Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21206304**

ID профиля: **281539**

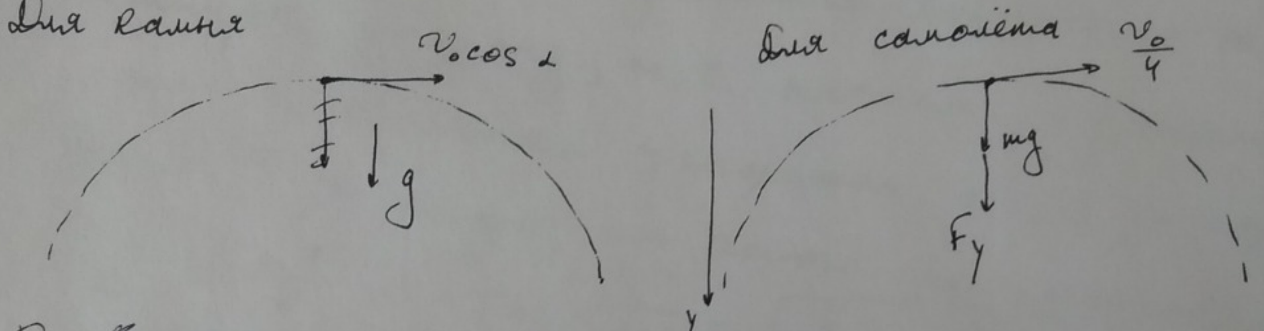
Вариант 3

Чистовик.

1) Дальность полёта $S = v_0 \cos\alpha \cdot t_п =$

$$= v_0 \cos\alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Подставив $v_0 = \sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 17}{\frac{\sqrt{3}}{2}}} = \sqrt{\frac{340}{\sqrt{3}}} \approx 14$ м/с



В данной ситуации радиус кривизны траектории для камня и самолёта одинаковы, поэтому $r = \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{g} = \frac{\frac{v_0^2}{16}}{a_y}$. a_y – (вертик.) ускорение самолёта. Его найдём из 2-ого закона Ньютона

$$m a_y = mg + F_y \Rightarrow a_y = g + \frac{F_y}{m}$$

Подставив $g + \frac{F_y}{m} = \frac{g}{16} \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha}$

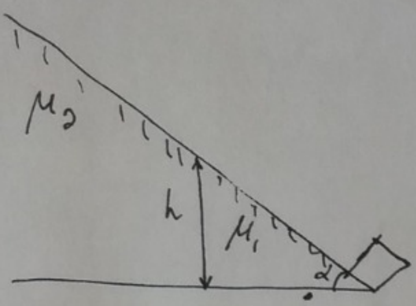
$$F_y = mg\left(\frac{1}{16\cos^2\alpha} - 1\right) = mg\left(\frac{1}{16 \cdot \frac{1}{4}} - 1\right) = mg\left(\frac{1}{4} - 1\right) =$$

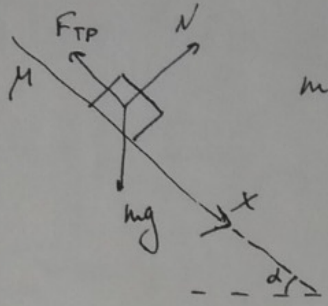
$= -\frac{3}{4} mg = -0{,}75 \cdot 10 = -7{,}5$ Н. Знак "–" говорит о том, что сила направлена вверх.

Ответ: 1) $\sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} \approx 14$ м/с 2) $mg\left(1 - \frac{1}{16\cos^2\alpha}\right) = 7{,}5$ Н (вверх)

Чистовик

2)





2 з-н на ось x

$$ma = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \simeq 1$$

При μ_1 $a = g\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\mu_1\right) < 0$, т.е. коробка тормозит.

