5) Q_{23} = 1,5 \nu R (T_2 - T_2) = 0.$$

$$6) \text{ процесс 3-4: } p \downarrow, T \downarrow, V = \text{const} \Rightarrow A = 0 \Rightarrow -\Delta U_{34} = Q_{34}$$

$$Q_{34} = -\frac{2}{2} \nu R (T_3 - T_4) = -1,5 \nu R \cdot 0 = 0.$$

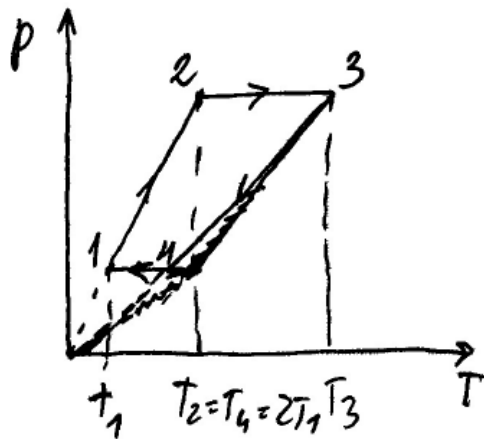
$$7) \text{ процесс 4-1: } T \downarrow, V \downarrow \Rightarrow -\Delta U_{41} = Q_{41} + A_{41}$$

$$Q_{41} = -\Delta U_{41} - A_{41} = -\frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_1) - \nu R (T_4 - T_1) = -2,5 \nu R T_1$$

$$8) \eta = 1 - \frac{|Q_{41}|}{|Q_{21}|} \cdot 100\% = 1 - \frac{1,5 \nu R T_1}{2,5 \nu R T_1} = 1 - 0,6 = 1 - \frac{1,5 \nu R T_1}{2,5 \nu R T_1} \cdot 100\%$$

$$= 40\%$$

Ответ: 40%



Решение: Парал. проекция газа:
~~1-2: $V = \text{const} \Rightarrow Q = \Delta U$, м.к. $A_2 = p \Delta V$, $\Delta V = 0 \Rightarrow A_2 = 0$~~

Решение: 1) По первому началу термодинамики $Q = \Delta U + A_2$.

2) Парал. проекция газа:

$$1-2: V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A_2 = p \Delta V = 0. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1;$$

$$2-3: p = \text{const} \Rightarrow Q = \Delta U + A_2.$$

По уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$. (1)

$$\text{также } A = p \Delta V; U = \frac{3}{2} \nu RT; \Rightarrow A = \frac{2}{3} \nu U; \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2), p = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - 2T_1).$$

$$\text{также } Q_{2-3} = A_2 + \Delta U = \nu R (T_3 - 2T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1).$$

$$3-4: V = \text{const} \Rightarrow Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_3).$$

$$4-1: p = \text{const} \Rightarrow Q = \Delta U + A_2; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_4) = -\frac{3}{2} \nu R T_1.$$

$$Q = -\frac{3}{2} \nu R T_1 - \nu R T_1 = -\frac{5}{2} \nu R T_1.$$

$$1-2: p V = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ (3. Мандел)} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{2T_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{2T_1 \cdot p_1}{T_1} = 2p_1.$$

$$1-2: p = \text{const} \Rightarrow p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{V_1 \cdot 2T_1}{T_1} = 2V_1.$$

$$3-4: V = \text{const} \Rightarrow V_3 = V_4 = 2V_1; \Rightarrow \frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4} \Rightarrow T_3 = \frac{p_3 \cdot T_4}{p_4} \stackrel{p_3 = p_4}{=} 2T_1$$

$$\stackrel{p_3 = 2p_1}{=} \Rightarrow T_3 = \frac{2p_1 \cdot 2T_1}{p_1} = 4T_1.$$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R T_1; \quad Q_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) = 3 \nu R T_1.$$

$$Q_{3-4} = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - 4T_1) = -3 \nu R T_1.$$

