

637 p – давление пузырька, V – его объем, $p = p_{\text{ист.}} - p_{\text{ложн.}}$.
Из конструкции барометра следует $\Delta V \sim \Delta p_{\text{ложн.}} = -\alpha \Delta p_{\text{ложн.}}$.

$$pV = \frac{m}{n} RT = \text{const} = A; \quad V_1 = \frac{A}{p_1}; \quad V_2 = \frac{A}{p_2};$$

$$V_1 - V_2 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л1}});$$

$$A \left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right) = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л1}}); \quad A \left(\frac{1}{755 - 748} - \frac{1}{740 - 736} \right) = \alpha(736 - 748);$$

$$\frac{A}{\alpha} = \frac{12}{3/28} = 112; \quad p_3 = p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}} = \frac{A}{V_3}; \quad \frac{1}{p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}}} = \frac{V_3}{A};$$

$$V_3 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + V_2 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + \frac{A}{p_2};$$

$$\frac{1}{p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}}} = \frac{\alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + \frac{A}{p_2}}{A} = \frac{\alpha}{A}(p_{\text{л2}} + p_{\text{л3}}) + \frac{1}{p_2};$$

$$p_2 = p_{\text{и2}} - p_{\text{л2}} = 740 - 736 = 4; \quad \frac{\alpha}{A} = \frac{1}{112};$$

$$p_{\text{и3}} = 760, \quad p_{\text{л3}} = ?$$

$$\frac{1}{760 - p_{\text{л3}}} = \frac{1}{112}(736 - p_{\text{л3}}) + \frac{1}{4};$$

$$112 = 736 \cdot 760 - (736 + 760)p_{\text{л3}} + p_{\text{л3}}^2 + p_{\text{л3}}^2 + 28760 - 28p_{\text{л3}}$$

$$p_{\text{л3}}^2 - 1524p_{\text{л3}} + 580528 = 0$$

$$p_{\text{л31}} = 772,8 \quad p_{\text{л32}} = 751,25 \text{ но } p_{\text{л3}} < 760 \Rightarrow p_{\text{л3}} = 751,25 \text{ мм рт.ст.}$$

638 Объем воздуха уменьшается на ΔV , тогда ртути можно долить $\Delta V + 2V$; ΔV – займет место воздуха и $2V$ кол-во ртути заливающее вторую трубку доверху.

$$\Delta p = \rho gh; \quad h = \frac{2V}{2S}; \quad \Delta p = \rho \frac{Vg}{S} = \frac{13600 \cdot 10^{-5} \cdot 9,8}{10^{-4}} = 13600 \text{ Па}; \quad pV = \text{const}$$

$$(p + \Delta p)(N - \Delta V) = pV; \quad \Delta V = V - \frac{pV}{p + \Delta p};$$

$$\Delta V + 2V = 3V - \frac{pV}{p + \Delta p} = 3 \cdot 10^{-5} - \frac{10^5 \cdot 10^{-5}}{10^5 + 13600} = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$m = pV = 13600 \cdot 2,12 \cdot 10^{-5} = 0,288 \text{ кг.}$$

$$\mathbf{639} \quad V_1 = 5000 \text{ л} = 5 \text{ м}^3; \quad V_2 = 200 \text{ л} = 0,2 \text{ м}^3; \quad h = 100 \text{ м}; \quad p_0 = 10^5 \text{ Па}; \quad p - ?$$

$$(p_0 + \rho gh)(V_1 + V_2) = pV_2;$$

$$p = (p_0 + \rho gh) \frac{V_1 + V_2}{V_2} = 26 \cdot (0,1 \text{ МПа} + 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 10^2 \text{ м}) =$$

$$= 2,6 \cdot 1,1 \text{ МПа} = 28,6 \text{ МПа.}$$

640 $l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$; $r = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$; $\Delta l = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$; $E_{\text{тр}}$ - ?

Т.к. температура постоянна $p_0 \cdot \pi r^2 l = p \pi r^2 (l - \Delta l)$; $p = p_0 \frac{l}{l - \Delta l}$;

$$F_{\text{ТР}} = pS = p_0 \frac{l}{l - \Delta l} \pi r^2 = 10^5 \text{ Па} \frac{25 \text{ см}}{25 \text{ см} - 8 \text{ см}} \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 46 \text{ Н}.$$

641 а) Трубка стоит вертикально открытым концом вверх.

$$p_0 + \rho g l = p;$$

$$p_0 = \frac{l}{2} S = p \left(\frac{l}{2} + \Delta l \right) S; \quad p_0 \frac{l}{2} = (p + \rho g l) \left(\frac{l}{2} + \Delta l \right);$$

$$p_0 \frac{l}{2} = p \frac{l}{2} (p_0 + \rho g l) \Delta l + \rho g \frac{l^2}{2}; \quad \Delta l = - \frac{\rho g l^2}{2(p_0 + \rho g l)}.$$

б) Трубка стоит вертикально открытым концом вниз.

$$p + \rho g l = p_0; \quad p_0 \frac{l}{2} S = p \left(\frac{l}{2} + \Delta l \right) S; \quad p_0 \frac{l}{2} = (p_0 - \rho g l) \left(\frac{l}{2} + \Delta l \right);$$

$$p_0 \frac{l}{2} = p_0 \frac{l}{2} + \Delta l (p_0 - \rho g l) - \rho g \frac{l^2}{2}; \quad \Delta l = - \frac{\rho g l^2}{2(p_0 - \rho g l)}.$$

в) Трубка вращается вокруг своего открытого конца с частотой

$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad p_0 \frac{l}{2} S = p \left(\frac{l}{2} - \Delta l \right) S; \quad p = p_0 \frac{l^2}{l - 2\Delta l}; \quad (p - p_0) S = F;$$

$$F = \int_{\frac{l}{2} + \Delta l}^{\frac{3}{2}l + \Delta l} \rho \omega^2 r S dr = \omega^2 \rho S \frac{x^2}{2} \Big|_{\frac{l}{2} + \Delta l}^{\frac{3}{2}l + \Delta l} = \frac{1}{2} \omega^2 \rho l S (2l + 2\Delta l) = \rho g S (l + \Delta l);$$

$$p - p_0 = p_0 \frac{2\Delta l}{l - 2\Delta l} = \rho g (l + \Delta l);$$

Отсюда получаем квадратное уравнение:

$$2\Delta l^2 + \left(l + \frac{2p_0}{\rho g} \right) \Delta l - l^2 = 0.$$

Его решение относительно Δl и будет ответом. Т.к. кроме некоторых частных случаев имеется 2 корня, то физически реальным будет решение, подходящее под условие

$$0 \leq \Delta l \leq \frac{l}{2}.$$

г) Трубка вращается вокруг своего открытого конца.

$$p_0 \frac{l}{2} S = p \left(\frac{l}{2} + \Delta l \right); \quad p = p_0 \frac{l^2}{l + 2\Delta l};$$

$(p - p_0) = \frac{F}{S}$; где формула для F получена в пункте в).

$$F = \rho g S(l + \Delta l); \quad p - p_0 = p_0 \frac{2\Delta l}{l + 2\Delta l} = \rho g(l + \Delta l);$$

$$\frac{2p_0}{\rho g} \Delta l = l_2 + 2\Delta l = l_2 + 2\Delta l + 3l\Delta l; \quad 2\Delta l_2 + (3l - \frac{2p_0}{\rho g})\Delta l + l_2 = 0;$$

Его решение, удовлетворяющее условию $0 \leq \Delta l \leq \frac{l}{2}$, и будет решением задачи.

642 $T_1 = 0^\circ \text{C} = 273 \text{K}$; $T_2 = -20^\circ \text{C} = 253 \text{K}$; $\Delta T = 100^\circ \text{C}$.

Будем считать, что объем обоих сосудов при перемещении столбика ртути меняется мало, т.е. процесс изохорический.

$$\frac{p}{T_1} = \frac{p_1}{T_1 + \Delta T}; \quad p_1 = p \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} = p \left(1 + \frac{\Delta T}{T_1} \right);$$

$$\frac{p}{T_2} = \frac{p_2}{T_2 + \Delta T_2}; \quad p_2 = p \left(1 + \frac{\Delta T}{T_2} \right); \quad p_2 > p_1, \text{ т.к. } \frac{\Delta T}{T_1} < \frac{\Delta T}{T_2}.$$

Значит столбик ртути сместится в сторону сосуда с большей температурой.

643 $S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$; $m = 28 \text{ г} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$; $M = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$;

$T_1 = 273 \text{K}$; $T_2 = 373 \text{K}$; $m_n = 100 \text{ кг}$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

$p_0 + \frac{m_n g}{S} = p$, значит процесс изобарический.

$$pV = \frac{m}{M} RT_1; \quad p(V + Sh) = \frac{m}{M} RT_2; \quad pSh = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$h = \frac{mR(T_2 - T_1)}{MS(p_0 + \frac{m_n g}{S})} = \frac{mR(T_2 - T_1)}{M(p_0 S + m_n g)} =$$

$$= \frac{28 \text{ г} / \text{моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} (373 \text{K} - 273 \text{K})}{28 \text{ г} / \text{моль} \cdot (10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 + 100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м} / \text{с}^2)} = 0,42 \text{ м}.$$

644 $h = 100 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$; $S = 25 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $T_1 = 87^\circ \text{C} = 360 \text{K}$;

$T_2 = 17^\circ \text{C} = 290 \text{K}$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$; $V - ?$

$$p_0 Sh = \nu RT_1; \quad \nu R = \frac{p_0 Sh}{T_1}; \quad p_0 - \rho g \Delta h = p; \quad pS(h - \Delta h) = \nu RT_2;$$

$$pS(h - \Delta h) = p_0 Sh \frac{T_2}{T_1}; \quad p(h - \Delta h) = p_0 h \frac{T_2}{T_1}; \quad (p_0 - \rho g \Delta h)(h - \Delta h) = p_0 h \frac{T_2}{T_1};$$

$$p_0 h - p_0 \Delta h - \rho g h \Delta h + \rho g \Delta h^2 = p_0 h \frac{T_2}{T_1};$$

$$\rho g \Delta h_2 - (p_0 + \rho g h) \Delta h + \rho_0 h \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 0;$$

Получилось квадратное уравнение. Для удобства решения подставим численные значения переменных.

$$10^4 \Delta h^2 - 1,01 \cdot 10^5 \Delta h + 2 \cdot 10^3 = 0. \quad \Delta h_1 = \frac{1,01 \cdot 10^5 - 1,006 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^4} \text{ м} = 2 \text{ см}.$$

$\Delta h_2 = 1,008 \text{ м} > 10 \text{ см} = h$, т.е. не подходит. $V = Sh = 50 \text{ см}^3$.

645 $T_1 = -13^\circ \text{ C} = 260 \text{ K}$; $p_1 = 160 \text{ кПа} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$;

$T_2 = 37^\circ \text{ C} = 310 \text{ K}$; $p_2 = ?$

Считая, что объем камеры меняется мало, получаем изохорический процесс.

$$\frac{p_1 + p_0}{T_1} = \frac{p_2 + p_0}{T_2};$$

$$p_2 = (p_1 + p_0) \frac{T_2}{T_1} - p_0 = 260 \text{ кПа} \cdot \frac{310 \text{ K}}{260 \text{ K}} - 100 \text{ кПа} = 210 \text{ кПа}.$$

646 $T_1 = 150^\circ \text{ C} = 423 \text{ K}$; $T_2 = 300^\circ \text{ C} = 573 \text{ K}$; $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$; $p_1 = ?$

Т.к. объем лампы постоянен, процесс изохорический.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad p_1 = p_2 \frac{T_1}{T_2} = \frac{423 \text{ K}}{573 \text{ K}} \cdot 0,1 \text{ МПа} \approx 0,07 \text{ МПа}.$$

647 $S = 2,5 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $F = 12 \text{ Н}$; $p_0 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$;

$T_0 = -3^\circ \text{ C} = 270 \text{ K}$; $T = ?$

$$p = p_0 + \frac{F}{S};$$

Т.к. объем бутылки не меняется до начала вылета пробки, процесс изохорический.

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0}, \quad T = \frac{p}{p_0} T_0;$$

$$T = \left(1 + \frac{F}{p_0 S} \right) T_0 = \left(1 + \frac{12 \text{ Н}}{10^5 \text{ Па} \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \right) \cdot 270 \text{ K} \approx 400 \text{ K}.$$

648 $p_1 = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $T_1 = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ K}$; $T_2 = 50^\circ \text{ C} = 323 \text{ K}$;

$S = 30 \text{ см}^2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$; $m = ?$

Т.к. процесс изохорический,

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1}; \quad p_2 = p_1 + \frac{mg}{S};$$

$$m = p_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \frac{S}{g}; \quad m = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \left(\frac{323 \text{ K}}{300 \text{ K}} - 1 \right) \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2}{10 \text{ м} / \text{с}^2} \approx 4,6 \text{ кг}.$$

649 Да, т.к. средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа пропорциональна температуре, а внутренняя энергия идеального газа есть сум-

ма средних кинетических энергий молекул (у идеального газа потенциальная энергия взаимодействия равна нулю).

650 $\nu = 3$ моль; $T = 127^\circ\text{C} = 400\text{ K}$; $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \cdot 3 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 400\text{ K} \approx 15 \text{ кДж}.$$

651 $\nu = 2$ моль; $U = 831$ кДж = $8,31 \cdot 10^5$ Дж; $T - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad T = \frac{2U}{3R\nu} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 10^5 \text{ Дж}}{3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 2 \text{ моль}} \approx 33000\text{ K}.$$

652 $V = 2$ л = $2 \cdot 10^{-3}$ м³; $U = 300$ Дж; $p - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad pV = \nu RT; \quad U = \frac{3}{2} pV; \quad p = \frac{2U}{3V} = \frac{2 \cdot 300 \text{ Дж}}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = 10^5 \text{ Па}.$$

653 $V = 5$ л = $5 \cdot 10^{-3}$ м³; $p = 200$ кПа = $2 \cdot 10^5$ Па; $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad pV = \nu RT; \quad \text{Значит } U = \frac{3}{2} pV;$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1500 \text{ Дж} = 1,5 \text{ кДж}.$$

654 $p = 10^5$ Па; $U = 600$ Дж; $V - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad V = \frac{2U}{3p} = \frac{2 \cdot 600 \text{ Дж}}{3 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 40 \text{ см}^3.$$

655 $V = 2$ л = $2 \cdot 10^{-3}$ м³; $T = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$; $U = 300$ Дж; $n - ?$

$$U = \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} \nu N_A KT = \frac{3}{2} NKT; \quad \frac{U}{V} = \frac{3}{2} nKT;$$

$$n = \frac{2U}{3VKT} = \frac{2 \cdot 300 \text{ Дж}}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \cdot 300\text{ K}} = 24 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

656 $T = 293\text{ K}$; $V = 1,5$ л = $1,5 \cdot 10^{-3}$ м³; $n = 2 \cdot 10^{19}$ см⁻³ = $2 \cdot 10^{25}$ м⁻³; $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NKT = \frac{3}{2} nKTV =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^{25} \text{ м}^3 \cdot 2,93 \cdot 10^2 \text{ K} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx 182 \text{ Дж}.$$

657 Для определения термометра, который показывает большую температуру, их следует привести в контакт. Через некоторое время на одном из них показания уменьшатся. Это и будет тот термометр, который показывает большую температуру.

658 $T_1 = 250\text{ K}$; $T_2 = 680\text{ K}$; $M = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $A = 400$ Дж; $m - ?$

$$A = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1; \quad pV_2 = \frac{m}{M} RT_2; \quad pV_1 = \frac{m}{M} RT_1;$$

$$A = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$m = \frac{MA}{R(T_2 - T_1)} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль} \cdot 400 \text{ Дж}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} (680 \text{ К} - 250 \text{ К})} = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,22 \text{ г}.$$

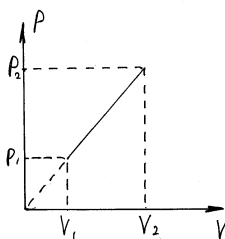
659 $S = 250 \text{ см}^2 = 0,025 \text{ м}^2$; $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$; $m' = 12,5 \text{ кг}$;
 $M = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$; $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ К}$; $T_2 = 625^\circ\text{C} = 898 \text{ К}$;
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$; $A = ?$ $\Delta V = ?$

$$A = p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$A = \frac{10^{-2} \text{ кг}}{2,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 600 \text{ К} = 1,78 \text{ кДж}.$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{A}{p} = \frac{A}{\frac{m'g}{S} + p_0} = \frac{1780 \text{ Дж}}{\frac{12,5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,025 \text{ м}^2} + 105 \text{ Па}} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 17 \text{ л}.$$

660 $p = dV$.



Работа A – это площадь под графиком $p(V)$.
 Этот график имеет вид:
 Это трапеция. Таким образом:

$$A = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2 + V_1)(V_2 - V_1) =$$

$$) = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) > 0.$$

Т.к. изменение внутренней энергии будет
 $\Delta U = \beta (p_2 V_2 - p_1 V_1) > 0$.

Значит газ поглощает тепло.

661 $T = \alpha V^2$; $pV = \frac{m}{M} RT$; $pV = \frac{m}{M} R \alpha V^2$; $p = \frac{m}{M} R \alpha V$.

Таким образом мы получим, что задача № 661 полностью аналогична №

660 с условием замены α на $\frac{m}{M} R \alpha$. $A = \frac{\alpha}{2} \frac{m}{M} R (V_2^2 - V_1^2)$.

