

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015 уч.г.
9 класс



Вариант №2.

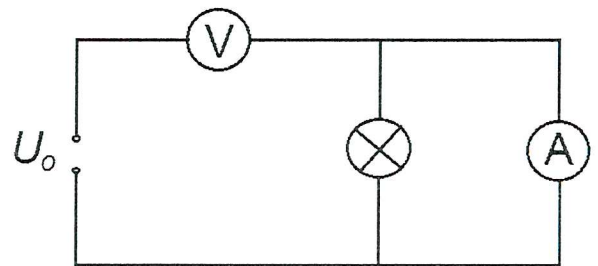
Задание 1 (15 баллов): Материальная точка, масса которой 4 кг, остановилась в результате равноускоренного торможения. Её кинетическая энергия на половине пути равна $E_k = 8$ Дж. Определите её начальную скорость.

Задание 2 (20 баллов): Искусственный спутник Земли запущен с экватора и вращается по круговой орбите против направления вращения Земли. Найдите отношение радиуса орбиты спутника к радиусу Земли, при котором спутник периодически проходит над точкой запуска два раза в сутки. Ускорение свободного падения на поверхности Земли $g = 10$ м/с², радиус Земли $r_3 = 6400$ км, длительность суток 24 часа.

Задание 3 (20 баллов): Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на $H = 4$ см. Человек массой $m = 80$ кг зашёл на льдину. В результате высота выступающей над водой части льдины уменьшилась в $n = 2$ раза. Найдите площадь льдины. Плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³.

Задание 4 (25 баллов): В сосуд, содержащий $m_1 = 20$ кг воды при температуре $T_1 = 298$ К, вливают $m_2 = 15$ кг расплавленного свинца, взятого при температуре плавления $T_{пл} = 600$ К. При этом образовалось $\Delta m_1 = 0,1$ кг пара. Какая установится температура T в сосуде, после того как свинец отвердеет? Температура кипения воды $T_k = 373$ К, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4190$ Дж/(кг · К), удельная теплоёмкость свинца $c_2 = 130$ Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $r = 2,25 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 30 \cdot 10^3$ Дж/кг. Теплоёмкостью сосуда пренебречь.

Задание 5 (20 баллов): Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Какими станут показания приборов, если их поменять в схеме местами. Сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно $U_0 = 12$ В.

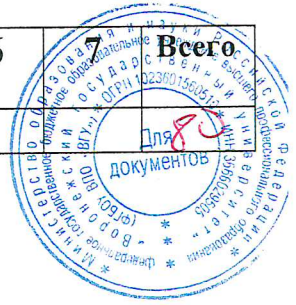




Олимпиада школьников
**Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности**

Шифр **36-09-04**

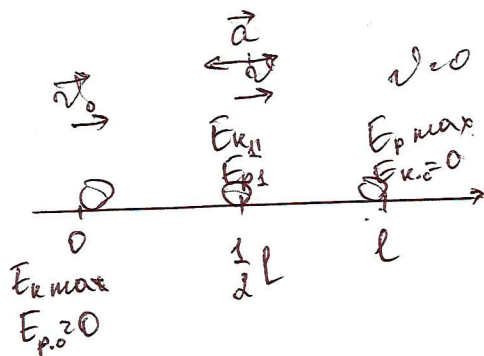
Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	15	0	20	25	20			100



Ценовик



№1
 Дано:
 $a = \text{const}$
 $l_1 = \frac{1}{2} l$
 $E_k = 8 \text{ Дж}$
 $v_0 = ?$



$F_{\text{тр}} = 0$.
 По д. э. т. $E_{k1} + E_{p1} = E_{p.\text{max}} + E_{k.0}$.

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{mgl}{2} = mgl + 0$$

$$v^2 + gl = 2gl$$

$$gl = v^2$$

$$E_{k1} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2E_{k1}}{m} = \frac{2 \cdot 8 \text{ Дж}}{m} = 4 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$gl = 4$$

$$l = 0,4 \text{ м.}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgl$$

$$v_0^2 = 2gl$$

$$v_0 = \sqrt{2gl}$$

$$v_0^2 = 2 \cdot 10 \cdot 0,4$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,4} = \sqrt{8} \text{ м/с} \approx 2,8 \text{ м/с}$$

Ответ: 2,8 м/с.

№2.