При μ_2 $a = g\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\mu_2\right) > 0$, т.е. коробка разгоняется. "Запустим" движение коробки в обратную сторону, т.е. начнем разгонять с тем же самым ускорением вверх по горке, время T, очевидно, от этого не поменяется.

$$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2h}{\sin\alpha \cdot a}} = \sqrt{\frac{2h}{|g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha)| \cdot \sin\alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{10\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 0{,}81 - \frac{1}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{8}{5(0{,}81\sqrt{3} - 1)}} \approx \sqrt{\frac{8}{2{,}0146}} \approx 2 \text{ с}$$

Запишем ЗСЭ в виде $A_\Sigma = \Delta E_k$

$$mgH - \mu_2 mg\cos\alpha\left(\frac{H}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\alpha}\right) - \mu_1 mg\cos\alpha\left(\frac{h}{\sin\alpha}\right) = 0 \,\Big|: mg$$

$$H - \mu_2\cos\alpha\,\frac{H-h}{\sin\alpha} - \mu_1\cos\alpha\,\frac{h}{\sin\alpha} = 0 \,\Big|\cdot \operatorname{tg}\alpha$$

$$H\operatorname{tg}\alpha - \mu_2(H-h) - \mu_1 h = 0$$

$$H(\operatorname{tg}\alpha - \mu_2) = h(\mu_1 - \mu_2) \Rightarrow H = \frac{h(\mu_1 - \mu_2)}{\operatorname{tg}\alpha - \mu_2} = \frac{2\cdot 0{,}7}{\frac{1}{\sqrt{3}} - 0{,}11}$$

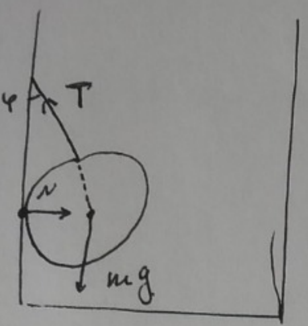
$H \approx \frac{1{,}4}{0{,}467} \approx 3$ м

Ответ: 1) $\sqrt{\frac{2h}{|g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha)|\sin\alpha}} \approx 2$ с

2) $\frac{h(\mu_1 - \mu_2)}{\operatorname{tg}\alpha - \mu_2} \approx 3$ м

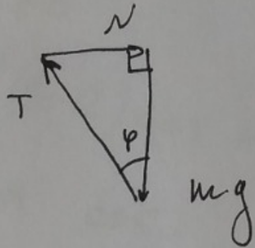
Чистовик

3)



Т.к. стенки гладкие, N – горизонтальна.

Т.к. шар покоится нарисуем треугольник сил



По теореме о 3-ёх непараллельных силах, т.к. N и mg проходят через центр шара, то и T проходит через него.

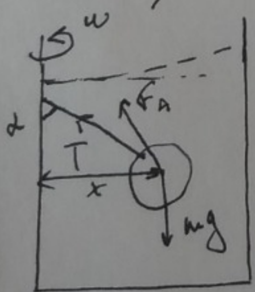
Из рисунка $\sin\varphi = \frac{R}{l+R} = \frac{1}{4}$

Значит $T = \frac{N}{\sin\varphi} = 4N$

По теореме Пифагора $N^2 + m^2g^2 = T^2$

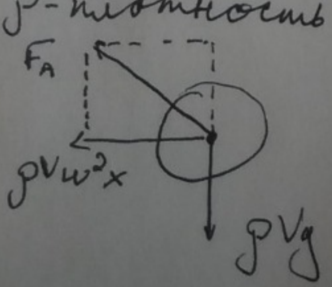
$$\frac{N^2}{\sin^2\varphi} - N^2 = m^2g^2 \Rightarrow N = mg\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\sin^2\varphi} - 1}} = mg\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{16}} - 1}}$$

Итого, $N = \frac{mg}{\sqrt{15}} \approx \cancel{2{,}06}$ $2{,}07$ Н

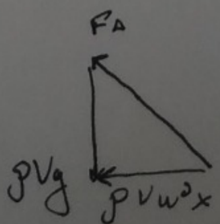


Мысленно ~~то~~ поместим вместо нашего шара шар из воды такого же объёма V. Он покоится относительно воды.