Газ поглощает тепло.

663 $Q = 800 \text{ Дж}$. $A = ?$ $A' = ?$

Т.к. процесс изотермический, то $\Delta U = 0$.

$A = -Q = 800 \text{ Дж}$. $A' = -A = -800 \text{ Дж}$.

664 $Q = 250 \text{ Дж}$. $\Delta U = ?$

Т.к. процесс изохорический, то $A = 0$.

$\Delta U = Q = 250 \text{ Дж}$.

665 $\Delta U = 350 \text{ Дж}$; $A = ?$ $Q = ?$

Т.к. процесс изохорический, то $A = 0$.

$\Delta U = Q = 350 \text{ Дж}$.

666 $\nu = 2 \text{ моль}$; $\Delta T = 50 \text{ К}$; A , ΔU , $Q = ?$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)} \cdot 50\text{К} = 831 \text{ Дж.}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T = \frac{3}{2} A = 1246,5 \text{ Дж. } Q = \Delta U + A = 2077,5 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{667} \Delta T = 100 \text{ К; } \Delta U = -1662 \text{ кДж; } A, Q - ?$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T; \quad \nu R\Delta T = \frac{2}{3} U.$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = \frac{2}{3} \Delta U = -1108 \text{ Дж. } Q = \Delta U + A = 2770 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{668} A = -200 \text{ Дж; } \Delta U - ?$$

Т.к. процесс адиабатический, то $Q = 0$, т.е. $\Delta U = -A = 200 \text{ Дж}$. Внутренняя энергия возросла.

$$\mathbf{669} A = 150 \text{ Дж; } \Delta U - ?$$

Т.к. процесс адиабатический, то $Q = 0$, т.е. $\Delta U = -A = -150 \text{ Дж}$. Внутренняя энергия уменьшилась.

$$\mathbf{670} V = 70 \text{ м}^3; T_1 = 280 \text{ К; } T_2 = 296 \text{ К; } p = 100 \text{ кПа} = 105 \text{ Па. } A - ?$$

$$\text{Процесс изобарический, т.е. } \frac{V}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad V_2 = V \frac{T_2}{T_1};$$

$$A = p(V_2 - V) = pV \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 10^5 \text{ Па} \cdot 70 \text{ м}^3 \left(\frac{296\text{К}}{280\text{К}} - 1 \right) = 400 \text{ кДж.}$$

$$\mathbf{671} m = 320 \text{ г; } M = 32 \text{ г/моль; } \Delta T = 10\text{К; } A - ?$$

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{320\text{г}}{32\text{г/моль}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 10\text{К} = 831 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{672} m = 2 \text{ кг; } M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль; } \Delta T = 10 \text{ К; } \Delta U_p - ? \Delta U_v - ?$$

$$\Delta U_p = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{2\text{кг}}{2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 10\text{К} = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

$$\Delta U_v = \Delta U_p = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Изменение внутренней энергии не зависит от процесса в газе, т.к. и есть функция состояния.

$$\mathbf{673} T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К; } m = 160 \text{ г} = 0,16 \text{ кг; } M = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль;}$$

$$A, \Delta U, Q - ?$$

$$A = p\Delta V = pV = \frac{m}{M} RT = \frac{160\text{г}}{32\text{г/моль}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 300\text{К} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ Дж;}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} p\Delta V = \frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} A = 3,125 \cdot 10^4 \text{ Дж;}$$

$$Q = A + \Delta U = 4,375 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{674} \nu = 800 \text{ моль; } \Delta T = 500 \text{ К; } Q = 9,4 \text{ МДж; } A - ? \Delta U - ?$$

$$A = p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R\Delta T =$$

$$= 8 \cdot 10^2 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)} \cdot 5 \cdot 10^2 \text{К} \approx 3,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3,3 \text{ МДж.}$$

$$Q = \Delta U + A; \Delta U = Q - A = 6,1 \text{ МДж.}$$

$$\mathbf{675} V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3; p = 10^7 \text{ Па; } T = 300 \text{ К} = 3 \cdot 10^2 \text{ К;}$$

$$Q = 8,35 \text{ кДж} = 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж}; p' - ? T' - ?$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T, \text{ т.к. кислород двухатомный газ.}$$

$$A = 0, \text{ т.к. объем постоянен.}$$

$$\text{Значит: } \Delta U = Q; pV = \nu RT; \frac{pV}{T} = \nu R; \Delta U = \frac{5}{2} \frac{pV}{T} \Delta T;$$

$$\Delta T = \frac{2\Delta U T}{5pV} = \frac{2QT}{5pV};$$

$$T' = T + \Delta T = \frac{2QT}{5pV} + T = \frac{2 \cdot 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}}{5 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} + 300 \text{ К} \approx 400 \text{ К};$$

$$p\Delta V = \nu R \Delta T; \Delta p = \nu R \frac{\Delta T}{V} = \frac{pV}{T} \frac{\Delta T}{V} = p \frac{\Delta T}{T};$$

$$p' = p + \Delta p = p \left(1 + \frac{\Delta T}{T} \right) = p \left(1 + \frac{1}{T} \cdot \frac{2QT}{5pV} \right) = p \left(1 + \frac{2Q}{5pV} \right) =$$

$$= p + \frac{2Q}{5V} = 107 \text{ Па} + \frac{2 \cdot 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 1,3 \cdot 10^7 \text{ Па.}$$

$$\mathbf{676} \quad p_1 = 10^5 \text{ Па}; m = 1 \text{ кг}; \Delta T = 2 \text{ К}; Q_1 = 1,1 \text{ МДж} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Дж};$$

$$T_1 = 373 \text{ К}; T_2 = 273 \text{ К}; V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$Q_2 = 2,1 \text{ МДж} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}; p_2 = 10^6 \text{ Па}; M = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/моль}; \frac{C_p}{C_v} - ?$$

$$Q_1 = C_p m \Delta T; Q_2 = C_v m_1 (T_2 - T_1); p_2 V = \frac{m_1}{M} RT_1; m_1 = \frac{p_2 V}{RT_1} M;$$

$$Q_2 = C_v \frac{p_2 V}{R} \frac{T_1 - T_2}{T_1} M; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_p}{C_v} m \Delta T \frac{RT}{p_2 V M (T_1 - T_2)};$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{Q_1}{Q_2} \frac{p_2 V M (T_1 - T_2)}{m R T_1 \Delta T} =$$

$$= \frac{1,1 \text{ МДж}}{2,1 \text{ МДж}} \cdot \frac{10^6 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 (373 \text{ К} - 273 \text{ К}) \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}{1 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 373 \text{ К} \cdot 2 \text{ К}} \approx 1,69.$$

$$\mathbf{678} \quad p = p_0 + \alpha V; \alpha = \text{const}; C - ?$$

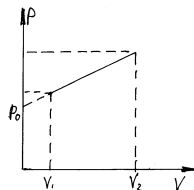
$$1) \quad \text{Т.к. работа равна площади под графиком } p(V),$$

$$\text{то}$$

$$A =$$

$$(V_2 - V_1) \frac{p(V_1) + p(V_2)}{2} =$$

$$= (V_2 - V_1) \frac{p_0 + \alpha V_1 + p_0 + \alpha V_2}{2} =$$



$$= (V_2 - V_1) [p_0 + \frac{\alpha}{2} (V_1 + V_2)] = p_0 (V_2 - V_1) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2);$$

2) $\Delta U = \beta \nu R \Delta T$, где β - постоянная, зависящая от рода газа.

$$p_1 V_1 = p_0 V_1 + \alpha V_1^2 = \nu R T_1;$$

$$p_2 V_2 = p_0 V_2 + \alpha V_2^2 = \nu R T_2;$$

$$\nu R \Delta T = \nu R (T_2 - T_1) = \alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1);$$

$$\Delta U = \beta [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)];$$

$$3) Q = \Delta U + A = \beta [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)] + p_0 (V_2 - V_1) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \alpha (\beta + \frac{1}{2}) (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (\beta + 1) (V_2 - V_1);$$

$$4) Q = C \nu \Delta T = \frac{C}{R} [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)];$$

$$C = \frac{\alpha (\beta + \frac{1}{2}) (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (\beta + 1) (V_2 - V_1)}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} R =$$

$$= \frac{(\beta + 1) [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)] - \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} R =$$

$$= (\beta + 1) R - \frac{\alpha}{2} \frac{V_2^2 - V_1^2}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} = (\beta + 1) R - \frac{\alpha R}{2} \frac{V_2 + V_1}{\alpha (V_2 + V_1) + p_0};$$

5) Мы получили, что C зависит от V_1 и V_2 . Если устремить $V_2 \rightarrow V_1 = V$. Мы получим зависимость C от V .

$$C(V) = (\beta + 1) R + \frac{\alpha R}{2} \frac{2V}{2\alpha V} + p_0 = (\beta + 1) R + \frac{\alpha R V}{2\alpha V + p_0}.$$

677 Найдем C_p . $A = p(V - V_0) = \frac{m}{M} R(T - T_0);$

$$\Delta U = \beta \frac{m}{M} R(T - T_0); \quad Q = A + \Delta U = (\beta + 1) \frac{m}{M} R(T - T_0);$$

$$Q = C_p m(T - T_0); \quad C_p = \frac{Q}{m(T - T_0)} = (\beta + 1) \frac{R}{m};$$

При нормальных условиях 1 моль идеального газа занимает объем $V_0 = 22,4$ л.

$$M = \rho V_0; \quad C_p = (\beta + 1) \frac{R}{\rho V_0};$$

Найдем C_v ; $A = 0$, т.к. процесс изохорический. $\Delta U = \beta \frac{m}{M} R(T - T_0);$

$$Q = A + \Delta U = \Delta Q; C_v = \frac{Q}{m(T - T_0)} = \beta \frac{R}{M} = \beta \frac{R}{V_0 \rho};$$

$$679 \quad p = \frac{b}{V^2}, \quad b = \text{const}; \quad C - ?$$

Т.к. работа, совершенная газом, равна площади под графиком $p(V)$, а площадь под графиком $p(V)$, как доказано в математическом анализе, равна:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV, \quad \text{то есть: } A = b \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} = -\frac{b}{V} \Big|_{V_1}^{V_2} = -\frac{b}{H} \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

$\Delta U = \beta v R T$, где β постоянная, зависящая от рода газа
 $pV = vRT$, т.е.

$$\frac{b}{V} = vRT, \quad \text{т.е. } \Delta U = \frac{\beta b}{V_2} - \frac{\beta b}{V_1};$$

$$Q = A + \Delta U = b \left(\frac{\beta - 1}{V_2} - \frac{\beta - 1}{V_1} \right) = b(\beta - 1) \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

$$C = \frac{Q}{v(T_2 - T_1)} = \frac{b(\beta - 1) \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)}{\frac{b}{R} \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)} = (\beta - 1)R.$$

$$680 \quad V_1 = 400 \text{ м/с}; \quad V_2 = 300 \text{ м/с}; \quad t_1 = 55^\circ\text{C}; \quad t_2 = 327^\circ\text{C};$$

$$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad \lambda = 2,4 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}; \quad \frac{m}{M} - ?$$

Будем считать в градусах цельсия, т.к. нас интересует только изменение температуры $Q = CM(T_2 - T_1) + \lambda m$, т.к. все изменение кинетической энергии пойдет на разогрев пули, то

$$\frac{MV_2^2}{2} - \frac{MV_1^2}{2} = Q = CM(t_2 - t_1) + \lambda m;$$

$$M \left(\frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} - C(t_2 - t_1) \right) = \lambda m; \quad \frac{m}{M} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} - C(t_2 - t_1) \right) =$$

$$= \frac{1}{2,4 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} \left(\frac{400^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - \frac{300^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} (327^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}) \right) \approx$$

$$\approx -1,44 \cdot 10^{-2}.$$

Т.к. $m > 0$, $M > 0$, то $\frac{m}{M} > 0$. Значит никакая часть пули не расплавится.

$$681 \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; V = 20 \text{ м/с}; T = 0^\circ\text{C}; \frac{m}{M} - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры. Т.к. $T = 0^\circ\text{C}$ и вся энергия передается снежку, то:

$$\frac{MV^2}{2} = m\lambda; \frac{m}{M} = \frac{V^2}{2q} = \frac{22 \cdot 10^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж} / \text{кг}} \approx 6 \cdot 10^{-4}.$$

$$682 m_1 = 1 \text{ кг}; m_2 = 10 \text{ кг}; m_3 = 5 \text{ кг}; t_1 = 6^\circ\text{C}; t_2 = -40^\circ\text{C}; t_3 = 60^\circ\text{C};$$

$$C_1 = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; C_2 = 4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; C_3 = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; t' = 6^\circ\text{C}; t - ? \text{ Q} - ?$$

Будем считать, что калориметр не обменивается энергией с окружающей средой, и, что одна из жидкостей не переходит в твердое или газообразное состояние.

$$Q_1 = C_1 m_1 (t - t_1); Q_2 = C_2 m_2 (t - t_2); Q_3 = C_3 m_3 (t - t_3); Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0;$$

$$C_1 m_1 (t - t_1) + C_2 m_2 (t - t_2) + C_3 m_3 (t - t_3) = 0;$$

$$C_1 m_1 t + C_2 m_2 t + C_3 m_3 t = C_1 m_1 t_1 + C_2 m_2 t_2 + C_3 m_3 t_3;$$

$$t = \frac{C_1 m_1 t_1 + C_2 m_2 t_2 + C_3 m_3 t_3}{C_1 m_1 + C_2 m_2 + C_3 m_3} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 6^\circ\text{C} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10 \text{ кг} (-40)^\circ\text{C} + 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 5 \text{ кг} \cdot 60^\circ\text{C}}{2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10 \text{ кг} + 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 5 \text{ кг}} = -19^\circ\text{C};$$

$$Q = C_1 m_1 (t' - t) + C_2 m_2 (t' - t) + C_3 m_3 (t' - t) =$$

$$= 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 1 \text{ кг} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 10 \text{ кг} +$$

$$+ 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 5 \text{ кг} = 1,3 \text{ МДж}.$$

684 Для замерзания поверхности озера необходимо охладить его приповерхностный слой до 0°C и отнять с поверхности тепло необходимое для образования льда. На дне озера температура воды 4°C , при которой плотность воды максимальна. Значит со дна тепло будет поступать к поверхности. Это тепло и не даст крупному озеру замерзнуть, тогда как в малом озере этого тепла не достаточно чтобы помешать образованию льда.

685 $t_1 = 3 \text{ мин} = 3 \cdot 10^2 \text{ с}$; $T_1 = 4^\circ\text{C}$; $T_2 = 0^\circ\text{C}$; $t_2 = 1 \text{ ч } 40 \text{ мин} = 6000 \text{ с}$;

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры

$$\begin{cases} Q_1 = cm(T_1 - T_2) \\ Q_2 = \lambda m \\ \frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_2}{t_2} \\ \frac{cm(T_1 - T_2)}{t_1} = \frac{\lambda m}{t_2}; \\ \frac{C(T_1 - T_2)}{t_1} = \frac{\lambda}{t_2}; \end{cases}$$

$$\lambda = C(T_1 - T_2) \frac{t_2}{t_1} = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (4^0\text{C} - 0^0\text{C}) \cdot \frac{6000\text{C}}{300\text{C}} = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

686 $V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3$; $t = 30^\circ\text{C}$; $t_1 = 30^\circ\text{C}$; $t_2 = 30^\circ\text{C}$; $\tilde{\rho} = 10^3 \text{ кг/м}^3$;

$$C_b = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; C_{\text{л}} = 2,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; m_{\text{л}} - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры.

Будем считать, что весь лед растаял, и теплообмен происходит только между льдом и водой, т.е.

$$Q_1 + Q_2 = 0; Q_1 = C_b m_b(t - t_1); Q_2 = C_{\text{л}} m_{\text{л}} t_2 + \lambda m_{\text{л}} + C_b m_{\text{л}} t;$$

$$C_b m_b(t - t_1) + m_{\text{л}}(C_b t + C_{\text{л}} t_2 + \lambda) = 0;$$

$$m_b + m_{\text{л}} = \rho V;$$

$$C_b(\rho V - m_{\text{л}})(t - t_1) + m_{\text{л}}(C_b t - c_{\text{л}} t_2 + \lambda) = 0;$$

$$C_b \rho V(t - t_1) - C_b m_{\text{л}}(t - t_1) + m_{\text{л}}(C_b t - c_{\text{л}} t_2 + \lambda) = 0;$$

$$m_{\text{л}}(C_b t - c_{\text{л}} t_2 + \lambda - C_b t + C_b t_1) = C_b \rho V(t_1 - t);$$

$$m_{\text{л}} = \frac{C_b \rho V(t_1 - t)}{C_b t_1 - C_{\text{л}} t_2 + \lambda} =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 0,1 \text{ м}^3 \cdot 50\text{K}}{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 80\text{K} + 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 20\text{K} + 33 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 51 \text{ кг}.$$

687 $m_b = 100 \text{ кг}$; $t_1 = 10^\circ\text{C}$; $t_2 = -50^\circ\text{C}$; $t = -4^\circ\text{C}$; $C_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}};$

$$C_b = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; m_{\text{л}} - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры. Будем считать, что теплообмен происходит только между водой и льдом, т.е.:

$$Q_1 + Q_2 = Q;$$

$$-m_b C_b t_1 - m_b \lambda + m_b C_l t + m_l C_l (t - t_2) = 0;$$

$$m_l = \frac{m_b C_b t_1 + m_b \lambda - m_b C_l t}{C_l (t - t_2)} = \frac{C_b t_1 + \lambda - C_l t}{C_l (t - t_2)} m_b =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10\text{К} + 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 4\text{К}}{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (-4\text{К} - 50\text{К})} 100\text{кг} \approx 394\text{кг}.$$

688 Найдем Q_1 – теплота охлаждения воды $Q_1 = m_b C_b (0^\circ - T_b)$ и Q_2 – тепло-

та нагревания льда $Q_2 = m_l C_l (0^\circ - T_l)$.

$$Q_1 = 2 \cdot 4200 (0 - 5) = -42000 \text{ Дж. } Q_2 = 5 \cdot 2100 (4 - 0) = 42000 \text{ Дж.}$$

$$|Q_1| = |Q_2| \Rightarrow T = 0;$$

$$V = \frac{m_b}{\rho_b} + \frac{m_l}{\rho_l} = \frac{2}{1000} + \frac{5}{900} = 7,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

689 При попадании кипятка на кожу выделяется дополнительное тепло за счет конденсации пара.