Дано:
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $r_3 = 6400 \text{ км}$
 $t_0 = 24 \text{ ч} = 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}$
 $R_0 = ?$
 $R_3 = ?$

$$v = 8 \text{ км/с} = 8000 \text{ м/с} - \text{первая космическая}$$

$$t = \frac{t_0}{2} = 12 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}$$

$$l = v \cdot t$$

$$l = 2\pi \cdot R$$

$$v \cdot t = 2\pi R_0$$

$$R_0 = \frac{v \cdot t}{2\pi}$$

$$R_0 = 8000$$

$$R_0 = \frac{v \cdot t}{2\pi \cdot R_3}$$

$$R_0 = \frac{8000 \text{ м/с} \cdot 12 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}}{2\pi \cdot 6400000 \text{ м}} \approx 8,6$$

Ответ: 8,6

№3.

Дано:

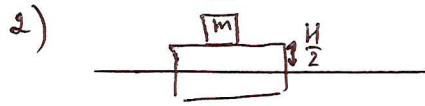
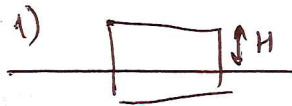
$H = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$

$m = 80 \text{ кг}$

$n = 2$

$\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$

$S = ?$



$\frac{H}{2} = \frac{0,04 \text{ м}}{2} = 0,02 \text{ м}$

После того, как чел-к встал на лодку, она вытеснила $V = \frac{m}{\rho_B}$ м³ воды
 Т.к. лодка не тонет $F_{Т.ч.} = \Delta F_A$, где ΔF_A - сила Архимеда, действующая на кусок лодки толщины S и высотой $0,02 \text{ м}$.

$m_{л} = \rho_B \cdot \frac{H}{2} \cdot S$

$S = \frac{m \cdot 2}{\rho_B \cdot H}$

$S = \frac{80 \text{ кг} \cdot 2}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,04 \text{ м}} = 4 \text{ м}^2$

Ответ: 4 м^2

№5.

Дано:

$U_H = 11 \text{ В}$

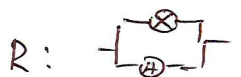
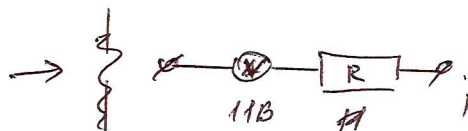
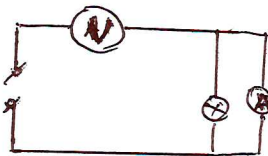
$I_H = 0,2 \text{ А}$

$R_B = 50 \text{ Ом}$

$U_0 = 12 \text{ В}$

$U_A, I_A = ?$

1)



Пусть лампочка - резистор Λ .

Λ и A параллельно, заменим их на резистор R .

V и R - посл. $\Rightarrow U_R = U_0 - U_V = 12 \text{ В} - 11 \text{ В} = 1 \text{ В}$.

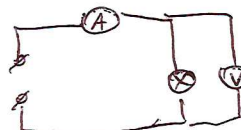
По закону Ома $I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{11 \text{ В}}{50 \text{ Ом}} = 0,22 \text{ А} = I_R$.

Λ и A парал. $\Rightarrow I_A = I_R - I_H = 0,22 \text{ А} - 0,20 \text{ А} = 0,02 \text{ А}$

$U_A = U_R = 1 \text{ В} \Rightarrow R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{1 \text{ В}}{0,02 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$

$R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{1 \text{ В}}{0,02 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$

2)



А и R - посл. $\Rightarrow R_0 = R_A + R_B$

$R_B = \frac{50 \text{ Ом}}{2} = 25 \text{ Ом}$

$R_0 = 5 + 25 = 30 \text{ (Ом)}$

Условие

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{12\text{В}}{30\text{Ом}} = 0,4\text{А} \Rightarrow I_n = 0,4\text{А}$$

$$U_A = 0,4\text{А} \cdot 50\text{Ом} = 2\text{В} \Rightarrow U_R = 12 - 2 = 10(\text{В})$$

Λ и V - парал. $\Rightarrow U_V = U_R = U_n = 10\text{В}$

Ответ: 10В и 0,4А.



№4.

