15:41 вышел с/у.
13:44 вернулся с/у.

43-54-84-99
(3.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1; класс 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Хубаева Артёма Цезаревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» февраля 2024 года

Подпись участника

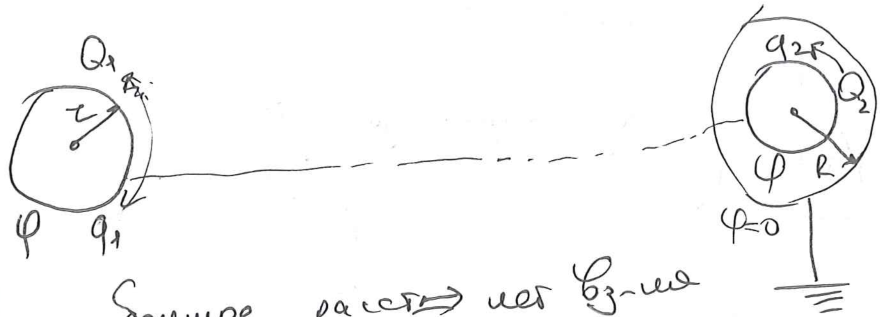
43-54-84-99 (3.5)

1	2	3	4	5	Σ
17	20	20	[illegible]	20	[illegible]
Молчанов А.Б.	Калиш А.И.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Черновик

№3

R = ?



большое расст ⟹ нет вз-ия

1) ~~$k\frac{Q_1}{r} + \frac{kq_0}{R} = 0$~~

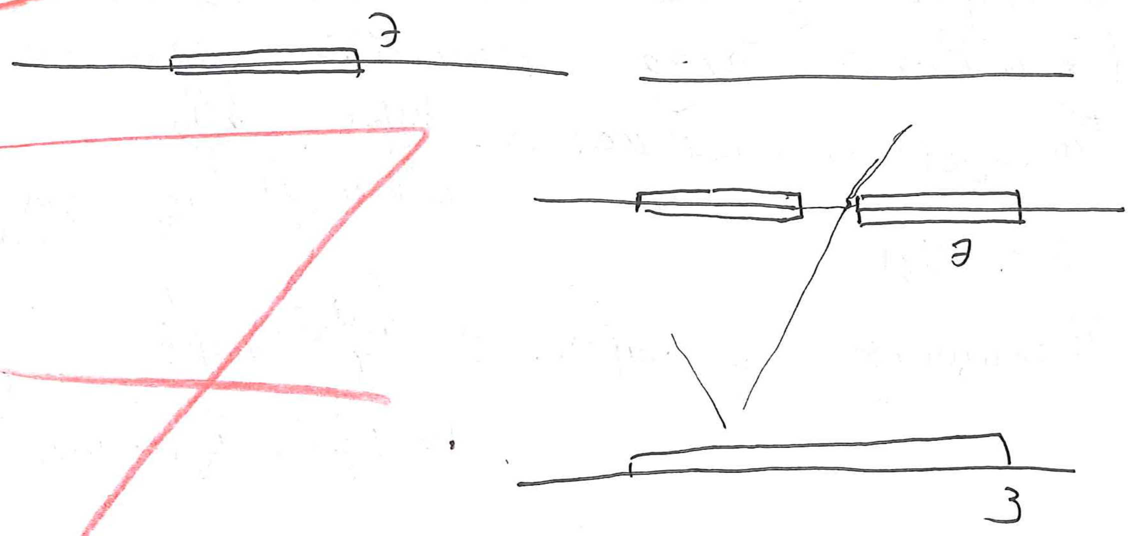
~~$\frac{Q_2}{r} = -\frac{q_0}{R}$~~

2) $\frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{r} + \frac{kq_н}{R}$