690 В состоянии теплового равновесия вода имеет ту же температуру, что и лед – 0°C . При пропускании пара лед плавится и вся вода греется до 100°C . Для этого расходуется теплота, которая берется из конденсации пара. Соответственно масса воды будет равна

$$m = m_b + m_l + m_n. \text{ Найдем } m_n.$$

$$m_n \cdot L = m_l \lambda + (m_l + m_b) C (100^\circ - 0^\circ);$$

$$m_n = \frac{m_l \lambda + (m_l + m_b) C (10^\circ - 0^\circ)}{L} =$$

$$\frac{0,15 \cdot 3,32 \cdot 10^5 + (0,15 + 0,2) \cdot 4200 (100 - 0)}{2,3 \cdot 10^6} = 0,086.$$

$$m = 0,2 + 0,15 + 0,086 = 0,436 \text{ кг.}$$

$$\mathbf{691} \text{ Найдем } Q_1 = m_n L + m_n C_b (T_0 - T) = 0,0066 \cdot 2,3 \cdot 10^6 +$$

$$+ 0,0066 \cdot 4200 (100 - 0) = 1,8 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$$\text{Найдем } Q_2 = m_l \lambda = 0,0544 \cdot 3,32 \cdot 10^5 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$Q_1 = Q_2$. Следовательно вся теплота конденсации пара и последующего охлаждения воды идет на плавление льда. Конечная температура $T = 0^\circ\text{C}$.

692 Очевидно вода нагреется до 100° и будет испаряться $Q = pt$;

$$Q = Q_1 + Q_2; Q_1 = m_b C_b (T_1 - T_0); Q_2 = L m_n; m_n - ?$$

$$m_b C_b (T_1 - T_0) + L m_n = pt; m_n = \frac{pt - m_b C_b (T_1 - T_0)}{L} =$$

$$= \frac{100\text{Вт} \cdot 300\text{с} - 0,01\text{кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \cdot \text{C}} (100^\circ - 0^\circ)}{2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ кг, но}$$

$$m_n \leq m_b \Rightarrow \text{вода выкипит полностью и пар нагреется до температуры } T > 100^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = mc_B (100 - 0)$$

$$Q_2 = mL$$

$$Q_3 = mc_{\pi}$$

$$Q_3 - ? \quad Q_3 = pt - mc_B (100 - 0) - mL = 100 \cdot 300 - 0,01 \cdot 4200(100 - 0) - 0,01 \cdot 2,3 \cdot 10^6 = 2800 \text{ Дж.}$$

$$C_{\pi} = 1600 \text{ Дж/(Кг} \cdot ^\circ\text{C)};$$

$$Q_3 = mc_{\pi} (T - 100)$$

$$T = \frac{Q_3}{mc_{\pi}} + 100 = \frac{2800}{0,01 \cdot 1600} + 100 = 275^\circ\text{C.}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad p = p_{\text{атм.}}, \text{ т.к. поршень легкий; } M = 0,018 \text{ кг/моль, } V - ?$$

$$V = \frac{mRT}{Mp} = \frac{0,01 \cdot 8,31 \cdot (275 + 273)}{0,018 \cdot 10^5} = 0,025 \text{ м}^3;$$

$$h_0 = \frac{V_B}{S} = \frac{m_B}{\rho_B S}; \quad h = \frac{V}{S};$$

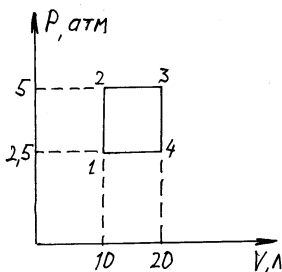
$$\Delta h = \frac{V}{S} - \frac{m_B}{\rho_B S} = \frac{1}{S} (V - \frac{m_B}{\rho_B}) = \frac{1}{0,01} (0,025 - \frac{0,01}{1000}) = 2,5 \text{ м.}$$

693 Т.к. КПД любого двигателя меньше единицы продукты горения к концу рабочего хода будут иметь большую внутреннюю энергию, т.е. только часть выделившейся при горении энергии пошла на совершение работы, а другая часть нагрела смесь.

694 Нет, т.к. перепад температуры в разных местах создает перепад давлений, который и порождает ветер.

695 В непосредственной близости от дверцы холодильника температура понижается, но холодильник потребляет от сети электроэнергию; значит, если нет теплообмена комнаты с окружающим воздухом, то увеличивается внутренняя энергия воздуха в комнате, а значит, увеличится температура.

696



$$v = 1 \text{ моль; } V_{\min} = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3; \quad V_{\max} = 20 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3;$$

$$p_{\min} = 2,5 \text{ атм} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па; } p_{\max} = 5 \text{ атм} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па; } A - ?$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41};$$

$$A_{12} = A_{34} = 0, \text{ т.к. процессы 1-2 и 3-4 изохорические.}$$

$$A_{23} = p_{\max} (V_{\max} - V_{\min});$$

$$A_{41} = p_{\min} (V_{\min} - V_{\max});$$

$$A = p_{\max} (V_{\max} - V_{\min}) - p_{\min} (V_{\min} - V_{\max}) = (V_{\max} - V_{\min}) (p_{\max} - p_{\min}) =$$

$$= (2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 - 10^{-2} \text{ м}^3) (5 \cdot 10^5 \text{ Па} - 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}) = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

$$697 \text{ } Q = 1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}; A = 300 \text{ Дж}; T_x = 280 \text{ К}; T_H - ? \eta - ?$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{300 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж}} = 0,3; \text{ Т.к. машина идеальная } \eta = \left(1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = \frac{A}{Q};$$

$$T_H = \frac{Q}{Q - A} T_x = \frac{1000 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж} - 300 \text{ Дж}} \cdot 280 \text{ К} = 400 \text{ К}.$$

$$698 \text{ } Q = 1 \text{ ккал} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}; A = 1,7 \text{ кДж} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$T_x = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}; T_H - ?$$

$$\eta = \left(1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = \frac{A}{Q}; \quad T_H = \frac{Q}{Q - A} T_x = \frac{4,2 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж} - 1,7 \text{ кДж}} \cdot 293 \text{ К} \approx 492 \text{ К}.$$

$$699 \text{ } Q_H = 7200 \text{ кДж}; Q_x = 6400 \text{ кДж}; \eta - ?$$

$$A = Q_H - Q_x;$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} \approx 0,11;$$

$$700 \text{ } T_1 = 480^\circ \text{C} = 753 \text{ К}; T_2 = 30^\circ \text{C} = 303 \text{ К}; \eta - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{303 \text{ К}}{753 \text{ К}} \approx 0,6$$

$$701 \text{ } T_1 = -35^\circ \text{C} = 238 \text{ К}; T_2 = 1^\circ \text{C} = 274 \text{ К}; \eta - ?$$

У нас есть нагреватель и холодильник, значит имея рабочее тело, мы создадим тепловую машину. Рабочее тело для такой машины не должно изменять своего газообразного состояния при всех температурах от T_1 до T_2 . Оценим КПД этой машины, как идеальной

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{238 \text{ К}}{274 \text{ К}} \approx 0,13.$$

$$702 \text{ } T_H = 550^\circ \text{C} = 833 \text{ К}; T_x = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}; \eta - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{293 \text{ К}}{833 \text{ К}} \approx 0,65.$$

$$703 \text{ } T_x = 17^\circ \text{C} = 290 \text{ К}; T_{H1} = 127^\circ \text{C} = 400 \text{ К}; T_{H2} = 447^\circ \text{C} = 720 \text{ К}; \frac{\eta_2}{\eta_1} - ?$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_x}{T_{H1}}; \quad \eta_2 = 1 - \frac{T_x}{T_{H2}}; \quad \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{1 - \frac{T_x}{T_{H2}}}{1 - \frac{T_x}{T_{H1}}} = \frac{1 - \frac{290 \text{ К}}{720 \text{ К}}}{1 - \frac{290 \text{ К}}{400 \text{ К}}} = 2,17.$$

$$704 \text{ } T_H = 117^\circ \text{C} = 390 \text{ К}; T_x = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ К}; t = 1 \text{ с}; Q_H = 60 \text{ кДж} = 6 \cdot 10^4 \text{ Дж}; \eta - ? Q_x - ? N - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{300K}{390K} \approx 0,23; \quad \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H};$$

$$Q_x = Q_H(1 - \eta) = 60 \text{ кДж}(1 - 0,23) = 46,2 \text{ кДж}.$$

$$N = \frac{A}{t_H} = \frac{Q_H - Q_x}{t} = \frac{60 \text{ кДж} - 46,2 \text{ кДж}}{1 \text{ с}} = 13,8 \text{ Вт}.$$

$$705 \quad T_x = 3 \text{ Тн}; Q = 40 \text{ кДж}; A - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}; \quad \eta = \frac{A}{Q} = \frac{2}{3}; \quad A = \frac{2}{3} Q = \frac{2}{3} \cdot 40 \text{ кДж} \approx 26,7 \text{ кДж}.$$

$$706 \quad T_H = 227^\circ\text{C} = 500\text{K}; Q_H = 1 \text{ кДж}; A = 350 \text{ Дж} = 0,35 \text{ кДж}; \eta - ? \quad T_x - ?$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{350 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж}} = 0,35; \quad \eta = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$$T_x = T_H(1 - \eta) = 500\text{K} \cdot (1 - 0,35) = 325 \text{ K}.$$

$$707 \quad T_x = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}; T_H = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}; m_{\text{л}} = 1 \text{ кг};$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; \alpha = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}; m_{\text{н}} - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$Q_x = m_{\text{л}} \lambda$, т.к. вода в холодильнике находится при температуре 0°C , при которой начинается замерзание.

$Q_H = m_{\text{л}} \alpha$, т.к. вода в нагревателе находится при температуре 100°C , при которой начинается парообразование.

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}; \quad \text{Значит: } 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$$\frac{Q_x}{Q_H} = \frac{T_x}{T_H}; \quad Q_H = Q_x - \frac{T_H}{T_x}; \quad \alpha m_{\text{н}} = \lambda m_{\text{л}} \frac{T_H}{T_x};$$

$$m_{\text{н}} = m_{\text{л}} \frac{\lambda T_H}{\alpha T_x} = 1 \text{ кг} \cdot \frac{3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} \cdot 373 \text{ K}}{2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 273 \text{ K}} \approx 0,2 \text{ кг}.$$

$$708 \quad m = 200 \text{ кг}; q = 29,4 \text{ МДж/кг} = 2,94 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}; \eta' = 80\% = 0,8; T_H = 300^\circ\text{C}$$

$$= 573 \text{ K}; T_x = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}; A_{\text{max}} - ?$$

$$Q_H = \eta' q m$$

$$\text{У идеальной тепловой машины } \eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{\eta' q m}$$

$$A = \eta' q m \left(1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = 0,8 \cdot 2,94 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 2 \cdot 10^2 \left(1 - \frac{303 \text{ K}}{573 \text{ K}} \right) \approx 2,2 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

709 $m = 0,35 \text{ кг}$; $q = 4,2 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$; $A = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; $T_H = 250^\circ\text{C} = 523 \text{ К}$; $T_X = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}$; η , $\eta_{\text{ид}}$ – ?

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{qm} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{4,2 \cdot 10^7 \cdot 0,35 \text{ кг}} \approx 0,24 \quad \eta_{\text{ид}} = 1 - \frac{T_X}{T_H} = 1 - \frac{303 \text{ К}}{523 \text{ К}} \approx 0,42$$

710 Пусть v – количество вещества.

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

Если V – объем 1 моль вещества, то

$$V = \frac{V_1}{v}, \text{ где } V_1 \text{ – объем вещества в количестве } v.$$

$$\left(p + v^2 \frac{a}{V_1^2} \right) \left(\frac{V_1}{v} - b \right) = RT$$

Перейдем к общепринятым обозначениям, заменяя V_1 на V

$$\left(p + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT$$

711 Для одного моль газа $\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$,

$V \approx \frac{RT}{p}$, т.е. b поправка учитывающая объем молекул. Отношение равно

$$\frac{b}{V} = \frac{bR}{RT}.$$

712 $V = 201 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$; $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$; $v = 0,05 \text{ кмоль} = 50 \text{ моль}$; $b = 0,043 \text{ м}^3/\text{кмоль} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

В условии a заданы в неверных единицах измерения, перепишем a в верных единицах.

$$a = 3,6 \cdot 10^5 = \frac{H}{\text{м}^4 \cdot \text{кмоль}^2} = 3,6 \cdot 10^{-1} \frac{H}{\text{м}^4 \cdot \text{моль}^2}; p - ?$$

$$\left(p + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT; p \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT - v^2 \frac{a}{V^2} \left(\frac{V}{v} - b \right)$$

$$p = \frac{RT}{\frac{V}{v} - b} - v^2 \frac{a}{V^2} = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{\frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{50 \text{ моль}} - 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 50^2 \text{ моль} \cdot \frac{0,36^2 \frac{\text{Н}^2}{\text{м}^2}}{2^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^6} \approx 4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,7 \text{ МПа}$$

713 $v = 1 \text{ моль}$; $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$; $T = 17^\circ\text{C} = 290 \text{ К}$; $a = 0,141 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}$;

$$b = 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; p_{u0} - ? \quad p_{pe} - ?$$

1) $p_{u0} = v RT$

$$p_{ug} = \frac{v RT}{V} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 290 \text{ К}}{10^{-3} \text{ м}^3} \approx 2,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,41 \text{ МПа}$$

2) $\left(p_{pe} + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT$

$$p_{pe} = \frac{vRT}{V - vb} - v^2 \frac{a}{V^2} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 290 \text{ К}}{10^{-3} \text{ м}^3 - 3,92 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \text{ моль}} -$$

$$- \frac{1 \text{ моль} \cdot 0,141 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{10^{-6} \text{ м}^6} \approx 2,37 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,37 \text{ МПа}$$

714 $V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$; $v = 10 \text{ моль}$; p_u, p_{pe} для кислорода и водорода.

1) Для водорода

$$p_u V = vRT$$

$$p_u = v \frac{RT}{V} = 10 \text{ моль} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5 \text{ МПа}$$

$$a = 0,0245 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 2,66 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; \left(p_{pe} + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT$$

$$p_{pe} = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{10 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 10 \text{ моль} \cdot 2,66 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 10^2 \text{ моль}^2 \cdot \frac{0,0245 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{5^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} \approx 5,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,2 \text{ МПа}$$

2) Для кислорода $P_u V = \nu RT$

$$p_u = \nu \frac{RT}{V} = 10 \text{ моль} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5 \text{ МПа}$$

$$a = 0,138 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; \left(p_{pe} + \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b \right) = RT$$

$$p_{pe} = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{10 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 10 \text{ моль} \cdot 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 10^2 \text{ моль}^2 \cdot \frac{0,138 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{5^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^6} \approx 5,9 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,9 \text{ МПа}$$

715 $\nu = 1 \text{ моль}$; $V = 11,5 \text{ л} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$; $p = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

$$a = 0,141 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; T_u - ? \quad T_{pe} - ?$$

$$PV = \nu RT_u$$

$$T_u = \frac{pV}{\nu R} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \approx 276,8 \text{ К}; \left(p - \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b \right) = RT_{pe}$$

$$T_{pe} = \frac{1}{R} \left(p - \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b \right) = \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \left(2 \cdot 10^5 \text{ Па} - 1 \cdot \text{моль}^2 \frac{0,141 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{1,15^2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^6} \right) \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{1 \text{ моль}} - 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{1 \text{ моль}} \right) \approx 274,4$$

716 $V = 0,5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; $p = 300 \text{ кПа} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $\nu = 2 \text{ моль}$;

$$a_{\kappa} = 0,138 \frac{\text{М}^4 \cdot \text{Н}}{\text{МОЛЬ}^2}; b_{\kappa} = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}};$$

$$a_{y2} = 0,36 \frac{\text{М}^4 \cdot \text{Н}}{\text{МОЛЬ}^2}; b_{y2} = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}};$$

$$\Delta T_u - ? \Delta T_{pe} - ?$$

$$1) pV = \nu RT_{ук}; pV = \nu RT_{ук}; \Delta T_u = T_{ук} - T_{y2} = 0$$

$$2) \left(p + \nu^2 \frac{a_{\kappa}}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b_{\kappa} \right) = RT_{pek}; \left(p + \nu^2 \frac{a_{y2}}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b_{y2} \right) = RT_{pe y2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{pe} &= T_{pek} - T_{pe y2} = \frac{1}{R} \left(p + \nu^2 \frac{a_{\kappa}}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b_{\kappa} \right) - \frac{1}{R} \left(p + \nu^2 \frac{a_{y2}}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b_{y2} \right) = \\ &= \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}} \cdot \left(3 \cdot 10^5 \text{ Па} + 2^2 \text{ МОЛЬ}^2 \cdot \frac{0,138 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^4}{\text{МОЛЬ}^2}}{5^2 \cdot 10^{-8} \text{ М}^6} \right) \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3}{2 \text{ МОЛЬ}} - 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{1 \text{ МОЛЬ}} \right) - \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}} \cdot \\ &\quad \cdot \left(3 \cdot 10^5 \text{ Па} + 2^2 \text{ МОЛЬ}^2 \cdot \frac{0,36 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^4}{\text{МОЛЬ}^2}}{5^2 \cdot 10^{-8} \text{ М}^6} \right) \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3}{2 \text{ МОЛЬ}} - 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{1 \text{ МОЛЬ}} \right) \approx 85 \text{ К} \end{aligned}$$

717 Давление пара не изменится, т.к. часть пара конденсируется.