Дано:

$$m_1 = 200\text{г}$$

$$T_1 = 298\text{К}$$

$$m_2 = 15\text{кг}$$

$$T_{\text{нл}} = 600\text{К}$$

$$\Delta m = 0,1\text{кг}$$

$$T_k = 373\text{К}$$

$$c_b = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$$

$$c_e = 130 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$$

$$r = 2,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\lambda_c = 30 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$T = ?$

При отвердевании свинца выделил. $Q_2 = \lambda_c m_c =$

$$= 15\text{кг} \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} = 450000 \text{ Дж теплоты.}$$

Чтобы выпар. получить 0,1кг пара нужно

$$Q_n = m_n \cdot r = 0,1 \cdot 2,25 \cdot 10^6 = 225000 \text{ (Дж)} \text{ теплоты.}$$

$$Q_k = 450000 - 225000 = 225000 \text{ (Дж)} \text{ теплоты пойдет на}$$

нагревание воды до T_k .

$$\frac{225000}{(373 - 298) \cdot 4190} = 0,7 \text{ (кг)} - \text{воды удастся нагреть до } 373\text{ К}$$

т.е. это 0,1кг превратится в пар.

Имеем 15кг свинца ($T_c = 600\text{К}$);

0,1кг пара ($T_n = 373\text{К}$) - сохраняем T_n

$$m'_b = 0,6\text{кг} \text{ воды } (T_b = T_n = 373\text{К})$$

$$m''_b = 19,3\text{кг} \text{ воды } (T_b = 298\text{К})$$

$$c_e m_e (T_c - T) + c_b m'_b (T_n - T) = m''_b \cdot c_b (T - T_b)$$

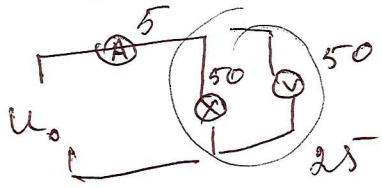
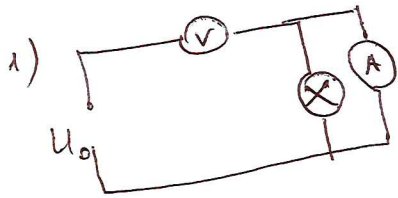
$$130 \cdot 15 \cdot 600 - 130 \cdot 15 \cdot T + 4190 \cdot 0,6 \cdot 373 - 0,6 \cdot 4190 \cdot T = 19,3 \cdot 4190 T - 19,3 \cdot 4190 \cdot 298$$

$$2620608,8 = 8533,1T$$

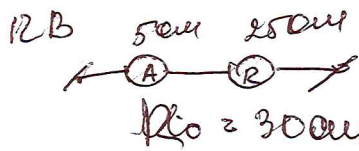
$$T = 307 \text{ К}$$

Ответ: 307 К.

Черновик



$$12 = \frac{1}{5} \cdot I + U$$



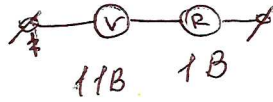
$$I_0 = \frac{3010}{R_{\Sigma}} = 2,5 \text{ A}$$

$$I_A = 2,5 \text{ A}$$

~~$$U_0 = 2,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ B}$$~~

$$U_A = 2,5 \cdot 5 = 12,5$$

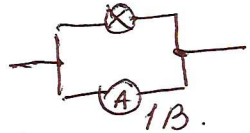
0,22 A



$$I = \frac{U}{R} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ A}$$

$$R = \frac{1}{0,22} = 4,5 \text{ Ом}$$

$$\frac{R_A \cdot R_A}{R_A + R_A} = 4,5 \text{ Ом} \quad 1 \text{ B}$$



$$R_0 = 4,5 \Rightarrow I_0 = \frac{1}{4,5} = \frac{101}{459} = \frac{1}{9} \approx 0,11 \text{ A}$$

$$I_0 = 0,22 \text{ A} \Rightarrow I_A = 0,02 \text{ A}$$

$$\frac{1}{0,2} = 5 = R_A$$

$$\frac{1}{0,2} = 5 = R_A$$

$$\frac{1}{50} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50} = 0,04$$

$$\frac{50}{2}$$



Черковник



1. $m = 4 \text{ кг}$
 $a = \text{const}$
 $l = \frac{1}{2} l_0$
 $E_k = 8 \text{ Дж}$
 $v_0 = ?$

$$E_{k0} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2} = 8 \text{ Дж} = 4 v^2$$