$$Q_{4-1} = -\frac{3}{2} \nu R T_1.$$

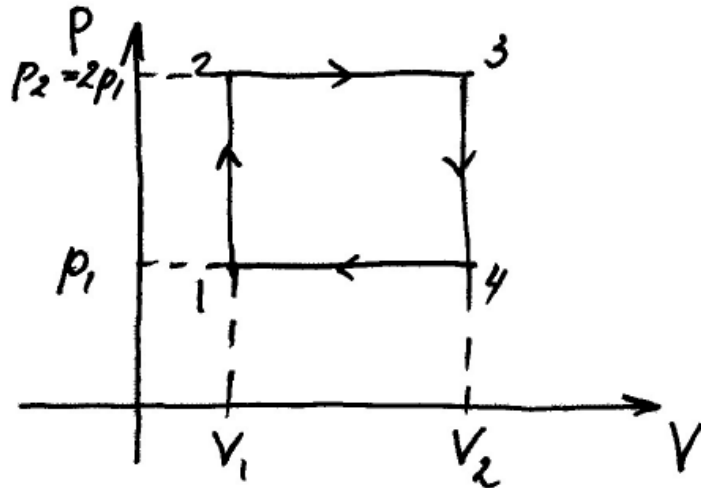
$$Q_n = Q_{1-2} + Q_{2-3} = 3 \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_1 = 4,5 \nu R T_1.$$

$$Q_3 = |Q_{3-4}| + |Q_{4-1}| + Q_n = 3 \nu R T_1.$$

$$\eta = \frac{Q_n}{Q_3} \cdot 100\% = \frac{4,5 \nu R T_1}{3 \nu R T_1} \cdot 100\% = 0,5 \cdot 100\% = 50\%.$$

Answer: 50%.

29. ~~Перерисуйте~~ ~~данной~~ Перерисуйте ~~данной~~ график ~~на~~ график
 * 6 процесс на $P(V)$ плоскости ~~по~~



Рассмотрим процесс 1-2:
 $V = \text{const}$ (изохорный процесс)
 $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{2T_1} \rightarrow P_2 = 2P_1$

Тепло будет передаваться на участке 2-3 и

тепло будет нагреваться на участке 2-3 и охлаждаться на участке 4-1:

$$Q_H = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = P_2(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = P_2(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} P_2(V_2 - V_1) = \frac{5}{2} P_2(V_2 - V_1)$$

$$Q_X = \Delta U_{4-1} - A_{2-4-1} = \frac{3}{2} \nu R(T_4 - T_1) - P_1(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} P_1(V_2 - V_1) - P_1(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_1(V_2 - V_1)$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{0,5 P_1 (V_2 - V_1)}{5 P_1 (V_2 - V_1)} = 0,9$$

Ответ: $\eta = 90\%$

29. Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$T_2 = T_4 = 2T_1$$

$$\eta = ?$$

В состоянии

процессе

нагрев: 1-2, 2-3

охлажд: 3-4, 4-1.

$$\eta = \frac{T_H - T_{Ox}}{T_H} \cdot 100\%$$

КПД за цикл. (Цикл Карно)

В состоянии 1-2 ($V = \text{const}$) изохорный процесс $P \uparrow, T \uparrow$
процесс нагревания.

В состоянии 2-3 ($p = \text{const}$) изобарный процесс $T \uparrow, V \uparrow$
процесс нагревания.

В состоянии 3-4 ($V = \text{const}$) изохорный процесс $T \downarrow, P \downarrow$
процесс охлаждения.

В состоянии 4-1 ($p = \text{const}$) изобарный процесс $V \downarrow, T \downarrow$
процесс охлаждения.

$$\text{процесс: } 1-2 : \Delta T_H = 2T_1 - T_1 = T_1$$

$$2-3 : \Delta T_H = T_3 - 2T_1$$

$$\text{процесс: } 3-4 : \Delta T_{Ox} = T_4 - T_3 = 2T_1 - T_3$$

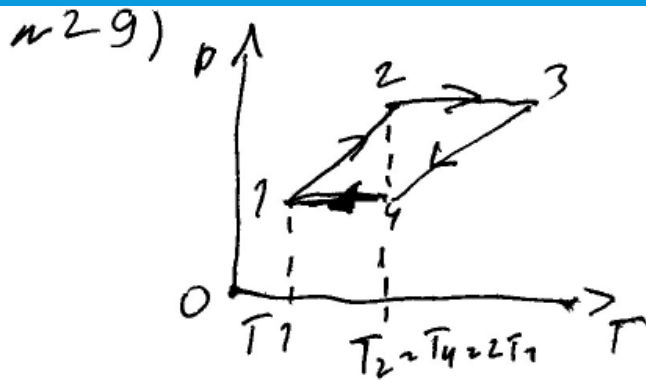
$$4-1 : \Delta T_{Ox} = T_1 - 2T_1 = -T_1$$