718 Температура очков ниже температуры воздуха, давление паров воды становится достаточным для конденсации и очки запотевают.

719 Клубы тумана образуются из-за того, что холодный воздух с улицы понижает температуру теплого и влажного воздуха в комнате до температуры, достаточной для конденсации. В комнате плотность смеси холодного и теплого воздуха больше плотности окружающего воздуха, и смесь опускается вниз. На улице из-за того, что плотность смеси меньше плотности окружающего воздуха, смесь будет подниматься.

720 Теплый и влажный воздух из комнаты около окна может иметь давление пара выше, чем давление насыщенного пара при температуре окна. В этом случае происходит конденсация. Если температура окна ниже температуры замерзания воды, то на внутренней стороне стекла появляется иней.

721 В нижнем шаре будет водяной пар, который будет конденсироваться и замерзать. Тогда возникнет разность давлений и молекулы водяного пара будут двигаться из верхнего в нижний шар. Начнется активное испарение

из верхнего шара, которое охладит воду в верхней колбе, отчего она и замерзнет.

722 При большей влажности испарение с кожи человека идет медленнее, чем при меньшей. А при испарении «улетают» наиболее энергичные молекулы, за счет чего кожа охлаждается. Значит в теплый сухой день кожа охлаждается эффективнее, чем в сырой теплый день.

723 Зимой влажность воздуха ниже, чем летом, значит испарение с кожи человека идет активнее, чем летом. Значит тело человека быстрее охлаждается. Если температура зимой в доме будет выше, то этим подогревается тело, и человек чувствует себя комфортнее.

724 Максимальная абсолютная влажность будет над океаном при высокой температуре, т.е. в тропиках или на экваторе над океаном.

725 Окна запотевают из-за того, что температура около окна ниже температуры конденсации пара в комнате. Окна запотевают с внутренней стороны. Лед образуется, если температура окна ниже температуры замерзания воды.

726 Точка росы должна быть ниже 0°C .

727 Иней проявляется при температуре воздуха около 1°C из-за того, что температура поверхности, на которой появился иней, ниже 0°C .

728 $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$; $\phi_1 = 40\% = 0,4$; $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$; $\phi_1 = 80\% = 0,8$.

При $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ давление насыщенных паров $P_{01} = 2,33 \text{ кПа}$, при температуре $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$ $P_{02} = 0,61 \text{ кПа}$.

$p_1 = p_{01}\phi_1 = 0,932 \text{ кПа}$

$p_2 = p_{02}\phi_2 = 0,488 \text{ кПа}$

Т.к. $p_1 > p_2$, то потоки пара пойдут из комнаты на улицу.

729 $p = 14 \text{ кПа} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ Па}$; $T = 333 \text{ К}$; $M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ · ρ – ?

Считая пар идеальным газом, запишем

$$pV = \frac{m}{M}RT; p = \frac{\rho}{M}RT; \rho = \frac{pM}{RT} = \frac{1,4 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 333 \cdot 10^2 \text{ К}} \approx 0,09 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

730 $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $M_{\text{возд}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $T = 36^{\circ} = 309 \text{ К}$; $p_0 = 44,6$

мм. рт. ст. $\approx 6,2 \text{ кПа} = 6,2 \cdot 10^3 \text{ Па}$; $\phi = 80\% = 0,8$; $V = 1 \text{ м}^3$; $p = 1 \text{ атм.} = 10^5 \text{ Па}$; m – ?

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_0\phi; p_{\text{H}_2\text{O}}V = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}RT; m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}M_{\text{H}_2\text{O}}V}{RT} = \frac{\phi p_0 M_{\text{H}_2\text{O}}V}{RT}$$

Аналогично

$$m_{\text{воз}} = \frac{pM_{\text{воз}}}{RT}$$

$$m = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{BO}_3} = \frac{V}{RT} (\varphi p_0 M_{\text{H}_2\text{O}} + p M_{\text{BO}_3}) = \frac{1 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 309 \text{ К}} \cdot \left(0,8 \cdot 6,2 \cdot 10^{34} \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} + 10^5 \text{ Па} \cdot 2,9 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right) \approx 1,16 \text{ кг}$$

731 $T_1 = 16^\circ\text{C}$; $\varphi_1 = 65\% = 0,65$; $\Delta T = -4^\circ\text{C}$; $\Delta\varphi = ?$

$$T_2 = T_1 + \Delta T = 16^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C}$$

Давление насыщенного пара при $T_1 = 16^\circ\text{C}$ $p_1 = 1,81 \text{ кПа}$, при $T_2 = 12^\circ\text{C}$ $p_2 = 1,4 \text{ кПа}$

$$p = \varphi_1 p_1$$

$$\varphi_2 \frac{p}{p_2} = \varphi_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,65 \cdot \frac{1,81 \text{ кПа}}{1,4 \text{ кПа}} \approx 0,84 = 84\%$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 84\% - 65\% = 19\%$$

732 $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$; $m = 0,13 \text{ г}$; $T = 20^\circ\text{C}$; $\varphi = ?$

Будем считать, что хлористый кальций осушил весь воздух.

Плотность насыщенных паров при $T = 20^\circ\text{C}$ равна $\rho_{\text{H}} = 17,3 \text{ г/м}^3$

$$\rho = \frac{m}{V}; \varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}}} = \frac{m}{V\rho_{\text{H}}} = \frac{0,132}{10^{-2} \text{ м}^3 \cdot 17,3 \text{ г/м}^3} \approx 0,76 = 76\%$$

733 $m = 0,4 \text{ г}$; $T = 290 \text{ К}$; $V = 40 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$

1) Можно повысить плотность изотермически

$$\rho_{\text{H}} = 14,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \text{ при } T = 290 \text{ К}$$

Плотность насыщенного пара при температуре $T = 290 \text{ К}$

$$\rho_{\text{H}} = \frac{m}{V}; V = \frac{m}{\rho_{\text{H}}} = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 27 \text{ л}$$

Для этого понизим объем до $V = 27 \text{ л}$.

2) Можно понизить температуру изохорически

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,42}{4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3} = 10 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Тогда плотность будет у насыщенного пара при температуре $T' = 11^\circ\text{C} = 284 \text{ К}$.

Для этого понизим температуру до 284 К .

$$\textbf{734} \quad M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3; T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}; \varphi_1 = 30\% =$$

$$0,3; m = 1 \text{ г}; \varphi = ?$$

Давление насыщенных паров воды при $T = 30^\circ\text{C}$ составляет $p_0 = 4,42 \text{ кПа}$.

$$pV = \frac{m}{M}RT; \quad p = \frac{mRT}{MV} = \frac{10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 303 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,1 \text{ м}^3} \approx 1,4 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \frac{p}{p_0} = 0,3 + \frac{1,4 \text{ кПа}}{4,2 \text{ кПа}} \approx 0,63 = 63\%$$

735 $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$; $T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}$; $\varphi_1 = 30\% = 0,3$; $m = 1 \text{ г}$; $\varphi - ?$

Давление насыщенных паров воды при $T = 30^\circ\text{C}$ составляет $p_0 = 4,42 \text{ кПа}$.

$$pV = \frac{m}{M}RT; \quad p = \frac{mRT}{MV} = \frac{10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 303 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 140 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \frac{p}{p_0} = 0,3 + \frac{140 \text{ кПа}}{4,2 \text{ кПа}} \approx 534$$

Такого не может быть. Часть воды останется в жидком состоянии, а $\varphi = 100\%$.

736 $T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$; $\varphi_1 = 20\% = 0,2$; $\varphi_2 = 50\% = 0,5$; $V = 40 \text{ м}^3$; $m - ?$

При $T = 20^\circ\text{C}$ плотность насыщенных паров $\rho_0 = 17,3 \text{ г/м}^3$

$$m = \rho_0 (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot V = 17,3 \text{ г/м}^3 (0,5 - 0,2) \cdot 40 \text{ м}^3 = 207,62 \text{ г}.$$

737 $V = 50 \text{ м}^3$; $\varphi_1 = 40\% = 0,4$; $\varphi_2 = 50\% = 0,5$; $m = 60 \text{ г}$; $\rho - ?$

$$\Delta\rho = \frac{m}{V}; \quad \Delta\rho = \rho_0 (\varphi_2 - \varphi_1); \quad \rho_0 = \frac{m}{V(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\rho = \varphi_2 \rho_0 = \frac{\varphi_2 m}{V(\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{60 \text{ г} \cdot 0,5}{50 \text{ м}^3 (0,5 - 0,4)} = 6 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

738 $V = 0,7 \text{ м}^3$; $T = 24^\circ\text{C} = 273 \text{ К}$; $\varphi = 60\% = 0,6$; $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$;

$m - ?$

При температуре $T = 24^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара составляет $p_0 = 2,98 \text{ кПа}$

$$p_0 V = \frac{m}{M}RT; \quad m_1 = \frac{p_0 V M}{RT}; \quad m_2 = \frac{\varphi p_0 V M}{RT}$$

$$m = m_1 - m_2 = \frac{p_0 V M}{RT} (1 - \varphi) =$$

$$= \frac{2,98 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,7 \text{ м}^3 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 297 \text{ К}} (1 - 0,6) \approx 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 6,1 \text{ г}$$

739 $T_1 = 4^\circ\text{C}$; $T_2 = 10^\circ\text{C}$; $T_3 = 16^\circ\text{C}$; T'_2 , T'_3 – ?

При температуре $T_1 = 4^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара $p_{01} = 0,8$ кПа, влажность по психрометрической таблице $\varphi_1 = 100\%$.

При температуре $T_2 = 10^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара $p_{02} = 1,23$ кПа.

$$\varphi_2 = \varphi_1 \frac{p_{01}}{p_{02}} \approx 0,66 = 66\%$$

Из психрометрической таблицы имеем $T'_2 = 7^\circ\text{C}$.

При температуре $T_3 = 16^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара $p_{02} = 1,81$ кПа.

$$\varphi_3 = \varphi_1 \frac{p_{01}}{p_{03}} \approx 0,45 = 45\%$$

Из психрометрической таблицы имеем $T'_3 = 10^\circ\text{C}$.

740 $T_p = 10^\circ\text{C}$; $T = 18^\circ\text{C}$; φ – ?

При $T_p = 10^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара $p_1 = 1,23$ кПа, при $T = 18^\circ\text{C}$ $p_2 = 2,07$ кПа.

$$\varphi = \frac{p_1}{p_2} = \frac{1,23 \text{ кПа}}{2,07 \text{ кПа}} \approx 0,59 = 59\%$$

741 $T_1 = 16^\circ\text{C}$; $T_2 = 8^\circ\text{C}$; $\varphi = 55\% = 0,55$.

При $T_1 = 16^\circ\text{C}$ давление насыщенного пара $p_1 = 1,81$ кПа, при $T_2 = 8^\circ\text{C}$ $p_2 = 1,06$ кПа.

$$p = p_1 \varphi \approx 1 \text{ кПа}$$

Т.к. $p < p_1$, роса не выпадет.

742 $T_1 = 20^\circ\text{C}$; $T_2 = 8^\circ\text{C}$; $\varphi = 60\% = 0,6$; $V = 1 \text{ м}^3$; m – ?

При $T_1 = 20^\circ\text{C}$ плотность насыщенного пара $\rho_1 = 17,3 \text{ г/м}^3$, при $T_2 = 8^\circ\text{C}$ $\rho_2 = 8,3 \text{ г/м}^3$.

$$m = V \cdot (\varphi \rho_1 - \rho_2) = 1 \text{ м}^3 \cdot (0,6 \cdot 17,3 \text{ г/м}^3 - 8,3 \text{ г/м}^3) = 2,08 \text{ г}.$$

743 $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$; $T_1 = 273 \text{ К}$; $T_2 = 373 \text{ К}$; $p_1 = 10^5 \text{ Па}$; $m = 3 \text{ г}$; $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; p_2 – ?

Рассмотрим отдельно увеличения давления за счет сухого воздуха и за счет испарения воды. По закону Дальтона давление в баллоне будет равно сумме этих двух давлений.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p'_2}{T_2}; p'_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1}; p''_2 = \frac{m}{M} RT_2; p''_2 = \frac{mRT_2}{MV}$$

$$p_2 = p'_2 + p''_2 = T_2 \left(\frac{p_1}{T_1} + \frac{mR}{MV} \right) = 373 \text{ К} \left(\frac{10^5 \text{ Па}}{273 \text{ К}} + \frac{3 \text{ г} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}}{18 \text{ г/моль} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3} \right) \approx 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$744 \quad V_1 = 1 \text{ м}^3; V_2 = 2 \text{ м}^3; \varphi_1 = 20\% = 0,2; M = 18 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \varphi_2 = 40\% = 0,4; p_1 =$$

$$10^5 \text{ Па}; p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}; T = 350 \text{ К}; \varphi, p - ?$$

Считая влажный воздух идеальным газом, запишем

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT; p_2 V_2 = \frac{m_2}{M} RT; p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{M} RT = p_1 V_1 + p_2 V_2$$

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3 + 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \text{ м}^3}{1 \text{ м}^3 + 2 \text{ м}^3} \approx 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

При температуре $T = 350 \text{ К}$ давление насыщенных паров p_0 . Считая водяные пары идеальным газом, запишем

$$p_0 \varphi_1 V_1 = \frac{m'_1}{M'} RT; p_0 \varphi_2 V_2 = \frac{m'_2}{M'} RT$$

$$p_0 \varphi(V_1 + V_2) = \frac{m'_1 + m'_2}{M'} RT = p_0 \varphi_1 V_1 + p_0 \varphi_2 V_2$$

$$\varphi(V_1 + V_2) = \varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2$$

$$\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{0,2 \cdot 1 \text{ м}^3 + 0,4 \cdot 2 \text{ м}^3}{1 \text{ м}^3 + 2 \text{ м}^3} \approx 0,33 = 33\%$$

$$745 \quad V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3; m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; M_1 = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$M_2 = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; T = 373 \text{ К}; \Delta T = 50 \text{ К}; \Delta V_1, \Delta V_2 - ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} pV_1 = \frac{m}{M} RT \\ pV_2 = \frac{m}{M} RT \\ V_1 + V_2 = V \end{array} \right.$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{M_2}{M_1}; \frac{V_1}{V - V_1} = \frac{M_2}{M_1}; \frac{V}{V_1} - 1 = \frac{M_1}{M_2}; V_1 = \frac{M_2}{M_1 + M_2} V$$

$$V_2 = V - V_1 = \frac{M_1}{M_1 + M_2} V; V'_1 = \frac{m}{\rho}; V'_2 = V - \frac{m}{\rho}$$

$$\Delta V_1 = V_1' - V_1 = \frac{m}{\rho} - \frac{M_2}{M_1 + M_2} V =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{10^3 \text{ кг/м}^3} - \frac{28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} + 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx$$

$$\approx -0,61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\Delta V_2 = -\Delta V_1 = 0,61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

746 $m = 15,5 \text{ г} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$; $p = 100 \text{ атм.} = 10^7 \text{ Па}$; $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$; $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$; $T = ?$

$$pV = \frac{m}{M} RT ; T = \frac{pVM}{Rm} = \frac{10^7 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ кг}} \approx 1240 \text{ К}$$

747 Возможно, люди любят горячий суп больше, чем холодный, из-за того, что при более высокой температуре сложные органические вещества, содержащиеся в супе, легче разлагаются на более простые и впитываются.

748 Лучше паста с малым поверхностным натяжением из-за того, что на легко окружает кусочки зубного налета, которые начинают слабее взаимодействовать с зубами, легко отрываются и смываются водой.

749 Мыльная пленка стремится уменьшить свою энергию за счет того, что в поверхностном слое молекулы обладают большей энергией, чем в других частях пленки. Для уменьшения числа таких молекул необходимо уменьшить площадь поверхности; вот почему пленка «ползет» к узкому отверстию воронки, т.е. вверх.

750 Поверхностное натяжение воды велико, значит и давление, создаваемое пленкой, будет велико. При таких давлениях воздух растворится в воде или диффундирует в атмосферу. Поверхностное натяжение мыльной пленки меньше, значит меньше давление в пузырье. Воздух в мыльном пузырье слабо растворяется или диффундирует. Поэтому надувают мыльные пузыри.

751 Каждую песчинку можно рассматривать как отдельное тело, на которое действует сила ветра, отчего песчинка взлетает. Воду, как и всякую жидкость, нужно рассматривать как среду, состоящую из молекул, между которыми есть сила притяжения.