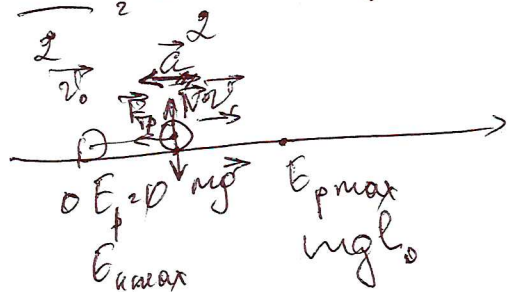
$$E_p = mgh$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + mgh$$

$F_{TP} = 0$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{mgl}{2}$$

$$v_0^2 = v^2 + gl$$



$$v = v_0 - at$$

$$v_0 = v + at$$

$$v_0^2 = 4 + 4 = 8$$

1. 3. 5. 7. ... $v_0 = 2 \text{ м/с}$

$$l = v_0 t$$

$$l_{ox} = v_{ox} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$\frac{v_0 t - \frac{at^2}{2}}{2} =$$

$$\frac{1}{2} l_0 = at - \frac{at^2}{2}$$

$$l_0 = 4t - at^2$$

$$E_{п\text{итк}} = 4 \cdot 10 \cdot \left(2t - \frac{at^2}{2} \right) + 8 =$$

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

$$-F_{TP} = -ma$$

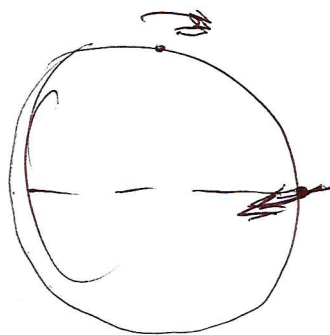
$$F_{TP} = ma$$

$$E_{k0} + E_{p0} = E_{k1} + E_{p1} + Q$$

$$\mu mg = ma \quad \mu g = a$$

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{mgl}{2} = mgl$$

2. $n = 2$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $r_3 = 6400 \text{ км}$
 $t = 24 \text{ ч} = 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}$
 $v_0 = ?$
 v_3



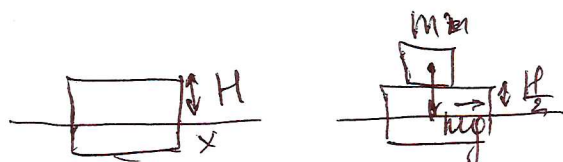
$$v = 8 \text{ км/с} = 8 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$v^2 + gl = 2gl$$

$$v^2 = gl$$

$$\frac{v^2}{g} = l = 64 \text{ м}$$

3. $H = 4 \text{ м}$ $z_0 = 0.4 \text{ м}$
 $m = 80 \text{ кг}$
 $n = 2$
 $\rho_b = 1000 \text{ кг/м}^3$
 $S_n = ?$



$$F_H = \rho g h = \rho g x$$

$$F_{H2} = \rho g (x + H) = F_T$$

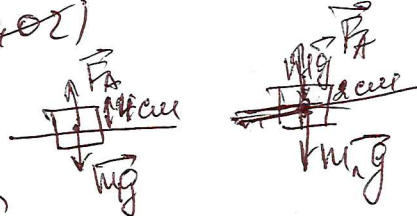
$$\rho g x = \rho_n \cdot S_n \cdot (H+x) g$$

$$\rho_b x = \rho_n S_n H + \rho_n S_n x$$

$$x = \frac{\rho_n S_n H}{\rho_b - \rho_n}$$

$$\rho_b g(x+a_0 z) = \rho_n g(x+a_0 z)$$

$$\rho_b = \rho_n \cdot S_n$$



l - высота погружения

$$h_{погруж} = l - a_0 z, \quad h_{возд} = b - a_0 z.$$

$$F_{A1} = \rho_b g(l - a_0 z), \quad F_{A2} = \rho_b g(l - a_0 z)$$

$$\rho_b g(l - a_0 z) = mg + \rho_n S_n l g$$

$$\rho_b l - a_0 z \rho_b = m + \rho_n S_n l$$

$$S_n = \frac{\rho_b l - a_0 z \rho_b - m}{\rho_n \cdot l}$$

$$= \frac{1000 l - 0.20 \cdot 80 \cdot 1000 l - 100}{\rho_n l} = \frac{1000 l - 160000}{\rho_n l}$$