$$T_H = T_1 + T_3 - 2T_1 = T_3 - T_1$$

$$T_{Ox} = 2T_1 - T_3 - T_1 = T_1 - T_3$$

$$\eta = \frac{(T_3 - T_1) - (T_1 - T_3)}{T_3 - T_1} \cdot 100\% = \frac{T_3 - T_1 - T_1 + T_3}{T_3 - T_1} = \frac{2T_3 - 2T_1}{T_3 - T_1} \cdot 100\%$$

Ответ:
$$\eta = \frac{2T_3 - 2T_1}{T_3 - T_1} \cdot 100\%$$



$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \cdot 100\% = \frac{2 - 1}{2} = \frac{1}{2} \cdot 100\% = 50\%$$

Answer: $\eta = 50\%$

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 4

Сосуд объёмом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре 27 °С и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси?

$$p_{\text{В}}V = \frac{m_{\text{В}}RT}{\mu_{\text{В}}}$$

$$P = p_{\text{В}} + p_{\text{Г}}$$

$$p_{\text{Г}}V = \frac{m_{\text{Г}}RT}{\mu_{\text{Г}}}$$

$$m = m_{\text{В}} + m_{\text{Г}}$$

$$\frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} = \frac{\frac{pV}{RT} \cdot \frac{m}{\mu_{\text{He}}}}{\frac{m}{\mu_{\text{H}_2}} \cdot \frac{pV}{RT}} = \frac{\frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}}}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300}} \approx 1,5.$$

- *уравнение Клапейрона – Менделеева*
- *закон Дальтона*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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>уравнение Клапейрона – Менделеева и закон Дальтона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</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</p>	3

30.

$$V = 0,01 \text{ м}^3$$

$$m = 9002 \text{ кг.}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ К}$$

$$P = 200 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

$$\frac{m_H}{m_{He}} = ?$$

Согласно уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M} R.$$

$$M = m_H + m_{He}$$

$$m_1 = m_H$$

$$m_2 = m_{He}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{m_1}{M_1} R$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{m_2}{M_2} R.$$

$$V_1 = V_2 \quad T_1 = T_2.$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{P_2 V_2} = \frac{m_1}{M_1} R \cdot \frac{M_2}{m_2 R}.$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1 M_2}{m_2 M_1}.$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1 M_1}{P_2 M_2}$$

30. Дано:

$$V = 10 \text{ л}$$

$$m_1 + m_2 = 2 \text{ г}$$

$$t = 27^\circ \text{C}$$

$$p = 200 \text{ кПа}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = ?$$

Решение:

Найдём $\nu_{\text{смеси}}$ из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu_{\text{см}} \cdot RT$$

$$\nu_{\text{см}} = \frac{pV}{RT} \quad \nu_{\text{см}} = \nu_1 + \nu_2 = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}$$

$$m_2 = 0,002 - m_1$$

$$\nu_{\text{смеси}} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{300 \cdot 8,31} = \frac{2000}{2493}$$

$$\frac{2000}{2493} = \frac{0,002 - m_1}{4 \cdot 10^{-3}} + \frac{m_1}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{2000}{2493} = \frac{0,002 - m_1 + 2m_1}{4 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{8000 \cdot 10^{-3}}{2493} = m_1 + 0,002$$

$$0,311 = m_1 + 0,002$$

$$m_1 = 0,00311 - 0,002 = 3,11 - 2 =$$

$$= 1,112, \text{ тогда } m_2 = 0,892$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1,11}{0,89} \approx 1,24$$

Ответ: $\approx 1,24$.

№ 30

$$V_0 = 10 \text{ м}^3 = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$p_0 = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$m = 2 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ К}$$

$$\frac{m_H}{m_{He}} = ?$$

m_H - масса водорода

m_{He} - масса гелия.