Важную роль играет поверхностное натяжение (один из видов молекулярного взаимодействия), стремящееся уменьшить площадь. Ветер, образующий брызги, наоборот, стремится увеличить площадь поверхности за счет поверхности брызг. Вот почему тучи песка ветру поднять легче, чем брызги на воде.

752 Если волокна сетки хорошо смачиваются, то по мере высыхания объем воды между волокнами будем уменьшаться, волокна будут сближаться друг с другом. От этого сетка будет натягиваться.

753 Рассмотрим один пузырь. Разобьем его на две части по сечению максимальной площади. Теперь нижняя пленка давит на верхнюю с силой

$$F = 2 \cdot 2\pi rG = 4\pi rG$$

Для равновесия должно быть

$$F = pS = p\pi r^2 = 4\pi rG; \quad p = \frac{4\pi rG}{\pi r^2} = \frac{4G}{r}$$

Таким образом в большем пузыре давление меньше, чем в меньшем. Значит воздух из меньшего пузыря потечет в больший, и объем меньшего пузыря уменьшится, а большего возрастет.

754 В невесомости вода за счет силы поверхностного натяжения увеличит площадь своего контакта со стеклом. Тогда воздух окажется в толще воды. А за счет силы поверхностного натяжения вода уменьшит поверхность контакта с воздухом до минимальной, т.е. до сферической.

$$\mathbf{755} \quad \sigma_1 = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad \sigma_2 = 0,073 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$ma = F_2 - F_1 = \sigma_2 l - \sigma_1 l = l(\sigma_2 - \sigma_1)$$

Т.к. $l > 0$, направление движения будет определяться разностью $\sigma_2 - \sigma_1 > 0$, значит нитка будет перемещаться в сторону, где не налит эфир.

$$\mathbf{756} \quad \sigma = 0,073 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad m = 0,1 \text{ г} = 10^{-4} \text{ кг}; \quad l = 3,5 \text{ см} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

$$F_{\text{н}} = 2\sigma l = 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 5,11 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$F_{\text{т}} = mg = 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 10^{-3} \text{ Н}.$$

$F_{\text{н}} > F_{\text{т}}$, значит игла удержится на воде.

$$\mathbf{757} \quad l = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad t = 18^\circ\text{C}; \quad \sigma_{\text{б}} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad \sigma_{\text{М}} = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad F - ?$$

$$F = l\sigma_{\text{б}} - l\sigma_{\text{М}} = l(\sigma_{\text{б}} - \sigma_{\text{М}}) = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot (7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} - 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}) = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

Соломинка будет двигаться в направлении воды без мыла.

$$\mathbf{758} \quad d = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad F_{\text{мин}} - ?$$

$$F_{\text{мин}} = 2 \cdot \pi d \sigma \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}.$$

Точность весов должна быть меньше $2,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$.

$$759 \quad d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; m - ? \quad mg = \pi d \sigma$$

$$m = \frac{\pi d \sigma}{g} \approx \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

$$760 \quad N = 318; m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; d = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \sigma - ?$$

$$\frac{m}{N} g = \sigma \pi d; \sigma = \frac{mg}{\pi N d} \approx \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{3,14 \cdot 318 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}} \approx 0,07 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$761 \quad t_1 = 8^\circ\text{C}; N_1 = 40; t_2 = 80^\circ\text{C}; N_2 = 48; \frac{G_1}{G_2} - ?$$

$$\frac{m}{N_1} g = \sigma_1 \pi d; \frac{m}{N_2} g = \sigma_2 \pi d; \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N_2}{N_1} = 1,2$$

$$762 \quad N = 152; m = 1820 \text{ мг} = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; d = 1,2 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \sigma - ?$$

$$\frac{m}{N} g = \sigma \pi d$$

$$\sigma = \frac{mg}{\pi N d} \approx \frac{1,82 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3,14 \cdot 152 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$763 \quad \Delta S = 6 \text{ см}^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \sigma = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; A - ?$$

$$A = 2\sigma \Delta S = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

764 Т.к. площадь поверхности капли связана с объемом соотношением

$$S = \alpha V^{2/3}$$

где α – постоянная, то площадь поверхности капель

$$\sum_{n=1}^{10} S_n = \alpha \sum_{n=1}^{10} V_i^{2/3}$$

а площадь поверхности капли, составленной из 20 капель

$$S = \alpha \left(\sum_{n=1}^{10} V_1 \right)^{2/3}$$

Т.к. $\sum_{n=1}^{10} V_i^{2/3} > \left(\sum_{n=1}^{10} V_1 \right)^{2/3}$, то площадь поверхности новой капли меньше пло-

щади поверхности старых. Отсюда следует, что энергия поверхностного слоя уменьшилась, часть его энергии перешла в тепло. Значит, капля нагрелась.

$$765 \quad \sigma = 0,04 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; r_{\max} = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}; A - ?$$

Как показано в задаче № 753, избыточное над атмосферным давление в мыльном пузыре составляет

$$p = \frac{4\sigma}{r}; V = \frac{4}{3}\pi r^3; V_1 = 0; V_2 = \frac{4}{3}\pi r_{\max}^3$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_0^{r_{\max}} \frac{4\sigma}{r} \cdot 4\pi r^2 dr = 16\sigma\pi \int_0^{r_{\max}} r dr = 16\sigma\pi \left. \frac{r^2}{2} \right|_0^{r_{\max}} =$$

$$= 8\sigma\pi r_{\max}^2 \approx 8 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,14 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

766 Как показано в задаче № 753, избыточное над атмосферным давление в каждом пузыре составляет

$$p_1 = \frac{4G}{R_1}; p_2 = \frac{4G}{R_2}; p_3 = \frac{4G}{R_3}.$$

$$(p_0 + p_1) \cdot V_1 = \nu_1 RT_1;$$

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi R_1^3$$

$$(p_0 + p_2) \cdot V_2 = \nu_2 RT_2;$$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi R_2^3$$

$$(p_0 + p_3) \cdot V_3 = \nu_3 RT_3;$$

$$V_3 = \frac{4}{3}\pi R_3^3; \nu_3 = \nu_1 + \nu_2$$

Подставляя все значения выражений, входящих с уравнения Менделеева-Клапейрона, получим систему.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_1} \right) \frac{4}{3}\pi R_1^3 = \nu_1 RT \\ \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_2} \right) \frac{4}{3}\pi R_2^3 = \nu_1 RT \\ \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_3} \right) \frac{4}{3}\pi R_3^3 = (\nu_1 + \nu_2) RT \end{array} \right.$$

$$\left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_3}\right) \frac{4}{3} \pi R_3^3 = \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_1}\right) \frac{4}{3} \pi R_1^3 + \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_2}\right) \frac{4}{3} \pi R_2^3$$

$$p_0 R_3^3 + 4\sigma R_3^2 = p_0 R_1^3 + 4\sigma R_1^2 + p_0 R_2^3 + 4\sigma R_2^2; \sigma = \frac{p_0(R_3^3 - R_1^3 - R_2^3)}{4(R_1^2 + R_2^2 - R_3^2)}$$

767 Если соломины лежат достаточно близко одна от другой, соломины хорошо смачиваются, то сила поверхностного натяжения, действующая на воду, уравнивает силу тяжести, и крыша не протечет.

$$\mathbf{768} \ d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; h = ?$$

$$\rho \pi \frac{d^2}{4} h g = \pi d \sigma; h = \frac{4\sigma}{\rho g d} = \frac{4 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 14,6 \text{ м}$$

$$\mathbf{769} \ r = 10^{-3} \text{ м}; d = 0,15 \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; F = ? \ h = ?; \rho g r d h = 2\sigma d$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g d} = \frac{2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 1,46 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$F = \int_0^h p d x = \int_0^h \rho g (h - x) d x = \rho g d x \int_0^h d x - \rho g d \int_0^h x d x = \rho g d \left(h^2 - \frac{x^2}{2} \right) \Big|_0^h =$$

$$= \frac{\rho g d h^2}{2} = \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 1,46^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{2} \approx 0,16 \text{ Н}$$

770

$$d_1 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}; d_2 = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}; d_3 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \Delta h = 6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \sigma = ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho g \frac{\pi}{4} d_1^2 h_1 = \pi d_1 \sigma \\ \rho g \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_3^2) h_2 = \pi (d_2 + d_3) \sigma \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 = \frac{4\sigma}{\rho g d_1} \\ h_2 = \frac{4\sigma (d_2 + d_3)}{\rho g (d_2^2 - d_3^2)} = \frac{4\sigma}{\rho g (d_2 - d_3)} \end{array} \right.$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{4\sigma}{\rho g} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2 - d_3} \right) = \frac{4\sigma}{\rho g} \left(\frac{d_2 - d_3 - d_1}{d_1(d_2 - d_3)} \right)$$

$$\sigma = \frac{\rho g \Delta h}{4} \frac{d_1(d_2 - d_3)}{d_2 - d_3 - d_1}$$

Т.к. $d_2 - d_3 - d_1 = 3 \text{ мм} - 2 \text{ мм} - 1 \text{ мм} = 0$, то при данных условиях $\sigma = \infty$, чего не может быть в реальности. Значит в численных данных ошибка.

771

$$\sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \Delta h_1 = 2,6 \text{ см} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \Delta h_2 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}; \rho_1 = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Для воды.

$$\rho \pi r_1^2 h_1 g = \sigma_1 \cdot 2\pi r_1$$

$$\rho \pi r_2^2 h_2 g = \sigma_1 \cdot 2\pi r_2$$

$$h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho r_1 g}; h_2 = \frac{2\sigma_1}{\rho r_2 g}; \Delta h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right); \frac{\Delta h_1 \rho_1}{\sigma_1} = \frac{2}{g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Проводя аналогичные выкладки для спирта, получим

$$\frac{\Delta h_2 \rho_2}{\sigma_2} = \frac{2}{g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right); \frac{\Delta h_1 \rho_1}{\sigma_1} = \frac{\Delta h_2 \rho_2}{\sigma_2}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{\Delta h_2 \rho_2}{\Delta h_1 \rho_1} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \frac{1 \text{ см}}{2,6 \text{ см}} \cdot \frac{0,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 2,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

772

$$d = 0,5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; m - ?$$

$$mg = \pi d \sigma$$

$$m = \frac{\pi d \sigma}{g} \approx \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ г}$$

773

$$\rho g h + p = \frac{2\sigma \pi R}{\pi R^2} + p_0$$

$$pS(l - h) = p_0 \delta R$$

$$p = p_0 \frac{l}{l-h}; \rho gh + p_0 \left(b \frac{l}{l-h} - 1 \right) = \frac{2\sigma}{R}; \rho gh + \frac{p_0 h}{l-h} = \frac{4\sigma}{D}$$

$$D = \frac{4\sigma(l-h)}{\rho gh(l-h) + p_0 h}$$

774 В жаркий день скалы наиболее сильно прогреваются снаружи, оставаясь холодными внутри; они расширяются неодинаково и поэтому трескаются.

775 При налипании кипятка внутренняя поверхность толстостенного стакана прогревается, когда внешняя еще холодная. Из-за неодинакового расширения стакан может лопнуть.

776 Зазоры между бетонными плитами делают для того, чтобы они, расширяясь, не давили одна другую, отчего они могут трескаться и приходить в негодность.

777 При полировке зеркал крупных телескопов необходимо поддерживать постоянную температуру, чтобы материал зеркала не расширялся неодинаково. Точность полировки телескопа такова, что даже не очень большие перепады температур на его краях приведут к серьезным ошибкам при использовании зеркала.

778 Поршни цилиндров делают из того же материала, что и сами цилиндры для того, чтобы при тепловом расширении цилиндры и поршни не давили друг на друга.

779 Если считать, что бензин хранится в подземных резервуарах, где температура примерно постоянна, и за время наливания температура не меняется, то выгоднее покупать бензин среди жаркого дня, т.к. за счет теплового расширения объем емкости больше.

780 Проволока должна иметь коэффициент теплового расширения примерно равный коэффициенту теплового расширения стекла. В противном случае лампа придет в негодность. Если коэффициент теплового расширения проволоки меньше стекла, то лампа будет разгерметизирована. Если больше, то стекло может лопнуть.

781 Верхняя поверхность льда имеет температуру около -15°C ; нижняя поверхность льда и вода непосредственно подо льдом 0°C , т.к. при такой температуре лед и вода могут существовать вместе; около дна температура около 4°C , т.к. при этой температуре плотность воды максимальна.

782

$$l = 300 \text{ м}; T_1 = 20^\circ\text{C}; T_2 = 120^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta l = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1) =$$

$$= 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 300 \text{ м} \cdot (120^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 0,33 \text{ м}$$

Труба не разрывается из-за того, что не достигается предел прочности.

783

$$l = 25 \text{ м}; T_1 = -30^\circ\text{C}; T_2 = 30^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta l = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1) =$$

$$= 25 \text{ м} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (30^\circ\text{C} - (-30^\circ\text{C})) = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1,5 \text{ см}$$

784

$$\Delta T = 100 \text{ K}; l = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}; \Delta l = 1,02 \text{ мм} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha \Delta T) - l = \alpha l \Delta T$$

$$\alpha = \frac{1}{l} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T} = \frac{1}{0,6 \text{ м}} \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{100 \text{ К}} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$$

785

$$S_1 = 20 \text{ дм}^2; T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 400^\circ \text{C}; l_C = 50 \text{ см}; l_{II} = 50,2 \text{ см};$$

$$T = 100^\circ \text{C}; \alpha_C = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; \alpha_{II} = 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; S_2 = ?; T' = ?$$

$$1) S_1 = xy$$

$$S_2 = x(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1))y(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1)) = S_1(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1))^2 =$$

$$= 20 \text{ дм}^2 (1 + 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} \cdot 400 \text{ К})^2 \approx 20,5 \text{ дм}^2$$

$$2) l_C(1 + \alpha_C(T' - T)) = l_{II}(1 + \alpha_{II}(T' - T))$$

$$T' = T + \frac{l_{II} - l_C}{\alpha_C l_C - \alpha_{II} l_{II}} = 100^\circ \text{C} + \frac{50,2 \text{ см} - 50 \text{ см}}{50 \text{ см} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} - 50,2 \text{ см} \cdot 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}} = -134^\circ \text{C}$$

$$= 100^\circ \text{C} + \frac{50,2 \text{ см} - 50 \text{ см}}{50 \text{ см} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} - 50,2 \text{ см} \cdot 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}} = -134^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{786} \quad l = 1,5 \text{ м}; T_1 = 0^\circ \text{C}; \Delta l = 15 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \alpha = 9 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; T_2 = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{9 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} \cdot 1,5 \text{ м}} \approx 1100^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{787} \quad l_1 = l_{01}(1 + \alpha_1 \Delta T)$$

$$l_2 = l_{02}(1 + \alpha_2 \Delta T), \text{ где } \Delta T = T_2 - T_1.$$

$$l_1 - l_2 = l_{01} + \alpha_1 l_{01} \Delta T - l_{02} - \alpha_2 l_{02} \Delta T = l_{01} - l_{02} + (\alpha_1 l_{01} - \alpha_2 l_{02}) \Delta T$$

$$l_1 - l_2 \text{ равняется константе, если } \alpha_1 l_{01} - \alpha_2 l_{02} = 0.$$

$$\frac{l_{01}}{l_{02}} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

$$\mathbf{788} \quad T_1 = 0^\circ \text{C}; \Delta t_1 = -7 \text{ с}; T_2 = 20^\circ \text{C}; \Delta t_2 = 9 \text{ с}; \alpha = ? \quad T_0 = ?$$

$$1) \quad T_1' = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}; \quad T_2' = 2\pi \sqrt{\frac{l_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))}{g}} = T_1' \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_1)}$$

$$\frac{T_2'}{T_1'} = \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_1)}$$

$$\text{В сутках } t_C = 86 \, 400 \text{ с}.$$

$$\frac{T_2'}{T_1'} = \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1}; 1 + \alpha(T_2 - T_1) = \left(\frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1} \right)^2$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1} \right)^2 - 1}{T_2 - T_1} = \frac{\left(\frac{86400 + 9}{86400 - 7} \right)^2 - 1}{20\text{K} - 0\text{K}} \approx 1,86 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

$$2) T_0' = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}}; T_2' = 2\pi \sqrt{\frac{l_0(1 + \alpha(T_2 - T_0))}{g}} = T_0' \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_0)}$$

$$\frac{T_2'}{T_0'} = \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C} = \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_0)}; 1 + \alpha(T_2 - T_0) = \left(1 + \frac{\Delta t_2}{t_C} \right)^2$$

$$T_0 = T_2 - \frac{\left(1 + \frac{\Delta t}{t_0} \right)^2 - 1}{\alpha} = 20^\circ\text{C} - \frac{\left(1 + \frac{9\text{c}}{86400\text{c}} \right)^2 - 1}{1,86 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}} \approx 9^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{789} S_1 = 2 \text{ M}^2; T_1 = 0^\circ\text{C}; T_2 = 400^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; \Delta S = ?$$

$$S_1 = xy$$

$$S_2 = x(1 + \alpha(T_2 - T_1))y(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = S_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))^2$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = S_1 (1 + \alpha(T_2 - T_1))^2 - S_1 = S_1 [(1 + \alpha(T_2 - T_1))^2 - 1] =$$

$$= 2 \text{ M}^2 [(1 + 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1} \cdot 400 \text{K})^2 - 1] \approx 1,76 \cdot 10^{-2} \text{M}^2$$

$$\mathbf{790} V_1 = 2 \text{ M}^3; T_1 = 0^\circ\text{C}; \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; T_2 = 30^\circ\text{C}; \Delta V = ?$$

$$V_1 = xyz$$

$$V_2 = x(1 + \alpha(T_2 - T_1))y(1 + \alpha(T_2 - T_1))z(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = V_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1[(1 + \alpha(T_2 - T_1))^3 - 1] \approx V_1(1 + 3\alpha(T_2 - T_1)) - 1) =$$

$$= 3\alpha V_1(T_2 - T_1) = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K} \cdot 2 \text{ M}^2 \cdot 30 \text{K} \approx 2,2 \cdot 10^{-3} \text{M}^3$$

$$\mathbf{791} V_1 = 60 \times 20 \times 5 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3; Q = 1680 \text{ кДж} = 1,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}; c = 460$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; \rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{M}^3}; \Delta V = ?$$

$$Q = cm\Delta T = cV\rho\Delta T; \Delta T = \frac{Q}{cV\rho}$$

$$V_1 = xyz$$

$$V_2 = x(1 + \alpha\Delta T)y(1 + \alpha\Delta T)z(1 + \alpha\Delta T) = V_1(1 + \alpha\Delta T)^3 = V_1 \left(1 + \frac{\alpha Q}{cV_1\rho} \right)^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \left[\left(1 + \frac{\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} \right)^3 - 1 \right] \approx V_1 \left(1 + \frac{3\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} - 1 \right) = \frac{3\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} V_1 =$$

$$= \frac{3\alpha Q}{c \tilde{n}} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 1,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{4,6 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 15 \text{ см}^3$$