$$F_A = F_T$$

$$\rho g h = mg$$

$$\rho h = m$$

$$m = \rho(l - a_0 z)$$

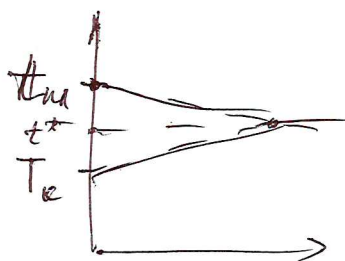
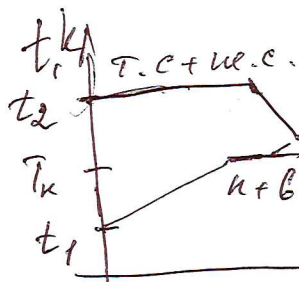
$$m = \rho l - 0.02 \rho g (1000 l - 20)$$

$$\rho_b l - a_0 z \rho_b = m + 1000 l - 20$$

$$1000 l - 0.20 \cdot 80 \cdot 1000 l = 80 + 1000 l - 20$$

$$\rho_b g(l - a_0 z) (1000 l - 20) = 1000 l - 40 = 1000 l - 20$$

4. $M_1 = 20 \text{ кг}$
 $t_1 = 298 \text{ К}$
 $M_2 = 15 \text{ кг}$
 $t_{m1} = 600 \text{ К}$



$$\Delta M_1 = 0.1 \text{ кг}$$

$$T_k = 373 \text{ К}$$

$$C_b = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$$

$$C_c = 130 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$$

$$\gamma = 2.25 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\lambda = 30 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}$$

$$t^* = ?$$

$$Q_1 = \lambda M_2 - \text{большее, при переходе от л. в ж.}$$

$$Q_2 = \Delta M_1 \cdot r - \text{вычислено при том, что вода превр. в пар}$$

$$Q_3 = M_1 \cdot c \cdot (T_k - t_1) - \text{вычислено, вода нагревается до } T_k.$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

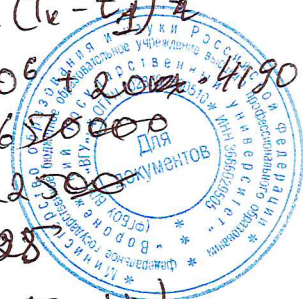
$$\lambda M_2 = \Delta M_1 \cdot r + M_1 c (T_k - t_1)$$

$$15 \cdot 30 \cdot 10^3 = 0.1 \cdot 2.25 \cdot 10^6 + 20 \cdot 4190 \cdot (373 - 298)$$

$$45 \cdot 10^4 = 225000 + 20 \cdot 4190 \cdot 75$$

$$45 \cdot 10^4 = 4190 \cdot 150 + 225000$$

$$C_c m_c (T_{m1} - t^*) = C_b m_b (M_1 - \Delta M_1) (T_k - t^*)$$



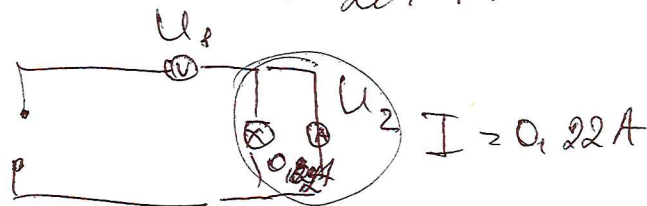
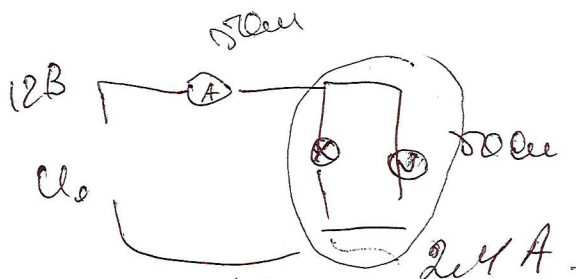
$$c_e m_e t_{in} - c_e m_e t^* = c_b m_b t_k + c_b m_b t^*$$

$$t^* (c_e m_e + c_b m_b) = c_e m_e t_{in} - c_b m_b t_k$$

$$t^* = \frac{c_e m_e t_{in} - c_b m_b t_k}{c_e m_e + c_b m_b} = \frac{130 \cdot 15 \cdot 600 - 4190 \cdot 199 \cdot 373}{130 \cdot 15 + 4190 \cdot 199} = 350$$