ρ – плотность воды, $\omega^2 x = a_n$



$\vec{F_A} + m\vec{g} = m\vec{a_n}$, или

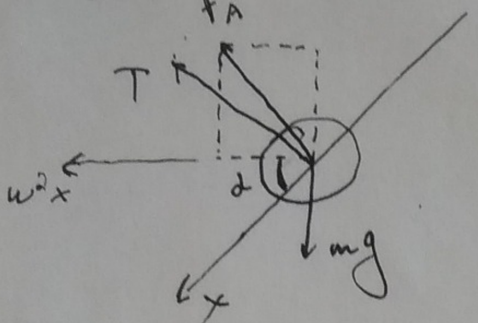


21206304 (U281539 M1278726)

Чистовик

3)... Вернёмся к нашему шару.

Пусть ось $x \perp \vec{T}$



2 з-н Ньютона (ось x):

$$m\omega^2 x\cos\alpha = \rho V\omega^2 x\cos\alpha + mg\sin\alpha - \rho V g\sin\alpha$$

Подставим $x = (l+R)\sin\alpha$ и поделим уравнение на $\sin\alpha \neq 0$

$$m\omega^2(l+R)\cos\alpha = \rho V\omega^2(l+R)\cos\alpha + mg - \rho V g$$

Откуда $\cos\alpha$: $\omega^2(l+R)\cos\alpha(m-\rho V) = (m-\rho V)g$

$$\cos\alpha = \frac{g}{\omega^2(l+R)} = \frac{10}{100\cdot 0{,}2} = \frac{1}{2}$$, т.е. $\underline{\alpha = 60^\circ}$

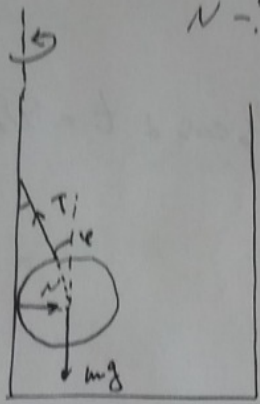
Ответ: 1) $mg\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\sin^2\varphi}-1}} \approx 2{,}07$ Н

2) $\cos\alpha = \frac{g}{\omega^2(l+R)}$; $\alpha = 60^\circ$

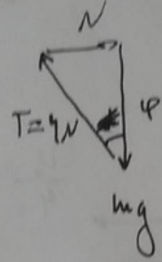
Черновик

$l = 0{,}15$, $R = 0{,}05$ $m = 0{,}8$

$N - ?$

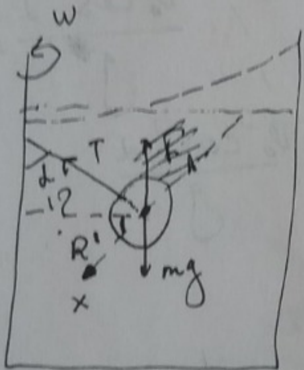


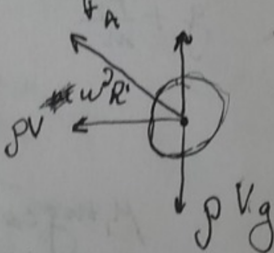
$\sin\varphi = \frac{R}{l+R} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$

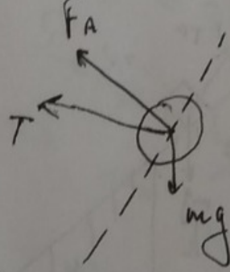


$N^2 + m^2g^2 = 16N^2$

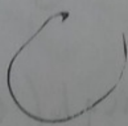
$N = \frac{mg}{\sqrt{15}}$

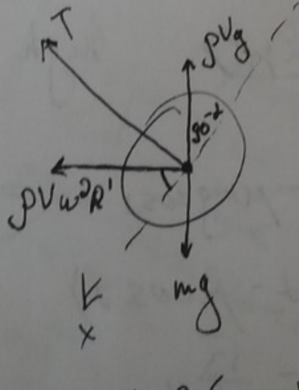






$R' = (l+R)\sin\alpha$





$m w^2 R' \cos\alpha =$

$= \rho V w^2 R' \cos\alpha - \rho V g \sin\alpha +$

$+ mg \sin\alpha \quad |:\cos\alpha$

$m w^2 (l+R)\cancel{\sin\alpha} = \rho V w^2 (l+R)\cancel{\sin\alpha} - \rho V g \cancel{tg\alpha}\frac{1}{\cos\alpha} + mg\cancel{tg\alpha}\frac{1}{\cos\alpha}$