792

$$l_1 = 10 \text{ м}; S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \Delta l = 6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; c =$$

$$4,6 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; Q - ?$$

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \alpha \Delta T$$

$$Q = cm \Delta T = c \rho S l_1 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c \tilde{n} S l_1}$$

$$\Delta l = \alpha l_1 \frac{Q}{c \tilde{n} S l_1} = \frac{\alpha Q}{c \tilde{n} S}$$

$$Q = \frac{c \tilde{n} S \Delta l}{\alpha} = \frac{4,6 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 3,9 \text{ МДж}$$

793 $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; c_2 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1};$

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 90^\circ \text{C}; V_1 = 1200 \text{ см}^3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; m = 20 \text{ кг}; T, V_2 - ?$$

$$c_1 m (T_2 - T) = c_2 \rho V_1 (T - T_1)$$

$$c_1 m T_2 - c_1 m T = c_2 \rho V_1 T - c_2 \rho V_1 T_1$$

$$T = \frac{c_1 m T_2 + c_2 \rho V_1 T_1}{c_1 m + c_2 \rho V_1} =$$

$$= \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 20 \text{ кг} \cdot 90 \text{ К}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 20 \text{ кг} + 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 86^\circ \text{C}$$

$$V_2 = V_1 \left(1 + \alpha (T - T_1) \right)^3 \approx V_1 \left(1 + 3\alpha (T - T_1) \right) =$$

$$= 1200 \text{ см}^3 (1 + 3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 86 \text{ К}) \approx 1203 \text{ см}^3.$$

794 Изменение размеров ртутного резервуара влияет на границы изменения температур, т.к. при увеличении объема резервуара растет и изменение объема ртути. Изменение диаметра канала трубки также влияет, т.к. при увеличении диаметра высота подъема ртути уменьшается.

795 При погружении в горячую воду этот термометр показал бы уменьшение температуры.

796 Стекло нагревается первым и поэтому первым начинает расширяться. Это видно как некоторое опускание уровня ртути. После ртути начинает расширяться, а это заметно как поднятие уровня ртути.

797 Термометр с шарообразным резервуаром будет нагреваться медленнее, чем с цилиндрическим резервуаром того же объема, т.к. площадь поверхности цилиндра больше площади поверхности шара того же объема.

798

$$V_1 = 50 \text{ м}^3; T_1 = 40^\circ\text{C}; T_2 = -40^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; V_2 = ?$$

$$V_2 = V_1(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = 50 \text{ м}^3 (1 - 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} \cdot 80 \text{ К}) = 46,4 \text{ м}^3$$

799

$$h = 6 \text{ м}; d = 5 \text{ м}; \Delta h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; T_1 = 0^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; T_2 = ?$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 h = \frac{\pi}{4} d^2 (h - \Delta h) (1 + \alpha(T_2 - T_1))$$

$$h = h + h\alpha(T_2 - T_1) - \Delta h - \Delta h\alpha(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta h}{\alpha(h - \Delta h)} = \frac{0,2 \text{ м}}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} (6 \text{ м} - 0,2 \text{ м})} \approx 38^\circ\text{C}$$

800

$$\Delta V = 20 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10 \text{ м}^3; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; c = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; V_2 = V_1 (1 + \alpha \Delta T); \Delta V = V_2 - V_1 = \alpha \Delta T V_1$$

$$Q = cm\Delta T = c\rho V_1 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c\rho V_1}; \Delta V = \frac{\alpha Q}{c\rho}$$

$$Q = \frac{c\rho \Delta V}{\alpha} = \frac{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 8 \cdot 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}} \approx 3,7 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

801

$$h = 8 \text{ м}; \Delta h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; T_1 = -5^\circ\text{C}; T = 30^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}.$$

$$Sh = S(h - \Delta h) (1 + \alpha(T - T_1))$$

$$h = h + \alpha h(T - T_1) - \Delta h - \alpha \Delta h(T - T_1)$$

$$T = T_1 + \frac{\Delta h}{\alpha(h - \Delta h)} = -5^\circ\text{C} + \frac{0,2 \text{ м}}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} (8 \text{ м} - 0,2 \text{ м})} \approx 23,5^\circ\text{C}$$

802

$V_1 = 200 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; $S = 0,5 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $T_1 = 10^\circ\text{C}$;
 $T_2 = 30^\circ\text{C}$; $\Delta h = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $\alpha = ?$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$V_2 = V_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \alpha \Delta T = S \Delta h$$

$$\alpha = \frac{S \Delta h}{V_1 \Delta T} = \frac{S \Delta h}{V_1 (T_2 - T_1)} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 (30 \text{ К} - 10 \text{ К})} = 10^{-3} \text{ К}^{-1}$$

803

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T); \Delta V = V - V_0 = V_0 \rho \Delta T; Q = c \rho V_0 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c \rho V_0}$$

$$\Delta V = V_0 \rho \frac{Q}{c \rho V_0} = \frac{Q}{c \rho}; \text{ Таким образом } \Delta V \text{ не зависит от } V_0.$$

804

$m = 5,44 \text{ г} = 5,44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$; $\rho = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $T_1 = -10^\circ\text{C}$; $T_2 = 110^\circ\text{C}$;

$h = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$; $\alpha = 1,8 \cdot 10^4 \text{ К}^{-1}$; $d = ?$

$$V = V_0 (1 + \alpha (T_2 - T_1))$$

$$V = V_0 + Sh = V_0 + \frac{\delta}{4} d^2 h; V_0 = \frac{m}{\rho}; V_0 + \frac{\delta}{4} d^2 h = V_0 + V_0 \alpha (T_2 - T_1)$$

$$d = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{V_0 \alpha (T_2 - T_1)}{h}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{m \alpha (T_2 - T_1)}{\rho h}} \approx$$

$$\approx \frac{2}{\sqrt{3,14}} \sqrt{\frac{5,44 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 1,8 \cdot 10^4 \text{ К}^{-1} \cdot 120 \text{ К}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,25 \text{ м}}} \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,2 \text{ мм}$$

805

$\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$; $T_1 = 0^\circ\text{C}$; $T_2 = 100^\circ\text{C}$; $V = 3 \text{ мм}^3$; $V_1 = ?$

$$V_2 = V_1 (1 + \alpha (T_2 - T_1)); V = V_2 - V_1 = \alpha V_1 (T_2 - T_1)$$

$$V_1 = \frac{V}{\alpha (T_2 - T_1)} = \frac{3 \text{ мм}^3}{1,8 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} \cdot 10^2 \text{ К}} \approx 167 \text{ мм}^3$$

806

Рассмотрим сначала случай б).

$$\text{б) } p_0 = \rho_0 g h_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T) = Sh(1 + \Delta T); h = h_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}; p = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = \rho gh_0 = p_0$$

$$p = p_0$$

Теперь рассмотрим случай а).

$$а) p_0 = \rho_0 gh_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T); \rho = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}$$

S – площадь дна сосуда.

$$h < \frac{V}{S} = \frac{V_0}{S} (1 + \alpha \Delta T) = h_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$p = \rho gh = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh < \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = p_0$$

$$p < p_0$$

Теперь рассмотрим случай в).

$$в) p_0 > \rho_0 gh_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\rho = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}$$

S – площадь дна сосуда.

$$h > \frac{V}{S} = h_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$p = \rho gh = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh > \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = p_0$$

$$p > p_0$$

807 При опускании кристалла NaCl в ненасыщенный раствор он начнет растворяться; в насыщенный – его масса не изменится; в пересыщенный – он начнет расти.

808 Если бы скорость была одинакова по всем направлениям, то кристалл бы был шарообразным. Но в природе не бывает шарообразных кристаллов, а значит, скорость роста кристалла различна по различным направлениям.

809 Стекло – аморфное тело. Значит, его свойства, как и свойства жидкости, не зависят от направления. Отсюда следует, что кубик из стекла сохранит свою форму.

Кубик из кварца же своей формы не сохранит, т.к. кристаллам свойственно расширяться по различным направлениям различно.

810 Это происходит из-за анизотропии свойств кристалла, в том числе из-за различий коэффициентов теплового расширения.

811 Из-за присоединения к кристаллу плотность раствора вблизи его поверхности будет меньше плотности раствора в других местах. Значит, около кристалла жидкость будет двигаться вверх.

812 При падении напряжения, возникающие в металле, меньше предела прочности, а в фосфоре больше.

813 1) «Последовательное» соединение.

На нижний динамометр действует вес груза (показания за пределом шкалы), на верхний вес груза и нижнего динамометра (показания за пределом шкалы). Таким способом силу измерить нельзя.

2) «Параллельное» соединение.

Два динамометра удлинились одинаково.

$$2k\Delta l = mg; \Delta l = \frac{mg}{2k}$$

Если $\frac{mg}{2k} \leq l_0$, где l_0 – длина шкалы, то таким способом можно измерить силу.

814 Т.к. напряжение обратно пропорционально площади, то под большим напряжением окажется кирпич на рисунке слева.

815

$$l = 5,4 \text{ м}; \Delta l = 2,7 \text{ мм} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \varepsilon = ?$$

Абсолютное удлинение и есть $\Delta l = 2,7 \text{ мм}$;

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{5,4} = 5 \cdot 10^{-4}$$

№ 816

$$\Delta l = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \varepsilon = 0,1\% = 10^{-3}; l = ?$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; l = \frac{\Delta l}{\varepsilon} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{10^{-3}} = 1 \text{ м}$$

№ 817

$$F = 25 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 60 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}; d = ?$$

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 G; d = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{F}{G}} \approx \frac{2}{\sqrt{3,14}} \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}}{6 \cdot 10^7 \text{ Па}}} \approx 0,022 \text{ м}$$

№ 818

$$F = 80 \text{ кН} = 8 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 600 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2; d = ?$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \frac{F}{S} = \frac{G}{8}; S = \frac{8F}{G}; \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{8F}{G}$$

$$d = \sqrt{\frac{32F}{\pi G}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^8 \text{ Па}}} \approx 0,037 \text{ м}$$

819

$$G = E\varepsilon$$

$$E = \frac{G}{\varepsilon} = \frac{3 \text{ МПа}}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^4 \text{ МПа} = 20 \text{ ГПа}$$

820

$$P = 20 \text{ кН} = 2 \cdot 10^4 \text{ Н}; l = 5,0 \text{ м}; S = 4,0 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; E = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}; G, \Delta l, \varepsilon - ?$$

$$G = \frac{P}{S} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 5 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$$G = \varepsilon E; \varepsilon = \frac{G}{E} = \frac{P}{ES} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l\varepsilon = \frac{Pl}{ES} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot 5 \text{ м}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1,25 \text{ см}$$

821

$$l = 30 \text{ м}; \rho = 2,7 \text{ г/см}^3 = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; E = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}; \Delta l, - ?$$

$$\frac{mg}{S} = G; \frac{mg}{S} = \frac{\rho l S g}{S} = \rho l g; \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}$$

$$\rho g l = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \frac{\rho g}{E} l^2 = \frac{2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} \cdot 30^2 \text{ м}^2 \approx 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\textbf{822 } F = 25 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 60 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; l = 200 \text{ см}; \Delta l - ?$$

$$S = \frac{\delta}{4} d^2; \frac{F}{S} = G; \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{F}{G}; d = \sqrt{\frac{4F}{\pi G}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^7 \text{ Па}}} \approx 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$G = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \frac{G}{E} l = \frac{6 \cdot 10^7 \text{ Па}}{2 \cdot 10^{11} \text{ Па}} \cdot 200 \text{ см} = 0,06 \text{ см}$$

$$\textbf{823 } F = 200 \text{ Н}; l = 3 \text{ м}; S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \Delta l, \varepsilon - ?$$

$$\frac{F}{S} = G = E\varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}; \varepsilon = \frac{F}{\delta E} = \frac{200 \text{ Н}}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}} = 10^{-3}$$

$$\Delta l = \varepsilon l = 10^{-3} \cdot 3 \text{ м} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

824

$$G = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; S = 0,5 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2; l = 4 \text{ м}; \Delta l = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; F - ?$$

$$\frac{F}{S} = G = E \frac{\Delta l}{l}; F = SE \frac{\Delta l}{l} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{4 \text{ м}} = 50 \text{ Н}$$

825

$$d_1 = 0,2 \text{ мм}; d_2 = 0,4 \text{ мм}; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} - ?$$

$$\frac{F}{\frac{\pi}{4} d_1^2} = G\varepsilon_1; \frac{F}{\frac{\pi}{4} d_2^2} = G\varepsilon_2; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{(0,4 \text{ мм})^2}{(0,2 \text{ мм})^2} = 4$$

826

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l_1}{l} = E\varepsilon_1; \frac{F}{2S} = E \frac{\Delta l_2}{\frac{l}{2}} = E \frac{2\Delta l_2}{l} = E\varepsilon_2; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = 2; \frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{1}{4}$$

827

$$F = 2,5 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Н}; G = 1 \text{ кН/мм}^2 = 10^9 \text{ Па}; S - ?$$

$$\frac{F}{S} = G; S = \frac{F}{G} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \text{ Н}}{10^9 \text{ Па}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

828

$$d = 18 \text{ мм} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}; G = 200 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}; F - ?$$

$$F = G \frac{\pi}{4} d^2 \approx 2 \cdot 10^8 \text{ Па} \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 1,8^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \approx 5,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

829

$$m = 200 \text{ кг}; G = 10^8 \text{ Па}; S - ?$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{5}; S = \frac{5mg}{G} = \frac{5 \cdot 200 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10^8 \text{ Па}} = 10^{-4} \text{ м}^2$$

830

$$m = 30 \text{ кг}; S = 5 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{5}; G = \frac{5mg}{S} = \frac{5 \cdot 30 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Итак, материал должен иметь предел прочности $> 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$. Это может быть сталь.