$\frac{kq_н}{R} + \frac{k}{R}q_2 = 0$

$q_н = -q_2$

№4



дешифр

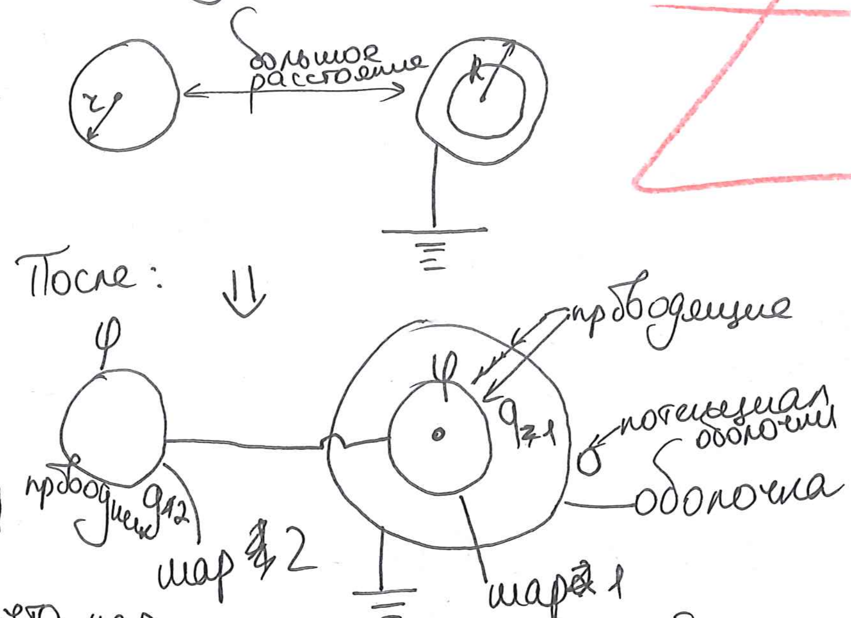
Чистовик

№3.10.1

$r = 2 см$
$q_1 = 6 \cdot 10^{-10} Кл$
$q_2 = 2 \cdot 10^{-10} Кл$

$R = ?$

До соединения:



0,5) Считаем, что шар внутри оболочки имеет заряд q_1; а другой $-q_2$.

1) Так как оболочка заземлена, то её потенциал равен 0. Т.к. шары соединили проволокой, то их потенциалы равны (пусть они равны φ)

Ввиду того, что шары далеко друг от друга, ~~то~~ они не оказывают действия полями друг на друга (~~не~~ не вносят вклад в потенциалы друг друга).

1 шар в потенциал оболочки

2) Потенциал на оболочке: $0 = \frac{kq_{1}}{R}$ (от шара 1) $+ \frac{kq_0}{R}$ (q_0 – заряд оболочки)

$q_0 = -q_{1}$

3) Потенциалы на шарах: $\varphi = \frac{kq_{2}}{r}$ (шар 2)

$\varphi = \frac{kq_{1}}{r} + \frac{k \cdot q_0}{R}$ (шар 1)

4) $\begin{cases} q_0 = -q_{1} \\ \frac{kq_2}{r} = \varphi \\ \frac{kq_{1}}{r} + \frac{kq_0}{R} = \varphi \end{cases} \Rightarrow \frac{q_{2}}{r} = \frac{q_{1}}{r} - \frac{q_{1}}{R} \Rightarrow (q_1 - q_2)\frac{1}{r} = +\frac{q_{1}}{R}$

$\cancel{R = \frac{q_2 + q_1}{q_{1}}}$ $\boxed{R = r \cdot \frac{q_1}{q_1 - q_2}}$

$\boxed{R = 2 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-10}}{(6-2) \cdot 10^{-10}} = 3 (см)}$

Ответ: 3 см. $R = r\frac{q_1}{q_1 - q_2}$

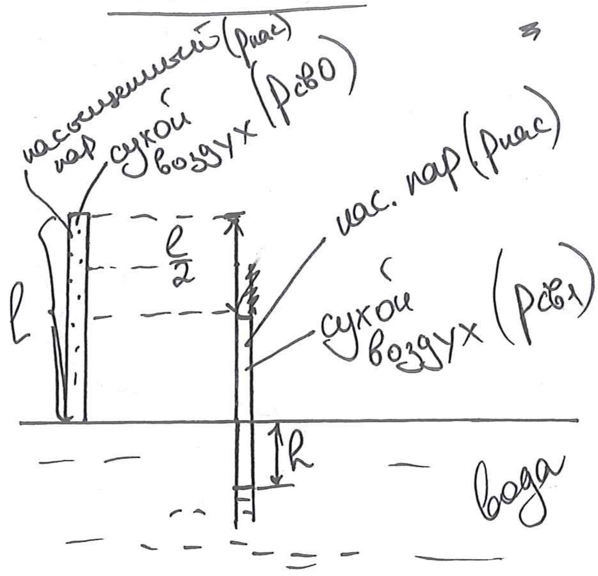
дефицит

Чистовик

№ 2.5.1

$l = 1м$
$h = 0{,}45м$
$p_0 = 10^5 Па$
$\rho_0 = 10^3 кг/м^3$
$g = 10 м/с^2$

$p_{нас} = ?$



Z

0,5) по з-ну Дальтона $p_{внутр\,0} = p_{св0} + p_{нас}$

1) Рассмотрим изначальное положение. В нем давление внутри трубки равно давлению атмосферы, т.е.