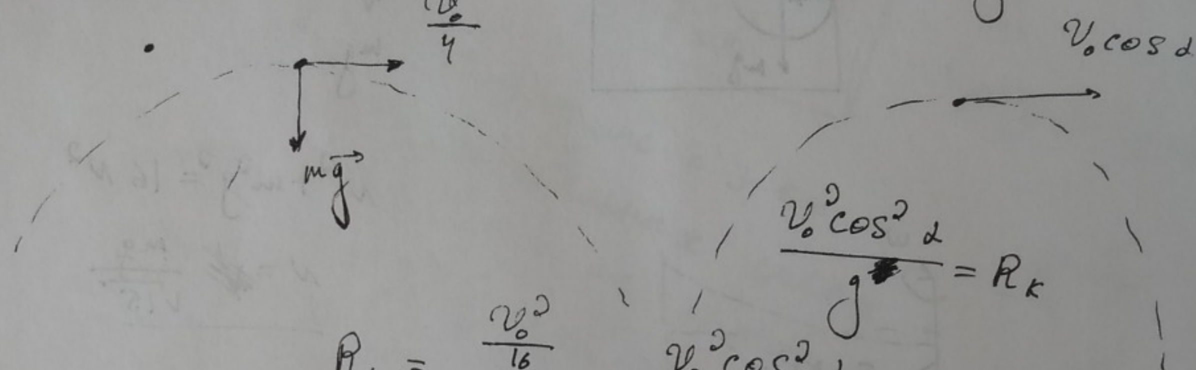
$\cancel{mw}\ w^2(l+R)\cos\alpha\,\cancel{(m-\rho V)} = g\,\cancel{(m-\rho V)}$

$\cos\alpha = \frac{g}{w^2(l+R)} = \frac{10}{100\cdot 0{,}2} = \frac{1}{2}$ $\boxed{\alpha = 60^\circ}$

Черновик

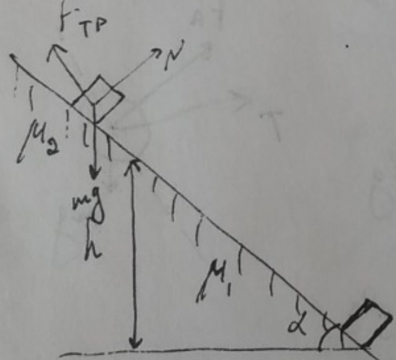
$L = 17$ м $\alpha = 60^\circ$ $V_0 - ?$

$$L = v_0 \cos\alpha \, t = v_0 \cos\alpha \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$



$$\frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{g} = R_k$$

$$R_k = \frac{\frac{v_0^2}{16}}{g + \frac{F_y}{m}} = \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{g}$$



$$\mu_1 mg \cos\alpha \frac{h}{\sin\alpha} = mgh$$

$$mgh - \mu_1 mg\cos\alpha \frac{h}{\sin\alpha} = mgh(1 - \mu_1 \cdot \operatorname{ctg}\alpha)$$

$$1 - 0{,}81 \cdot \sqrt{3} =$$

$$\cancel{m} a = \cancel{m} g \sin\alpha - \mu \cancel{m} g \cos\alpha$$

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\mu > 0$$

$$T = \sqrt{\frac{2\frac{h}{\sin\alpha}}{g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha)}} \quad \mu_2$$

$$\mu_1 < 0$$

$$mgH - \mu_2 mg\cos\alpha\left(\frac{H}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\alpha}\right) - \mu_1 mg\cos\alpha\left(\frac{h}{\sin\alpha}\right)$$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