$M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ - молярная масса водорода

$M_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ - молярная масса гелия

$$M_2 = 2M_1$$

По закону Паскаля

$$p_0 = p_1 + p_2$$

где

p_1 - давление водорода
 p_2 - давление гелия

(p_0 - общее давление)

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$1) p_1 V_0 = \nu_1 RT$$

$$2) p_2 V_0 = \nu_2 RT$$

ν_1 - количество молей водорода

ν_2 - количество молей гелия

Сложим первое и второе уравнения

Тогда

$$(p_1 + p_2) V_0 = (\nu_1 + \nu_2) RT$$

$$p_0 V_0 = (\nu_1 + \nu_2) RT \quad \left(\nu = \frac{m}{M} \right)$$

$$m = m_H + m_{He} \quad m_{He} = m - m_H$$

$$y_1 = \frac{m_H}{M_1} \quad y_2 = \frac{m_{He}}{M_2} = \frac{m - m_H}{2M_1}$$

$$p_0 V_0 = \left(\frac{m_H}{M_1} + \frac{m - m_H}{2M_1} \right) RT$$

$$\frac{p_0 V_0}{RT} \cdot M_1 = m_H + \frac{m - m_H}{2}$$

$$\frac{p_0 V_0}{RT} \cdot M_1 = \frac{m_H}{2} + \frac{m}{2}$$

$$\frac{2p_0 V_0}{RT} \cdot M_1 = m_H + m$$

$$m_H = \frac{2p_0 V_0}{RT} \cdot M_1 - m$$

$$m_H = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8,31 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx$$

$$\approx 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1,2 \text{ г}$$

$$m_{He} = m - m_H = 22 - 1,2 \text{ г} = 20,8 \text{ г}$$

$$\frac{m_H}{m_{He}} = \frac{1,2 \text{ г}}{20,8 \text{ г}} = 1,5$$

Ответ: $\frac{m_H}{m_{He}} = 1,5$

R - универсальная
газовая постоянная

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$N_{30} \quad V = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$$

$$m(\text{H} + \text{He}) = 22 = 0,0022 \text{ т}$$

$$T = 22^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$p = 200 \text{ кПа} = 200000 \text{ Па}$$

$$\frac{m(\text{H})}{m(\text{He})} = ?$$

$$1) \quad pV = \frac{(m_{\text{ос}} - m(\text{He}))}{M(\text{H})} \cdot p \cdot T \Rightarrow \bar{V} = \frac{m_{\text{ос}} - m(\text{He})}{m(\text{H})}$$

$$2) \quad pV = \frac{(m_{\text{ос}} - m(\text{H}))}{M(\text{He})} \cdot R \cdot T \Rightarrow \bar{V} = \frac{M_{\text{ос}} - m(\text{H})}{M(\text{He})}$$

~~$$\text{Объём: } pV = \frac{m(\text{H} + \text{He})}{M(\text{H} + \text{He})} \cdot R \cdot T$$~~

~~$$200000 \cdot 0,01 = \frac{0,022}{0,002 + 0,004} \cdot R \cdot T$$~~

~~$$2000 = \frac{0,002}{0,006} \cdot 8,31 \cdot 300$$~~

~~$$2000 = 0,34 \cdot 8,31 \cdot 300$$~~

$$pV = \bar{V} R \cdot T$$

$$200000 \cdot 0,01 = \bar{V} \cdot 8,31 \cdot 300$$

$$2000 = \bar{V} \cdot 2493$$

$$\bar{V} = 0,802$$

$$1) \quad \bar{V}_1 = \frac{m_{\text{ос}} - m(\text{He})}{M(\text{H})} = 0,802$$

$$\frac{0,022 - m(\text{He})}{0,002} = 0,802$$

$$0,022 - m(\text{He}) = 0,0016$$

$$m(\text{He}) = 0,022 - 0,0016$$

$$m(\text{He}) = 0,0004$$

$$m(\text{H}) = 0,022 - 0,0004 = 0,0016$$

$$\frac{m(\text{H})}{m(\text{He})} = \frac{0,0016}{0,0004} = 4$$

Ответ: 4

\bar{V} = кол-во вещества;

$$m_{\text{ос}} = m(\text{H} + \text{He})$$

$m(\text{H})$ = масса водорода

$m(\text{He})$ = масса гелия

$M(\text{He})$ = молярная масса гелия

$M(\text{H})$ = молярная масса водорода

R = универсальная газовая постоянная.