831

$P = 100 \text{ кН} = 10^5 \text{ Н}$; $N = 200$; $G = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}$; $E = 350 \text{ МПа} = 3,5 \cdot 10^8 \text{ Па}$; $d - ?$

$$\frac{P}{NS} = \frac{G}{5}; S = \frac{5P}{NG}; S = \frac{\pi}{4} d^2; d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$d = 2\sqrt{\frac{5P}{\pi NG}} \approx 2\sqrt{\frac{10^5 \text{ Н}}{3,14 \cdot 200 \cdot 3,5 \cdot 10^8 \text{ Па}}} \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

832

$G = 6 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $h - ?$

$$\frac{\rho g S h}{S} = \frac{G}{6}; h = \frac{G}{6\rho g} = \frac{6 \cdot 10^6 \text{ Па}}{6 \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 50 \text{ м}$$

833

$d = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $G = 70 \text{ кН/см}^2 = 7 \cdot 10^7 \text{ Па}$; $m - ?$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{10}; S = \frac{\pi}{4} d^2; m = \frac{GS}{10g} = \frac{\pi G d^2}{40g} \approx \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2}{40 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 495 \text{ кг}$$

834

$G = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}$; $\rho_C = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\rho_B = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $h - ?$

$$G = \frac{mg - F_A}{S} = \frac{ghS(\rho_C - \rho_B)}{S} = gh(\rho_C - \rho_B)$$

$$h = \frac{G}{g(\rho_C - \rho_B)} = \frac{5 \cdot 10^8 \text{ Па}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3})} \approx 7,3 \text{ мм}$$

835

$l = 42 \text{ см} = 0,42 \text{ м}$; $r = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\Delta l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$; $m = 20 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$; $V = 20 \text{ м/с}$; $E - ?$

$$F = SG = \pi r^2 E \frac{\Delta l}{l} = k \Delta l, \text{ где } k = \frac{\pi r^2 E}{l}$$

Мы получили выражение для силы упругости. Энергия, запасенная в резинном шнуре:

$$E = \frac{k \Delta l^2}{r} = \frac{\pi r^2 E}{rl} \Delta l^2 = \frac{m V^2}{2}$$

$$E = \frac{mV^2 l}{\pi r^2 \Delta l^2} \approx \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot 20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,42 \text{ м}}{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3}) \text{ м} \cdot 0,2^2 \text{ м}^2} \approx 3 \text{ МПа}$$

836

$$S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2; F = 50 \text{ Н}; E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta T = ?$$

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l \alpha \Delta T; \frac{F}{S} = E \alpha \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{F}{SE\alpha} = \frac{50 \text{ Н}}{10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 26 \text{ К}$$

837

$$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2; \Delta T = 50^\circ \text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; E = \\ = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; p = ?$$

$$p = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \alpha l \Delta T; \frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$$

$$p = \alpha E \Delta T$$

$$F = pS = \alpha E S \Delta T = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 50 \text{ К} \approx 1,1 \text{ МН}$$

838

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 20^\circ \text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; p = ?$$

$$p = E \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l \alpha \Delta T$$

$$p = E \alpha \Delta T = E \alpha (T_2 - T_1) = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 20 \text{ К} = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

839

$$T_0 = 283 \text{ К}; T_1 = 303 \text{ К}; T_2 = 243 \text{ К}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$$

$$G_1 = E \frac{\Delta l_1}{l}; \Delta l_1 = l \alpha (T_1 - T_0)$$

$$G_1 = E \alpha (T_1 - T_0) = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (303 \text{ К} - 283 \text{ К}) = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Аналогично

$$G_2 = E \alpha (T_0 - T_2) = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (283 \text{ К} - 243 \text{ К}) = 8,8 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$$4,4 \cdot 10^7 \text{ Па} \leq G \leq 8,8 \cdot 10^7 \text{ Па}.$$

840

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 500^\circ \text{C}; \Delta l = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}; S = 2 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\ E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; l = 2 \text{ м}; F = ?$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta l_1 = l \alpha \Delta T$$

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{l} = E \frac{l\alpha\Delta T - \Delta l}{l} = E \left(\alpha\Delta T - \frac{\Delta l}{l} \right)$$

$$F = SE \left(\alpha\Delta T - \frac{\Delta l}{l} \right) = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot$$

$$\cdot \left(1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 500 \text{ К} - \frac{10^{-2} \text{ м}}{2 \text{ м}} \right) = 4 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

841

$T_1 = 0^\circ\text{C}$; $G = 5 \text{ Н/мм}^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $E = 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 10^{10} \text{ Па}$;

$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$

$$\Delta l = l\alpha(T_2 - T_1); G = E \frac{\Delta l}{l} = E\alpha(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{G}{E\alpha} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па}}{10^{10} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 42^\circ\text{C}$$

842 Шарик заряжен положительно, т.к. если бы он был незаряжен, его бы притягивало и положительно, и отрицательно заряженное тело из-за электростатической индукции

843 Легкая станиолевая гильза притягивается и к положительно заряженной стеклянной палочке, и к отрицательно заряженной эбонитовой из-за того, что на ближней поверхности гильзы индуцируется заряд противоположного, а на дальней соответствующего знака.

844 Когда к стержню электроскопа поднесли положительно заряженную палочку, электроны индуцируются на ближайшем к палочке конце; отрицательный заряд, на другом конце стержня индуцируется положительный заряд.

Если прикоснуться пальцем руки к стержню, то часть отрицательного заряда перейдет на человека и стержень в целом уже станет положительно заряженным (внизу стержня положительный заряд по величине больше отрицательного вверх). Если палочку удалить, то электроны из верхней части стержня перейдут в нижнюю, а на верхнюю часть стержня будут переходить электроны с пальца руки до тех пор, пока стержень электрометра снова не станет электрически нейтральным.

845 После поднесения положительно заряженной стеклянной палочки к электроскопу верхняя часть стержня заряжается отрицательно (см. решение задачи № 844). После прикосновения к стержню пальцем часть отрицательного заряда уйдет через палец со стержня и после удаления стеклянной палочки и пальца электроскоп в целом останется положительно заряженным.

846 Если шарик неметаллический (значит, в нем нет свободных электронов), то можно. Если же металлический, то нельзя, т.к. он может не иметь заряда, и притяжение в этом случае происходит за счет электризации на расстоянии.

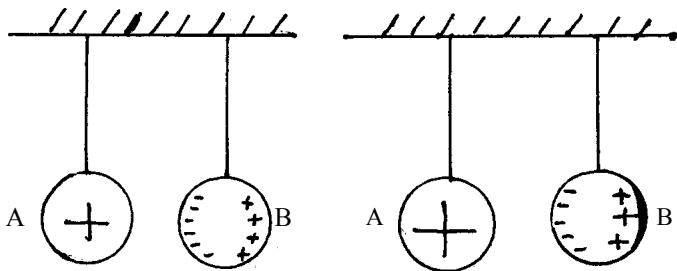
847 Т.к. гильзы неметаллические, то электризации на расстоянии между ними быть не может. Поэтому, поднося какой-либо заряженный предмет, по отношению одной из гильз можно определить, какая заряжена, а какая – нет.

848 Отрицательный заряд.

849 Конеч молниеотвода заостряют, чтобы удар молнии был маленького сечения, т.е. чтобы в атмосфере заряд распространялся по достаточно узкому пути, иначе произойдет мощный удар, что небезопасно.

850 Уменьшает. Без молниеотвода молния может попасть с большей вероятностью в другие части здания, притягивающие электрический заряд.

851



а) Если шар В не заряжен, то под действием положительно заряженного шара А в первом произойдет перераспределение зарядов: свободные электроны в шаре В будут скапливаться на его ближней стороне к шару А. В результате шары будут притягиваться, т.е. сила электрического взаимодействия не будет равна нулю, что противоречит условию. Значит, шар В заряжен таким образом, что сила электрического взаимодействия равна нулю. Это возможно, если шар В зарядить положительно так, чтобы заряд шара В был меньше заряда шара А. В таком случае также произойдет перераспределение заряда в шаре В под действием положительного заряда шара А. Сила электрического взаимодействия между шарами будет равна нулю, шар В будет заряжен так, что силы электрического взаимодействия между шаром А и отрицательным зарядом шара В, а также между шаром А и положительным зарядом шара В будут равны по величине.

б) (начало решения – см. пункт а).

Если шар В будет иметь такой положительный заряд (не очень большой по сравнению с зарядом шара А), что сила электрического взаимодействия между шаром А и отрицательно заряженной частью шара В будет больше силы электрического взаимодействия между шаром А и положительно заряженной частью шара, то шары будут притягиваться.

852 $q_1 = 1$ мкКл; $q_2 = -1$ мкКл; $r = 10$ см. $F = ?$

По закону Кулона

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}, \text{ где } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}; F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = 0,9 \text{ (Н)}$$

853

$q_1 = 10$ нКл; $q_2 = 15$ нКл; $r = 5$ см. $F = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}; F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-9}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ (Н)}$$

854

$q_1 = 2 \text{ нКл}; q_2 = 5 \text{ нКл}; F = 6 \text{ мН}. r = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}, r = \sqrt{\frac{k|q_1||q_2|}{F}}; r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 10^{-3}}} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ (см)}$$

855

$F = 0,4 \text{ мН}; r = 5 \text{ см}; q_1 = q_2 = q; q = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}; q = r \sqrt{\frac{F}{k}}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^9}} = 1,05 \cdot 10^{-8} \text{ (Кл)} = 10,5 \text{ (нКл)}$$

856

$q_1 = 1 \text{ нКл}; q_2 = 4 \text{ нКл}; \epsilon_1 = 1; \epsilon_2 = 2; r = 2 \text{ см}. F_1 = ? F_2 = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}; F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)}$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)}$$

857

$q_{1(0)} = -1,5 \text{ мКл}; q_{2(0)} = 25 \text{ мКл}; r = 6 \text{ см}. q_1 = ? q_2 = ? F = ?$

Так как шарики одинаковые, то по закону сохранения заряда их заряды после соприкосновения будут равны: $q_1 = q_2 = \frac{q_{1(0)} + q_{2(0)}}{2}$

$$q_1 = q_2 = \frac{-1,5 + 25}{2} = 11,75 \text{ (мКл)}; F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(11,75 \cdot 10^{-6})^2}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 4,97 \cdot 10^2 \text{ (Н)}$$

858

$|q_1| = 5|q_2|$

а) $q_1 \cdot q_2 > 0; \frac{F}{F_0} = ?$

б) $q_1 \cdot q_2 < 0; \frac{F}{F_0} = ?$

$$\text{a) } F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k5q_2^2}{r^2}$$

Т.к. шарики одинаковые и одноименно заряженные, то после соприкосновения их заряды будут равны

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{5q_2 + q_2}{2} = 3q_2; \quad F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{k9q_2^2}{r^2}$$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{9}{5} = 1,8, \text{ т.е. сила взаимодействия увеличится в } 1,8 \text{ раза.}$$

$$\text{б) } F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k5q_2^2}{r^2}$$

Так как шарики одинаковые и разноименно заряженные, то их заряды после соприкосновения будут равны (считаем, что $q_1 < 0$, $q_2 > 0$, например)

$$q = \frac{q_2 - q_1}{2} = \frac{q_2 + 5q_2}{2} = -2q_2; \quad F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{k4q_2^2}{r^2}$$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{4}{5} = 0,8; \quad \frac{F_0}{F} = 1,25, \text{ то есть сила взаимодействия уменьшится в } 1,25$$

раза.

859

$$q; 4q; x. \quad F_1 = F_0. \quad r - ?; \quad F_0 = k \frac{q \cdot 4q}{x^2} = \frac{k4q^2}{x^2}$$

Т.к. шарики одинаковы, после соприкосновения их заряды будут равны

$$q_1 = \frac{q + 4q}{2} = 2,5q; \quad F_1 = k \frac{q_1^2}{r^2} = 6,25k \frac{q^2}{r^2}$$

$$F_1 = F_0; \quad 6,25 \frac{kq^2}{r^2} = 4 \frac{kq^2}{x^2}. \quad r = \sqrt{\frac{6,25}{4}} x = 1,25x$$

860

$q_1; q_2; q_1 \cdot q_2 > 0; q_1 \neq q_2$. Доказать, что $F_1 > F_0$.

$$F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

После соприкосновения одинаковых и одноименно заряженных шариков их

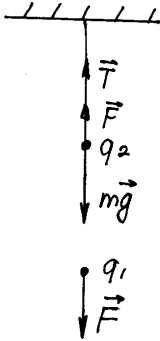
заряды будут равны $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$

$$F_1 = k \frac{q^2}{r^2} = k \frac{(q_1 + q_2)^2}{4r^2}; \quad F_1 - F_0 = \frac{k}{r^2} \left[\frac{(q_1 + q_2)^2}{4} - q_1 \cdot q_2 \right] = \frac{k}{r^2} \left(\frac{q_1 - q_2}{2} \right)^2 > 0,$$

т.е. $F_1 > F_0$ — сила взаимодействия после соприкосновения увеличивается.

Из равенства $F_1 - F_0 = \frac{k}{r^2} \left(\frac{q_1 - q_2}{2} \right)^2$ видно, что чем больше различие в значении зарядов (то есть чем больше $q_1 - q_2$), тем больше увеличивается разность $F_1 - F_0$, то есть тем значительно увеличивается сила взаимодействия F_1 , что и требовалось доказать.

861



$m = 150 \text{ мГ}; q_1 = 10 \text{ нКл}; r = 32 \text{ см}.$

а) $T_1 = \frac{T_0}{2}$; б) $T_1 = 2T_0$; $q_2 = ?$

а)

$$\bar{T}_0 + m\bar{g} = 0$$

$$T_0 - mg = 0; T_0 = mg. \quad \bar{T}_0 = -m\bar{g}$$

$$\bar{T}_1 + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad \frac{\bar{T}_0}{2} + m\bar{g} + \bar{F} = 0$$

$$\frac{m\bar{g}}{2} + \bar{F} = 0; \quad \bar{F} = -\frac{1}{2}m\bar{g}$$

Видно, что сила электрического взаимодействия должна быть направлена против ускорения свободного падения, т.е. заряд q_2 должен быть такого же знака, что и q_1 , т.е. $q_2 > 0$.

$$F = \frac{mg}{2}; \quad F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}; \quad k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{mg}{2}; \quad q_2 = \frac{r^2 \cdot mg}{2kq_1}$$

$$q_2 = \frac{150 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81 \cdot 0,32^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 8,37 \cdot 10^{-7} \text{ (Кл)}$$

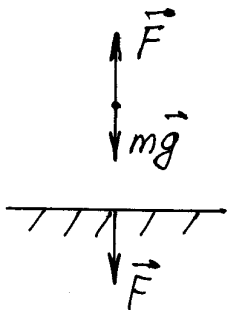
б)

$$\bar{T}_0 + m\bar{g} = 0; \quad \bar{T}_0 = -m\bar{g}; \quad T_0 = mg; \quad \bar{T}_1 + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad 2\bar{T}_0 + m\bar{g} + \bar{F} = 0$$

$$2(-m\bar{g}) + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad \bar{F} = m\bar{g}$$

Сила электрического взаимодействия 2-х шариков сонаправлена с вектором \bar{g} , значит, шарики должны притягиваться. Следовательно, $q_2 < 0$.

$$k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = mg; \quad q_2 = -\frac{r^2 \cdot mg}{kq_1}; \quad q_2 = -\frac{0,32^2 \cdot 150 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)}$$



$q_{1(0)} = 20 \text{ нКл}$; $q_{2(0)} = 0$; $m = 0,1 \text{ г}$. $h - ?$

При соприкосновении заряды обоих шариков станут одинаковыми и

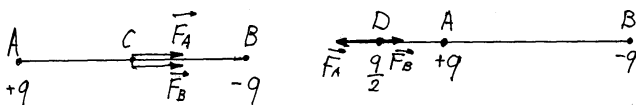
равными $q = q_1 = q_2 = \frac{q_{1(0)} + q_{2(0)}}{2}$. $q = \frac{20}{2} = 10 \text{ (нКл)}$. Условие равнове-

сия шарика В на высоте h от шарика А записывается в виде $F = mg$,

где $F = k \frac{q^2}{h^2}$. $k \frac{q^2}{h^2} = mg$. $h = q \sqrt{\frac{k}{mg}}$;

$$h = 10 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}} = 3,03 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}$$

863



$$+q; -q; \frac{q}{2}; |DA| = |AC| = \frac{1}{2}|AB|. \frac{F_1}{F_2} - ?$$

а) Обозначим $|AB|$ за x . Тогда сила, действующая на заряд $\frac{q}{2}$, помещенный

$$\text{в точку С, равна } F_1 = k \frac{|q| \cdot \frac{q}{2}}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} + k \frac{|q| \cdot \frac{q}{2}}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} = \frac{4kq^2}{x^2}.$$

б) Сила F_2 , действующая на заряд $\frac{q}{2}$ в точке D, равна

$$F_2 = |\vec{F}_A| - |\vec{F}_B| = \frac{kq^2}{2} \left(\frac{1}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(\frac{3x}{2}\right)^2} \right) = \frac{16}{9} \frac{kq^2}{x^2}; \quad \frac{F_1}{F_2} = 4 : \frac{16}{9} = 2,25$$

Следовательно, сила F_1 больше силы F_2 в 2,25 раза.

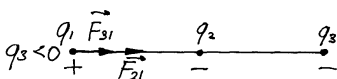
864

$q_1 = 40$ нКл; $q_2 = -10$ нКл; $r = 10$ см. $q_3 = ?$ $x = ?$

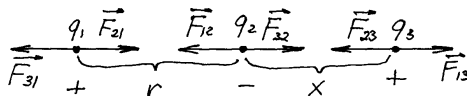
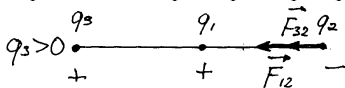
Если поместить заряд q_3 между зарядами q_1 или q_2 , то со стороны этих зарядов на заряд q будут действовать 2 силы, направленные в одну сторону.

Следовательно, система не будет находиться в равновесии. Если заряд q поместить не на прямой, соединяющей q_1 и q_2 , то равнодействующая сил, действующих со стороны q_1 и q_2 на заряд q_3 , также не будет равна нулю.

Если поместить отрицательный заряд q_3 справа от заряда q_2 или положительный заряд q_3 слева от q_1 , то равнодействующая сил, действующих соответственно на заряды q_1 и q_2 , никогда не обратится в ноль.



Рассмотрим случай, когда заряд $q_3 > 0$ помещен справа от заряда q_2 на прямой, проходящей через заряды q_1 и q_2 . (см. рис.).