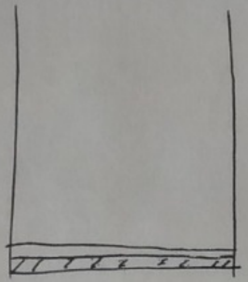
Шифр: **21206304**

ID профиля: **281539**

Вариант 3

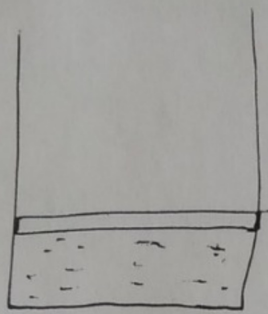
Чистовик

4)



Чтобы вода закипела, её $t = 100°$. $Q_1 = cm(t - t_0)$

Откуда $Q_1 = 2299$ Дж



Для того чтобы вода испарилась требуется

$rm = 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-3} = 12\ 430$ Дж, что меньше Q_2, поэтому после полного выпаривания ~~вода~~ пар ещё нагреется на Δt: $c_p m \Delta t = Q_2 - rm$

$$\Delta t = \frac{5000}{2200 \cdot 0{,}0055} = 413\ °C \quad (t_2 = 100 + 413 = 513\ °C)$$

Давление газа всегда p_0, т.к. поршень лёгкий, а стенки гладкие.

Молекулы пара — H_2O, поэтому его молярная масса $M = 2 + 16 = 18$ г/моль

Ур. ~~иде~~ Менделеева-Клапейрона

$$p_0 S H = \nu R T = \frac{m}{M} R T \ ; \ T = t_2 + 273 = 786\ K$$

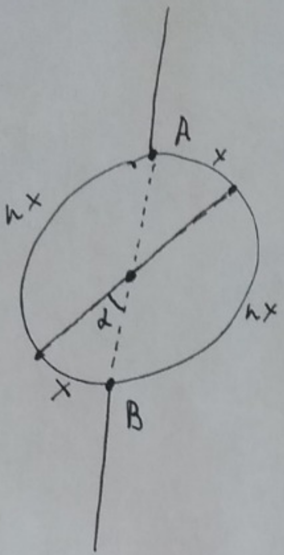
Откуда $H = \dfrac{mRT}{MSp_0} = \dfrac{5{,}5 \cdot 8{,}31 \cdot 786}{18 \cdot 0{,}05 \cdot 10^5} \approx 0{,}4$ м

Это много больше высоты воды вначале, ($\approx 0{,}00011$ м, если плотность 1 г/см³), так что её можно не учитывать. Ответ: 1) $Q_1 = cm(t - t_0) \approx 2299$ Дж

2) $H = \dfrac{mRT}{MSp_0} \approx 0{,}4$ м

Чистовик

5)



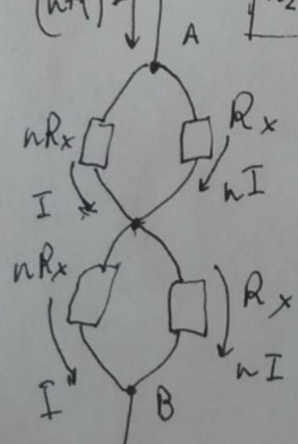
$R = \frac{\rho l}{S}$, т.е. сопротивление пропорционально длине. Тогда пусть будет обозначение как на рисунке. x – длина, R_x – сопротивление части кольца длиной x.