30 Dano:

$$V = 10 \mu$$

$$m = 22 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$p = 200 \text{ kPa}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = ?$$

Решение:

$$p_1 V_1 = \nu_1 RT$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 RT$$

$$R = \text{const}$$

$$p_1 = p_2 = 200 \text{ kPa} \Rightarrow V_1 = V_2 \quad \text{но}$$

$$V_1 = V_2 = 10 \mu$$

$$M_1 < M_2 \quad \text{и нормировка} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0,5 \quad \text{Ответ: } \frac{m_1}{m_2} = 0,5$$

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 5

В сосуде лежит кусок льда. Температура льда $t_1 = 0$ °С. Если сообщить ему количество теплоты $Q = 50$ кДж, то $3/4$ льда растает. Какое количество теплоты q надо после этого сообщить содержимому сосуда дополнительно, чтобы весь лёд растаял и образовавшаяся вода нагрелась до температуры $t_2 = 20$ °С? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

$$Q = \lambda \frac{3}{4} m$$

$$m = \frac{4Q}{3\lambda}$$

$$Q + q = \lambda m + cm(t_2 - t_1)$$

$$Q + q = m(\lambda + c(t_2 - t_1))$$

$$q = \frac{4Q}{3\lambda} (\lambda + c(t_2 - t_1)) - Q = \frac{4Q}{3} + \frac{4Q}{3\lambda} c(t_2 - t_1) - Q$$

$$q = \frac{Q}{3} + \frac{4Q}{3\lambda} c(t_2 - t_1)$$

$$q = \frac{Q}{3} \left[1 + \frac{4c}{\lambda} (t_2 - t_1) \right] = \frac{50 \cdot 10^3}{3} \cdot \left[1 + \frac{4 \cdot 4200}{3,3 \cdot 10^5} \cdot (20 - 0) \right] \approx 33,6 \text{ кДж.}$$

- *количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела*
- *количество теплоты, необходимое для перехода тела из одного агрегатного состояния в другое*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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>количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела и для перехода тела из одного агрегатного состояния в другое</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</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

30) Dano:

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$Q = 50 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{4}$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C}$$

Найти:

q

Решение

$$Q = m_1 L \quad V_2 = \frac{V_1}{4} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{4}$$

$$m_1 = \frac{Q}{L} = \frac{5 \cdot 10^4 \text{ Дж}}{33 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 0,15 \text{ кг}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 20^\circ\text{C} \quad \Delta T = \Delta t + 273 \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$m_2 = \frac{m_1}{4} = \frac{0,15 \text{ кг}}{4} = 0,0375 \quad q = q_1 + q_2$$

$$q_1 = 0,0375 \cdot 3,3 \cdot 10^5 = 12375 \text{ Дж}$$

$$q_2 = m c \Delta T = 0,15 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 293 = 184590 \text{ Дж}$$

$$q = 196965 \text{ Дж} \quad \text{Ответ: } 196965 \text{ Дж}$$

30) Обозначим массу льда как m . Также введём символы:

$$c_{\text{лн}} = 3.3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} \quad (\text{удельная теплота плавления льда})$$

$$c_{\text{в}} = 4.2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad (\text{удельная теплоёмкость воды})$$

Чтобы расплавить $\frac{3}{4} m$ льда нужно $Q = 50 \text{ кДж}$ теплоты, значит:

$$Q = \frac{3}{4} m \cdot c_{\text{лн}} \Rightarrow m = \frac{4Q}{3 \cdot c_{\text{лн}}}$$

Чтобы расплавить оставшийся лёд нужно $q_1 = \frac{1}{4} m \cdot c_{\text{лн}}$ энергии.