5. $U_B = 11B$
 $I = 0,2 A$
 $U_0 = 12B$
 $R_B = 50 \text{ Ом}$
 $I', U_B' = ?$



x, A - ток

$(x, A), V$ - вольт. $\Rightarrow U_2 = 1 \text{ вольт}$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ A}$$

$$R_0 = \frac{1}{0,22} = 4,5 \text{ Ом} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_A = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ Ом}$$

$$I' = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ A}$$

$$U' =$$

$$\frac{5R_1}{5+R_1} = 4,5$$

$$\frac{R_1}{5+R_1} = 0,9$$

$$4,5 + 0,9R_1 = R_1$$

$$4,5 = 0,1R_1$$

$$R_1 = 45$$

$$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{45 \cdot 50}{95} = 24$$

$$2,4 \cdot 2,4 = 5,76$$

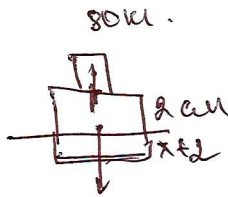
$$V = 8000 \text{ м}^3$$

$$t = 12 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}$$

$$l = 8000 \cdot 12 \cdot 60 \cdot 60 = 34560000 \text{ м}$$

$$R = 55003948 \text{ м} = 55004 \text{ км}$$

$$\frac{R_0}{R} = 8,6$$



$$V = V_{\text{нчт}} + V_{\text{нчт}}$$

$$S \cdot 404 \quad S \cdot x$$

$$S(404 + x)$$

$$F_T = F_A$$

$$\rho_n S_n x g = \rho_B x g$$

$$S_n = \frac{\rho_B}{\rho_n}$$

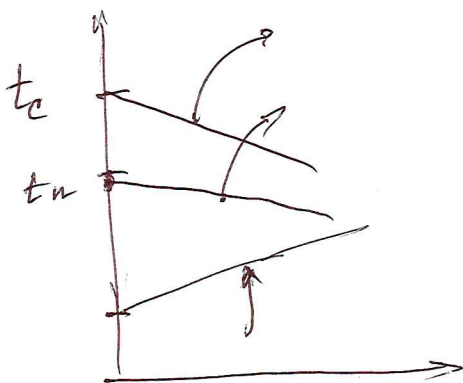
$$\rho_n S_n (x + 0,02) g = \rho_B x g$$

$$\rho_n S_n (x + 0,02) g = \rho_B (x + 0,02) g$$

$$V = S \cdot 0,02$$

$$\rho_B S \cdot 0,02 \cdot g = m g$$

$$S = \frac{m}{0,02 \cdot \rho_B} = \frac{1180}{0,02 \cdot 1000} = 4000 \text{ м}^2$$



$$c_m \cdot 75 + 225000 = 6060000$$

$$6060000 =$$

$$Q = \lambda m = 30 \cdot 10^3 \cdot 15 \text{ Дж}$$

$$Q = 45 \cdot 4190 \cdot 20$$

$$Q = 0,1 \cdot 2,25 \cdot 10^6 = 225000$$

$$30 \cdot 10^3 \cdot 15 - 225000 =$$

$$= 450000 - 225000 = 225000 \text{ Дж}$$

$$\frac{225000}{75 \cdot 4190} = 0,1 \text{ м}$$

температура воды на поверхности 90 °С;
 $\rho_B (x + 0,02) = m g + m g \rho_n S_n (x + 0,02)$

$$\rho_B (1000x + 2000) = 80 + \rho_n S_n x + 0,04 \rho_n$$

$$\rho_n = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$1000x + 20 = 80 + 900 S_n x + 36 S_n$$

$$\rho_B \rho_B \cdot 10x = \rho_n S_n (x + 0,04)$$

$$1000x = 900 S_n x + 36 S_n$$

$$1000x + 20 = 80 + 1000x$$

Вывод

0,1 м пара ($t_n = 373 \text{ К}$)

15 м воды ($t_c = 600 \text{ К}$)

0,6 м воды ($t = t_n = 373 \text{ К}$)

19,3 м воды ($t = 19,3 \text{ К}$)

$$c_m m_c (t_c - t^*) = c_B m_B (t_B - t^*)$$

$$130 \cdot 15 \cdot (600 - t^*) = 4190 \cdot 19,3 \cdot (t^* - 19,3)$$

0,6 м воды ($t = 373 \text{ К}$)

$$19,3 \quad c_m m_c (t_c - t^*) + c_B m_{19,3} (t_n - t^*)$$

$$225000 =$$