Теперь можно записать $R = 2R_x + 2nR_x$

$\frac{(n+1)x}{x} = \frac{180^\circ}{\alpha} \Rightarrow n = \frac{180}{\alpha} - 1$ (в случае $\alpha = 30^\circ$ $n = 5$)

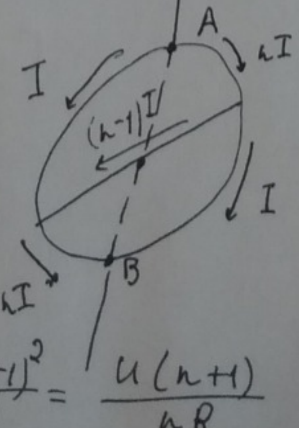
Наша схема эквивалентна следующей

$\boxed{R_\Sigma = 2 \cdot \frac{nR_x}{(n+1)}}$



Расставим токи с учетом отношений сопротивлений и симметрии. Перенесём на кольцо. Вследствие сохранения заряда в перемычке ток $I(n-1)$

$$\boxed{R_x = \frac{R}{2(n+1)}}$$



Мощность P на кольце ($P = I^2 R$)

$$P_\Sigma = 2(nI)^2 R_x + 2I^2 nR_x$$

$$\boxed{I_\Sigma = \frac{U}{R_\Sigma} = \frac{U(n+1)}{2n R_x}}$$

$$I = \frac{I_\Sigma}{n+1} = \frac{1}{n+1} \frac{U(n+1)^2}{nR} = \frac{U(n+1)}{nR}$$

Чистовик

5)...

P_Σ при $\alpha = 30^\circ$ $\quad P_{\Sigma_1} = 2\left(\frac{U(n+1)}{R}\right)^2 \frac{R}{2(n+1)} + 2\frac{U^2(n+1)^2}{n^2R^2} n\frac{R}{2(n+1)}$

$$P_{\Sigma_1} = \frac{U^2(n+1)}{R} + \frac{U^2(n+1)}{nR} = \frac{U^2(n+1)^2}{nR} = \frac{36\cdot 36}{5\cdot 24} = 10{,}8 \text{ Вт}$$

(Или можно было просто по формуле $\cancel{\;} P = \frac{U^2}{R_\Sigma}$)

$(n-1) I = \cancel{n-1}\; I' = \frac{2}{3}$ А (из условия)

$I = \frac{I'}{n-1} = \frac{U(n+1)}{nR} \qquad I'nR = U(n^2-1)$

$$n^2 - \frac{I'R}{U} n - 1 = 0$$

$$D = \frac{I'^2R^2}{U^2} + 4 = \frac{\frac{4}{9}\cdot 24\cdot 24}{36} + 4 = 7\frac{1}{9} + 4 = \frac{\cancel{7+36}\;\;64+36}{9} = \frac{100}{9}$$

$$n = \frac{\frac{\frac{2}{3}\cdot 24}{6} \pm \frac{10}{3}}{2} = \frac{\frac{8}{3} \pm \frac{10}{3}}{2} = 3 \quad (<0 \text{ не подходит})$$

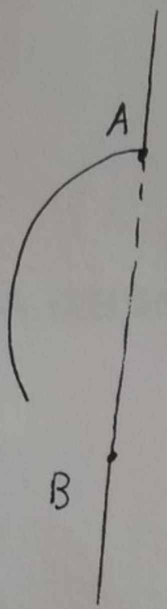
$$P_{\Sigma 2} = \frac{36\,(4)^2}{3\cdot 24} = 8 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $\frac{U^2(n+1)^2}{nR} = 10{,}8$ Вт $\quad$ 2) $n = 3$ (3:1 делит кольцо) $\quad$ 3) 8 Вт

21206304 (U281539 M1278727)

~~Чистовик~~

5)



Черновик

$$p_0 S H = \nu R T$$

$$C_p \cancel{m \Delta t} = C_{\nu_p} \overset{\frac{m}{M}}{\nu} \cancel{\Delta t}$$

$$C_{\nu_p} = M c_p$$

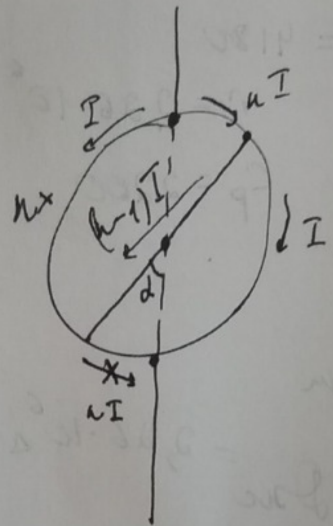
$$p_0 V - p_0 V_0 = \cancel{p_0} H S = \nu R \Delta T$$