Чтобы согреть всю массу полученной воды нужно $q_2 = m \cdot c_{\text{в}} \cdot 20$ на 20°C

$$\text{Общая необходимая энергия: } q = q_1 + q_2 = \frac{1}{4} m \cdot c_{\text{лн}} + 20 m c_{\text{в}}$$
$$= \frac{1}{4} m (c_{\text{лн}} + 80 c_{\text{в}})$$

$$\text{Подставим } m = \frac{4Q}{3 \cdot c_{\text{лн}}} \text{ и получим } q = \frac{Q}{3 \cdot c_{\text{лн}}} (c_{\text{лн}} + 80 c_{\text{в}}) =$$

$$= \frac{Q}{3} + \frac{80 c_{\text{в}} \cdot Q}{3 \cdot c_{\text{лн}}} \approx 33\,636,3 \text{ Дж}$$

Ответ: $q = 33\,636,3 \text{ Дж}$

30. Дано:

$$t_1 = 0^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 20^\circ \text{C}$$

$$Q_1 = 50 \text{ кДж}$$

$$m_b = 0,75 \text{ тл}$$

$q = ?$

СИ

$$50000 \text{ Дж}$$

Решение:

При сообщении льду $Q_1 = 50 \text{ кДж}$
на $\frac{3}{4}$ льда тает. Запишем
уравнение количества теплоты
при плавлении:

$Q = \lambda m$, где λ - удельная
теплота плавления, m - масса

вещества. В данном случае $Q_1 = \lambda \cdot \frac{3}{4} m$. Отсюда
найдем массу льда:

$$m = \frac{4 Q_1}{3 \lambda} \quad (1)$$

Для преобразования всего льда в воду температу-
рой $t_2 = 20^\circ \text{C}$ необходимо передать телу кол-во теплоты:

$Q_{\text{общ}} = \lambda m + c_b m \Delta t \quad (2)$ где $Q_{\text{общ}}$ - необх. кол-во теплоты,
 m - масса льда, c_b - уд. теплоемкость воды, $\Delta t = (t_2 - t_1)$.

Необходимое для превращения оставшегося льда в
воду и ее нагрева кол-во теплоты можно найти:

$$q = Q_{\text{общ}} - Q_1 \quad (3)$$

Объединим уравнения (1), (2), (3):

$$q = \lambda \cdot \frac{4 Q_1}{3 \lambda} + c_b \Delta t \cdot \frac{4 Q_1}{3 \lambda} - Q_1$$

Подставим значения и вычислим:

$$q = \frac{4 \cdot 50000}{3} + \frac{4200 \cdot (20 - 0) \cdot 50000 \cdot 4}{3 \cdot 3,3 \cdot 10^5} - 50000 \approx 67000 + 17000 - 50000 \approx$$

$$\approx 34000 \text{ Дж} = 34 \text{ кДж}$$

30) Dano

$$Q = 50 \cdot 10^3 \text{ Dmc}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Dmc}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Dmc}}{\text{kg}}$$

$$t_1 = 0^\circ \text{C}$$

$$m_2 = \frac{3}{4} m_1$$

$$t_2 = 20^\circ \text{C}$$

$q = ?$

$$q = \lambda m_1 + c m_1 (t_2 - t_1) \quad (1) \quad c - \text{yqulibitil melumotli-koemis bogisi}$$

$$Q = \lambda m_2 \quad m_2 = \frac{Q}{\lambda} = \frac{3}{4} m_1$$

$$m_1 = \frac{4Q}{3\lambda} \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1) \quad q = \frac{4\lambda Q}{3\lambda} + \frac{4cQ(t_2 - t_1)}{3\lambda} = \frac{4Q}{3} + \frac{4cQ(t_2 - t_1)}{3\lambda}$$

$$q = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^3 \text{ Dmc}}{3} + \frac{4 \cdot 4200 \frac{\text{Dmc}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 50 \cdot 10^3 \text{ Dmc} \cdot 20^\circ \text{C}}{3 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Dmc}}{\text{kg}}} = 83636,37 \text{ Dmc}$$

№ 3 @ Температуре.

дано: лед в сосуде.

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C}$$

если сообщены $Q = 50 \text{ кДж}$
по Q лед растает.

Найти

$q = ?$

1) для того чтобы лед растаял полностью необходимо ему передать теплоту $Q = 50.000 \text{ Дж} : \frac{3}{4} \approx 66,6 \text{ кДж}$ (для полного перехода).