Условия равновесия запишутся следующим образом:

$$F_{31} = F_{21}; F_{12} = F_{32}; F_{23} = F_{13}.$$

или

$$\left\{ \begin{array}{l} k \frac{|q_3| \cdot |q_1|}{(r+x)^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_1|}{r^2} \\ k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} \\ k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(r+x)^2} \end{array} \right.$$

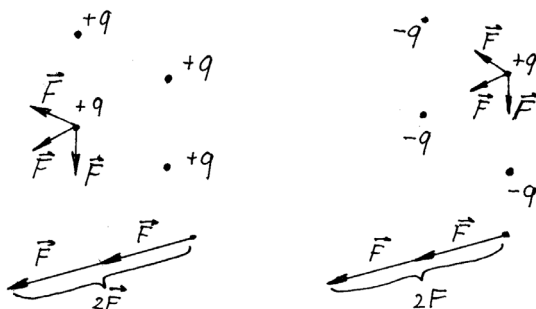
$$\frac{q_1}{(r+x)^2} = -\frac{q_2}{x^2}; \quad \sqrt{-\frac{q_1}{q_2}} = \frac{r}{x} + 1; \quad x = \frac{r}{\sqrt{-\frac{q_1}{q_2}} - 1};$$

$$x = \frac{10}{\sqrt{-\frac{40}{-10}} - 1} = 10 \text{ (см)}; \quad x = r; \quad q_3 = q_1 \frac{x^2}{r^2} = q_1; \quad q_3 = 40 \text{ нКл}.$$

Аналогично, решая задачу для случая, когда заряд $q_3 < 0$ помещен слева от заряда q_1 , получаем $x = -20$ см, $q_3 = -40$ нКл, т.е. заряд $q_3 < 0$ опять же должен быть помещен справа от q_2 , чего быть не может (так как $q_3 = -40$ нКл < 0 и равновесия не будет).

Получаем единственный ответ: $x = 10$ см, $q_3 = 40$ нКл, равновесие неустойчивое.

865

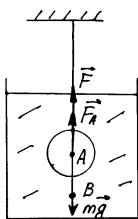


$F - ?$

Таким образом, на заряд $+q$ действуют силы со стороны положительных зарядов $\vec{F} + \vec{F} = \vec{F}$ – правило параллелограмма со стороны отрицательных зарядов ($\vec{F} + \vec{F} = \vec{F}$)

Суммарная сила: $2\vec{F} + 2\vec{F} = 4\vec{F}$, где $F = k \frac{q^2}{a^2}$

866



$$V = 9 \text{ мм}^3; \quad \rho_{\text{стали}} = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad q_{\text{ш}} = 7 \text{ нКл}; \quad q_{\text{в}} = -2,1 \text{ нКл};$$

$$\epsilon = 2; \quad \rho_{\text{кер}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad r - ?$$

Условия равновесия

$$F + F_A = mg$$

$$\text{где } F = k \frac{q_{\text{ш}} q_{\text{в}}}{\epsilon r^2}$$

$F_A = \rho_{\text{кер}} Vg$ – сила Архимеда

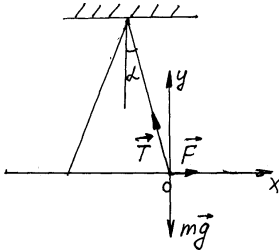
$m = \rho_{\text{ст}} V$ – масса пылинки.

$$k \frac{|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon r^2} + \rho_{\text{кер}} Vg = \rho_{\text{ст}} Vg ; k \frac{|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon r^2} = (\rho_{\text{кер}} - \rho_{\text{ст}}) \cdot Vg$$

$$r = \sqrt{\frac{k|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon(\rho_{\text{кер}} - \rho_{\text{ст}})Vg}} ; r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot 10^{-9} \cdot 2,1 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (7800 - 800) \cdot 9 \cdot 10^{-9} \cdot 10}} = 0,01 \text{ (м)}$$

Равновесие неустойчивое.

867



$$m_1 = m_2 = m = 10 \text{ мГ}; l = 30 \text{ см}; \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = 15^\circ; q_1 = q_2 = q - ?$$

$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось x :

$$F = T \sin \alpha$$

на ось y :

$$T \cos \alpha = mg$$

}

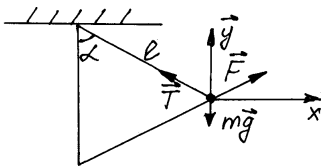
$$\frac{F}{mg} = \tan \alpha; F = mgtg \alpha; F = k \frac{q^2}{r^2}; r = 2l \sin \alpha$$

$$F = k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \alpha}; k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \alpha} = mgtg \alpha; q = 2l \sin \alpha \sqrt{\frac{mgtg \alpha}{k}}$$

$$q = 2 \cdot 0,3 \cdot \sin 15^\circ \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \tan 15^\circ}{9 \cdot 10^9}} = 8,47 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)} = 8,47 \text{ нКл}$$

868

$$l = 20 \text{ см}; m_1 = m_2 = m = 5 \text{ Г}; q_1 = q_2 = q; \alpha = 60^\circ; q - ?$$



$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось x :

$$F \sin \alpha = T \sin \alpha$$

на ось y :

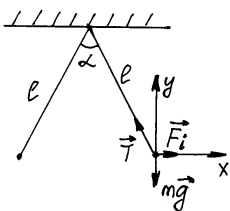
$$T \cos \alpha + F \cos \alpha = mg$$

$$F = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; F = k \frac{q^2}{l^2}; k \frac{q^2}{l^2} = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; q = l \sqrt{\frac{mg}{2k \cos \alpha}}$$

$$q = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \cos 60^\circ}} = 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ (Кл)}$$

869

$$\rho_k = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \varepsilon = 2; m_1 = m_2 = m; \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha; q_1 = q_2 = q. \rho_{\text{м}} - ?$$



$$\text{В воздухе: } \vec{T} + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось x :

$$F_1 = T \sin \frac{\alpha}{2}$$

на ось y :

$$T \cos \frac{\alpha}{2} = mg$$

$$F_1 = mgtg \frac{\alpha}{2}; F_1 = k \frac{q^2}{4l^2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{В керосине: } \vec{F}_A + \vec{T} + \vec{F}_2 + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось x :

$$F_2 = T \sin \frac{\alpha}{2}$$

на ось y :

$$T \cos \frac{\alpha}{2} + F_A = mg$$

$$F_A = \rho_K V_{\text{ш}} g; V_{\text{ш}} = \frac{m}{\rho_{\text{ш}}}; F_A = \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} mg; F_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = mg \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right)$$

$$F_2 = mg \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right); F_2 = F_1 \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right)$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{\epsilon 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}; F_1 = k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{\epsilon} = 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}}; \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} = 1 - \frac{1}{\epsilon}; \rho_{\text{ш}} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \rho_K; \rho_{\text{ш}} = \frac{2}{2 - 1} 800 = 1600 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

870

$$q_1 = q_2 = q; H; m; v_0; l - ?$$

По закону сохранения энергии для летящего вниз шарика

$$W_{\text{p}(0)} + W_{\text{k}(0)} = W_{\text{p}(l)}$$

$$\text{где } W_{\text{p}(0)} = mgH + k \frac{q^2}{H} - \text{начальная потенциальная энергия,}$$

$$W_{\text{k}(0)} = \frac{mv_0^2}{2} - \text{начальная кинетическая энергия,}$$

$$W_{\text{p}(l)} = mgl + k \frac{q^2}{l} - \text{конечная потенциальная энергия}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} = mgl + k \frac{q^2}{l}$$

$$mgl^2 - l \left(\frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \right) + kq^2 = 0;$$

$$l_{1,2} = \frac{1}{2mg} \left[\frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \pm \sqrt{\left(\frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \right)^2 - 4mgkq^2} \right]$$

$$l = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{v_0^2}{2g} + \frac{kq^2}{mgH} + H \right) - \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} + \frac{kq^2}{mgH} + H \right)^2 - \frac{4kq^2}{mg}} \right]$$

871

$$|q_1| = |q_2| = q; q_1 \cdot q_2 < 0; H, m, v_0, l - ?$$

(Начало решения: см. задачу № 870)

$$W_{p(0)} = k - \frac{q_1 \cdot q_2}{H} = -k \frac{q^2}{H}; W_{p(l)} = -\frac{kq^2}{l}; \frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} = mgl - \frac{q^2}{l}$$

$$l_{1,2} = \frac{1}{2mg} \left[\left(\frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} \right)^2 - 4mgkq^2} \right]$$

$$l = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{v_0^2}{2g} - \frac{kq^2}{mgH} + H \right) + \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} - \frac{kq^2}{mgH} + H \right)^2 + \frac{4kq^2}{mg}} \right]$$

872

$$r = 1 \text{ м}; q_0 = 0,1 \text{ нКл}; q_1 = -10 \text{ нКл}; E - ? F - ?$$

$$E = k \frac{q_0}{n^2}; E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-9}}{1^2} = 0,9 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$$

$$F = |q_1|E; F = |-10 \cdot 10^9| \cdot 0,9 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ (Н)}$$

873

$$E_T = 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}; \alpha = 10^{-10} \text{ м}; \frac{E_A}{E_T} - ?$$

$$E_A = k \frac{l}{\left(\frac{d}{2} \right)^2} = 4k \frac{l}{d^2} = 4 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{10^{-20} \text{ м}^2} = 5,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$\frac{E_A}{E_T} = \frac{5,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}}{10^7 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}} = 5,76 \cdot 10^4$$

874

$$E = 1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}; r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; q - ?$$

$$E = \frac{q}{r^2}; q = \frac{Er^2}{k} = \frac{1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}} \approx 4,4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

875

$$q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; E = 0,25 \text{ В/м}; \epsilon = 81; r - ?$$

$$E = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{q}{r^2}; \quad r = \sqrt{\frac{kq}{\varepsilon E}} \approx \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{81 \cdot 0,25 \frac{\text{В}}{\text{м}}}} \approx 2,1 \text{ м}.$$

876

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \quad q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \quad R = 0,6 \text{ м}; \quad E - ?$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{\left(\frac{R}{2}\right)^2} = 4k \frac{q_1}{R^2}; \quad E_2 = k \frac{q_2}{\left(\frac{R}{2}\right)^2} = 4k \frac{q_2}{R^2}$$

$$E = E_1 - E_2 = \frac{4k}{R^2} (q_1 - q_2) = \frac{4 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}}{0,6^2 \text{ м}^2} (4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} + 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}) = 900 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

877

$$R = 8 \text{ см}; \quad r - ?$$

$$E_1 = k \frac{q}{r^2}; \quad E_2 = k \frac{9q}{(R-r)^2}; \quad E = k \frac{q}{r^2} - k \frac{9q}{(R-r)^2} = 0; \quad \frac{1}{r^2} - \frac{9}{(R-r)^2} = 0$$

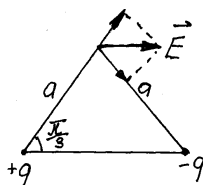
$$9r^2 = (R-r)^2; \quad 3r = \pm (R-r)$$

Т.к. $r > 0$, то остается корень $3r = R - r$

$$r = \frac{R}{4} = \frac{8 \text{ см}}{4} = 2 \text{ см}$$

878

$$q = 18 \text{ нКл} = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; \quad a = 2 \text{ м}; \quad E - ?$$



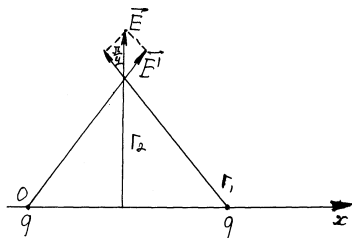
$$E' = k \frac{q}{a^2}; \quad E = 2k \frac{q}{a^2} \cos \frac{\pi}{3} = k \frac{q}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{2^2 \text{ м}^2} = 40,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряженность параллельна линии, соединяющей q и $-q$ и направлена от q к $-q$.

879

$$q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; \quad r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; \quad r_2 = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

$$Q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}; \quad E - ? \quad F - ?$$



$$E' = k \frac{q}{\frac{r_1^2}{4} + r_2^2} = 4k \frac{q}{r_1^2 + 4r_2^2}$$

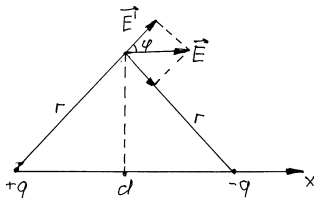
$$E = 2E' \cos \frac{\pi}{4} = 4\sqrt{2}k \frac{q}{r_1^2 + 4r_2^2} \approx$$

$$\approx 4 \cdot 1,41 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{M}^2}{\text{КЛ}^2} \cdot \frac{10^{-8} \text{КЛ}}{0,1^2 \text{M}^2 + 4 \cdot 0,05^2 \text{M}^2} \approx 2,54 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

$$F = QE = 10^{-7} \text{КЛ} \cdot 2,54 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}} = 2,54 \cdot 10^{-3} \text{КЛ}$$

880

$q = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{КЛ}$; $d = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ М}$; $r = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ М}$; $E = ?$



$$E' = k \frac{q}{r^2}; \cos \varphi = \frac{d}{2r}; E = 2E' \cos \varphi = 2k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{d}{2r} = k \frac{qd}{r^3} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{М}^2}{\text{КЛ}^2} \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{-6} \text{КЛ} \cdot 0,12 \text{М}}{0,08^3 \text{М}^3} = 13,5 \cdot 10^7 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

881

$m = 1 \cdot 10^{-9} \text{г} = 10^{-12} \text{кг}$; $q = 3,2 \cdot 10^{-17} \text{КЛ}$; $E = ?$

$$mg = qE; E = \frac{mg}{q} = \frac{10^{-12} \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{3,2 \cdot 10^{-17} \text{КЛ}} \approx 3,1 \cdot 10^5 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

882

$$l = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \rho = 900 \text{ кг/м}^3; E = 10\,000 \text{ В/м} = 10^4 \text{ В/м}; d = ?$$

$$mg = lE; \rho \frac{\pi}{6} d^3 g = lE$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6lE}{\pi \rho g}} \approx \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{3,14 \cdot 900 \cdot 10}} \approx 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

883

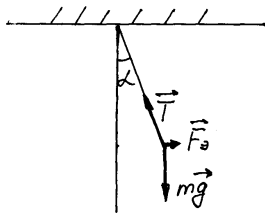
$$m = 0,18 \text{ г} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3; \rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3; E = 45 \text{ кВ/м} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ В/м}; q = ?$$

$$mg = qE + \frac{m}{\rho_1} \rho_2 g$$

$$q = \frac{mg}{E} \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4,5 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}} \left(1 - \frac{900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \right) = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

884

$$m = 0,25 \text{ г} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}; E = 1,0 \cdot 10^6 \text{ В/м}; q = 2,5 \text{ нКл} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \alpha = ?$$



$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

$$T \cos \alpha = mg$$

$$T \sin \alpha = F_e = qE$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 10^6 \text{ В/м}}{2,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1$$

$$\alpha = \arctg 1 = \frac{\pi}{4}$$

885

$$q = 20 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; \varphi_1 = 700 \text{ В}; \varphi_2 = 200 \text{ В}; \varphi_1' = 100 \text{ В}; \\ \varphi_2' = 400 \text{ В}; A - ? A' - ?$$

$$A = q (\varphi_1 - \varphi_2) = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot (700 \text{ В} - 200 \text{ В}) = 10^{-5} \text{ Дж}$$

$$A' = q (\varphi_1' - \varphi_2') = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot (100 \text{ В} - 400 \text{ В}) = -6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

886

$$E = 1 \text{ кВ/м} = 10^3 \text{ В/м}; q = -25 \text{ нКл} = -2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; d = 2 \text{ см} = \\ = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}; A - ? \Delta W - ? U - ?$$

$$U = Ed = 10^3 \text{ В/м} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 20 \text{ В}$$

$$A = qU = -2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 20 \text{ В} = -5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = -A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

887

$$E = 60 \text{ кВ/м} = 6 \cdot 10^4 \text{ В/м}; q = 5 \text{ нКл} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \alpha = 60^\circ; d = \\ = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; A - ? \Delta W - ? U - ?$$

$$U = Ed \cos \alpha = 6 \cdot 10^4 \text{ В/м} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot \frac{1}{2} = 6 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$A = qU = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 6 \cdot 10^3 \text{ В} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = -A = -3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

Для отрицательного заряда:

$$U = 6 \cdot 10^3 \text{ В}; A = -3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}; \Delta W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

888. $q_1 = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; q_1 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}; R = 1,1 \text{ м}; E - ?$

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{r}; \varphi_2 = k \frac{q_1}{r}; \varphi_1 + \varphi_2 = 0; k \frac{q_1}{r} + k \frac{q_1}{r} = 0;$$

$$r = R \frac{q_1}{q_1 - q_2} = 1,1 \text{ м} \cdot \frac{10^{-8} \text{ Кл}}{10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} + 10^{-9} \text{ Кл}} = 1 \text{ м};$$

$$E = k \left(\frac{q_1}{r^2} - \frac{q_2}{(R - r)^2} \right) = 9 \cdot 10^2 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл} \cdot \text{л}^2} \left(\frac{10^{-8} \text{ Кл}}{1^2 \text{ м}^2} + \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{(1,1 \text{ м} - 1 \text{ м})^2} \right) =$$

$$= 9,9 \text{ В/м} \approx 1 \text{ кВ/м.}$$

889.

Смотри рисунок к задаче.

$$q_1 = 2 \text{ мКл} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}; q_2 = 5 \text{ мКл} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}; \\ d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}; Q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; r = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}; A - ?;$$

$$\varphi_1 = k \left(\frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{\sqrt{d^2 - r^2}} \right); \varphi_2 = k \left(\frac{q_1}{\sqrt{d^2 + r^2}} + \frac{q_2}{r} \right); A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) =$$

$$\begin{aligned}
&= kQ \left(\frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{\sqrt{d^2 - r^2}} - \frac{q_1}{\sqrt{d^2 + r^2}} - \frac{q_2}{r} \right) = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \\
&\cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{0,3 \text{ м}} + \frac{5 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{0,3^2 \text{ м}^2 + 0,4^2 \text{ м}^2}} - \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{0,3 \text{ м}} - \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{\sqrt{0,3^2 \text{ м}^2}} \right) = \\
&= -3,6 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.
\end{aligned}$$