~~Чистовик~~

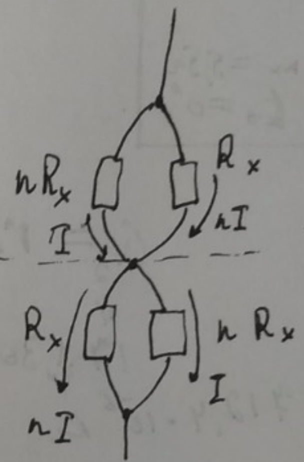
~~#~~ 5) Черновик

Черновик

$R = 24\ \Omega \quad U = 6$



$R = \frac{\rho l}{S}$



$2R_x + 2nR_x = R$

$\frac{nR_x}{(n+1)}$

$R_\Sigma = \frac{2nR_x}{n+1}$

$\frac{U}{R_\Sigma} = I_\Sigma$

$\frac{\cancel{x}}{(n+1)\cancel{x}} = \frac{\alpha}{180^\circ}$

$(n+1)I = I_\Sigma$

$n+1 = \frac{180}{30} = 6$

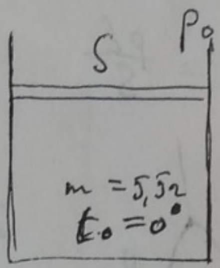
$n = 5$

$P = I^2R = \frac{U^2}{R} = UI$

$P_\Sigma = 2I^2 \cdot nR_x + 2n^2I^2R_x$

$I = \frac{2}{3}$ A

Черновик



$C = 4180$

$r = 2{,}26 \cdot 10^6$

$C_p = 2200$

$Q_1 = c m \Delta t$ $\qquad$ $Q_2 = r \Delta m = 2{,}26 \cdot 10^6 \Delta m$

$\parallel$

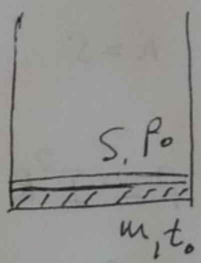
17430 Дж

$\Delta m = 7712{,}4 \cdot 10^{-6}$ кг

0,0077134 кг

$Q_\vartheta = rm + c_p m \Delta t$

$\Delta t = ..$ $\qquad$ $p_0 H S$



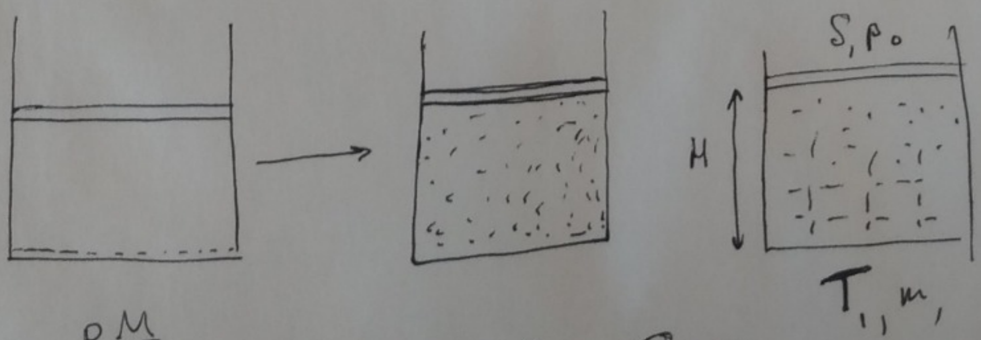
$p_0 : V$ $\qquad$ $Q = p_0 H S + \Delta U$

Q Δ

$p_0 V_0 = \vartheta_1 R T_0$

$p_0 V_1 = \vartheta_2 R T_1$

$\frac{V_0}{V} = \frac{\vartheta_1 T_0}{\vartheta_2 T_0}$



$\rho = \frac{pM}{RT}$ $\qquad$ $p_0 S H = \vartheta R T_1$ $\qquad$ $M =$