2) $66,6 \cdot 0,25 = 16,65 \text{ кДж}$ надо сообщить леду до начала таяния для плавления льда $Q = 50 \text{ кДж}$ на поверхности кристаллической решетки

3) чтобы изменить $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ необходимо передать жидкости равное 20 кДж тепло ледотопки равное 20 раз по $Q =$ на поверхности кристаллической решетки \Rightarrow

$$66,6 \text{ кДж} \cdot 20 = 1332 \text{ кДж} \text{ на изменение } t = 20^\circ$$

1) ледная необходимая энергия $q = 1332 \text{ кДж} + 16,65 \text{ кДж} = 1348,65 \text{ кДж} \approx 1350 \text{ кДж}$

~~$1350 \text{ кДж} = 1$~~

Ответ: 1350 кДж

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 6

В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью $\varphi = 40\%$. Объём воздуха изотермически уменьшили в 5 раз. Какая часть α водяных паров сконденсировалась после сжатия?

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_H}$$

$$p_1 = \varphi_1 p_H$$

$$p_1 V = \frac{m_1 RT}{\mu}$$

$$m_1 = \frac{p_1 V \mu}{RT} = \frac{\varphi_1 p_H V \mu}{RT}$$

$$p_2 \frac{V}{5} = \frac{m_2 RT}{\mu}$$

$$m_2 = \frac{p_2 V \mu}{5RT} = \frac{p_H V \mu}{5RT}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{p_H V \mu RT}{5RT \varphi_1 p_H V \mu}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{5\varphi_1} = \frac{1}{5 \cdot 0,4} = 0,5$$

- *определение относительной влажности*
- *Уравнение Клапейрона – Менделеев*
- *независимость давления насыщенного пара от объёма при неизменной температуре*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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>определение относительной влажности и уравнение Клапейрона – Менделеева, независимость давления насыщенного пара от объёма при неизменной температуре</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</p>	3

30

$$\varphi = 40\% = 0,4$$

$$V_1 = 5V_2$$

 $\alpha = ?$

Т.к. при изотермическом сжатии $T = \text{const}$, то уравнение состояния идеального газа примет вид

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ найдем отсюда } p_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p_1 \cdot 5V_2}{V_2} = 5 \cdot p_1$$

В 5 раз увеличили к относительной влажности.

$$\varphi_1 = 0,4 \quad \varphi_1 = \frac{p_{\text{ом}}}{p_{\text{ад}}}$$

где $p_{\text{ом}} < p_1$: Найдем теперь влажность при p_2

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{ад}}}$$

Если $p_{\text{ад}} = 10^5 \text{ Па}$ (атмосфер.)
 Если $p_{\text{ад}} = \frac{p_1}{\varphi_1}$

$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 p_2}{p_1} = \frac{\varphi_1 \cdot 5 p_1}{p_1} = 0,4 \cdot 5 = 2$. Следовательно влажность, равна 200%, т.е. можно сказать что после сжатия конденсировалась половина пара (т.е. максимальная $\varphi = 100\%$)

$$\alpha = 0,5$$

Ответ: $\alpha = 0,5 = 50\%$

Дано:

$$\varphi = 40\%$$

$$V_1 = V$$

$$V_2 = \frac{V}{5}$$

Найти:

$$\alpha = ?$$

Решение:

- 1) При изотермическом процессе действует закон Бойля-Мариотта

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = 5P_1$$

- 2) Относительная влажность:

$$\varphi = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

$$P_{\text{нас}} = (1 - \alpha) P_2$$

$$P_{\text{пар}} = P_{21}$$

$$3) \varphi = \frac{P_1}{(1 - \alpha) 5P_1}; \quad 5\varphi - \alpha\varphi 5 = 1 \Rightarrow 2\alpha = 1; \quad \alpha = 0,5.$$

Ответ: 0,5 либо 50% водяных паров сконденсировалось.

Дано: $\varphi_0 = 40\%$;
 $V_1 = V$;
 $V_2 = \frac{1}{5}V$;
 $T = \text{const}$
 $d = ?$

Задача:
 1) изначально при сжатии воздуха повышается относительная влажность, но пар не конденсируется.
 Это происходит до того момента, когда $\varphi = 100\%$ и φ относительная влажность не стала равной 100%.

$$\varphi = \frac{P_n}{P_{\text{нас.}}} \quad \text{т.к. температура не меняется, то } P_{\text{нас.}} = \text{const.}$$

Пар не начал конденсироваться

$$P_n \sim \frac{1}{V}$$

$\varphi = 100\%$ тогда, когда вода удерживается в 2,5 раза.

$$\varphi = \frac{P_n \cdot 2,5}{P_{\text{нас.}}} = 40\% \quad \varphi_0 \cdot 2,5 = 40\% \cdot 2,5 = 100\%$$

2) При дальнейшем сжатии $P_n = \text{const}$, пар конденсируется

объем уменьшается еще в 2 раза ($2,5 \cdot 2 = 5$)

Закон Гей-Люссака - Менделеева

$$P_n V = \frac{m}{\mu} RT$$

$$T = \text{const}; P_n = \text{const} \Rightarrow m \sim V$$

При уменьшении объема в 2 раза, масса пара в 2 раза

$$m = \frac{1}{2} m_0$$

$$3) d = \frac{m_0 - m}{m_0}$$

$$d = \frac{m_0 - \frac{1}{2} m_0}{m_0} = \frac{1}{2}$$

ответ: ($d = \frac{1}{2}$) $d = 0,5$.

$$\frac{V_1 = 5 V_2}{L = ?}$$

1) Относительная влажность φ равна $\varphi = \frac{P_n}{P_H} \cdot 100\%$, где P_n — парциальное давление газа, а P_H — давление насыщенного газа.

Из данной формулы получим давление насыщенного газа $P_{H1} = \frac{P_n \cdot 100\%}{\varphi} = \frac{P_1 \cdot 100\%}{40\%} = 2,5 P_1$ (1)

2) Утверю, что процесс изотермический, следовательно $P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{const}$. Отсюда выразим $P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{5 P_1 V_2}{V_2} = 5 P_1$ (2)

3) Найдем относительную влажность φ' после изотермического сжатия $\varphi' = \frac{P_n}{P_H} \cdot 100\%$, где этого подставим формулы

1 и 2:

$\varphi = \frac{5 P_1}{2,5 P_1} \cdot 100\% = 200\%$, данная относительная влажность в 2 раза больше допустимой, следовательно конденсировалось ровно половина воздуха перед $L = \frac{1}{2}$.

Ответ: $L = \frac{1}{2}$

Смотри на обороте

Дано:

$\varphi = 40\%$

$V_1 = V$

$V_2 = \frac{V}{5}$

$d_2 = ?$

Решение:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\% ; \quad \varphi = \frac{d_1 \cdot \rho}{d_2 \cdot \rho_0} \cdot 100\%$$

Изотермический процесс $T = \text{const}$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\varphi = \frac{d_1 \cdot p_1 V_1}{d_2 \cdot p_2 V_2} = \frac{d_1 \cdot p \cdot V}{d_2 \cdot p \cdot \frac{V}{5}} = d_1 \cdot V : d_2 \cdot \frac{V}{5} = d_1 \cdot 5 \cdot \frac{V}{d_2 \cdot V} = \frac{5 d_1}{d_2}$$

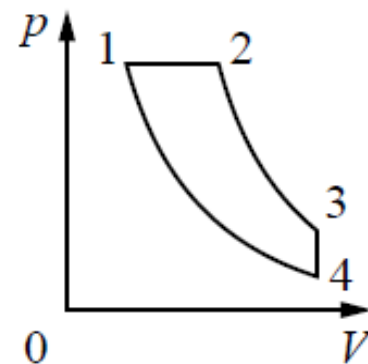
$$\varphi = \frac{5 d_1}{d_2} , \quad d_2 = \frac{5 d_1}{\varphi} = \frac{5}{0,4} = 12,5$$

Ответ: После снятия стенок шара осталось 12,5 барельежных шаров.

ЗАДАЧА №30

ПРИМЕР - 7

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37$ °C и $t_{\max} = 302$ °C, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$.

По определению КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$, что позволяет найти теплоту, полученную от нагревателя: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$, если известно Q_{34} .

Количество теплоты Q_{34} , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа

$$U = \frac{3}{2}RT,$$

а модуль её изменения на участке 3–4

$$|\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R(T_3 - T_4) = \frac{3}{2}R(t_3 - t_4).$$

В итоге получим:

$$Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1-\eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\max} - t_{\min})}{1-\eta},$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 3886 \text{ Дж}$

- *КПД теплового двигателя,*
- *первый закон термодинамики*
- *выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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>КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики и выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа</i>);</p>	3
<p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</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>	

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Исакова Наталья Петровна,
e-mail: vasvas25@mail.ru