$p_0 = \underbrace{p_{св0}}_{давление\ сухого\ воздуха\ вначале\ (внутри\ трубки)} + p_{нас}$ (т.к. $T = const$, то давление нас. пара неизменно)

з-н Дальтона

2) Аналогично рассмотрим конечный момент, где соблюдается равенство давлений у поверхности жидкости.

$\underbrace{p_{нас} + \overset{давление\ сухого\ воздуха}{p_{св1}}}_{давление\ внутри\ трубки} = p_0 + \underbrace{\rho_0 g h}_{давление\ жидкости\ на\ глубине\ h}$ (по з-ну Дальтона $p_{внутр\,1} = p_{нас} + p_{св1}$)

3) Для сухого воздуха соблюдается з-н Бойля-Мариотта (т.к. $T = const$ и кол-во вещества его не изменяется)

$p_{св0} \cdot Sl = p_{св1} S\left(\frac{l}{2} + h\right)$ (S - площадь сечения трубы)

4) Получим систему:

$$\begin{cases} p_0 = p_{св0} + p_{нас} \\ p_{нас} + p_{св1} = p_0 + \rho_0 g h \\ p_{св0} l = p_{св1}\left(\frac{l}{2} + h\right) \end{cases} \Rightarrow p_{нас} = p_0 - \frac{\rho_0 g h\left(\frac{l}{2} + h\right)}{\frac{l}{2} - h}$$

$$p_{нас} = 10^5 - \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45\left(\frac{1}{2} + 0{,}45\right)}{\frac{1}{2} - 0{,}45} = 14500\ (Па) = 14{,}5\ (кПа)$$

Ответ: $p_{нас} = 14{,}5$ (кПа); $p_{нас} = p_0 - \frac{\rho_0 g h\left(\frac{l}{2} + h\right)}{\frac{l}{2} - h}$

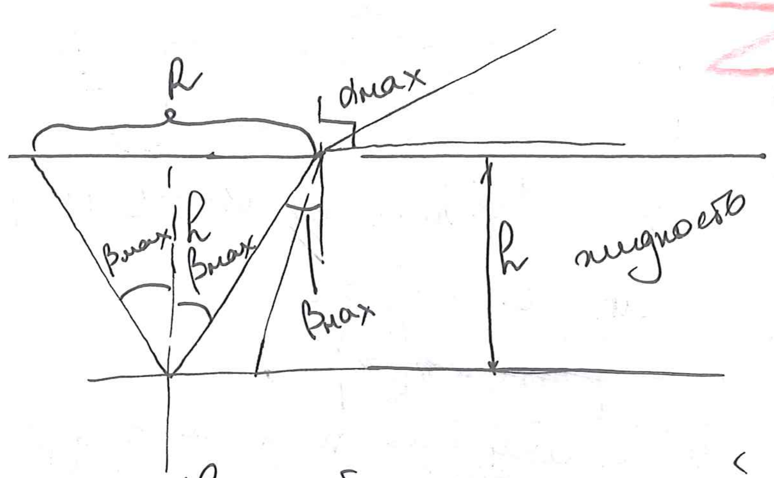
дешифр

43-54-84-99 (3.5)

Чистовик

№ 4.10.1

$h = 5$ см
$n = 1,5$
$R = ?$



1) Рассмотрим произвольный луч, падающий на отверстие. Пусть угол его падения α, а преломления – β. Очевидно, что луч, имеющий наибольший возможный β, ~~да~~ попадет на границу области на экране.

Запишем з-н преломления: $\sin\alpha = \sin\beta \cdot n$ $(\alpha = \alpha_{max})$

$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$; понятно, что если α максимален, то и β тоже. т.е. $\sin\alpha_{max} = 1$ $\left(\alpha_{max} = \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \sin\beta_{max} = \frac{1}{n}$.

2) После преломления луч отразится от зеркала (дна и упадет как него) под тем же β_{max}. Т.е., из рисунка, понятно, что $R = 2h\,tg\beta_{max}$

3) $tg\beta_{max} = \frac{\sin\beta_{max}}{\cos\beta_{max}} = \frac{\frac{1}{n}}{\sqrt{1-\left(\frac{1}{n}\right)^2}} = \frac{1}{n\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$ (+)

4) $\boxed{R = 2 \cdot h \cdot \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}}$

$\boxed{R = 2 \cdot \cancel{0,05}\,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2-1}} = 10 \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{20}{\sqrt{5}} = 4\sqrt{5}}$ (см)

Ответ: $R = 4\sqrt{5}$ (см)
$R = \frac{2h}{\sqrt{n^2-1}}$

10б.

дешифр

Чистовик

№5.4.1

$L = 0{,}3$ Гн

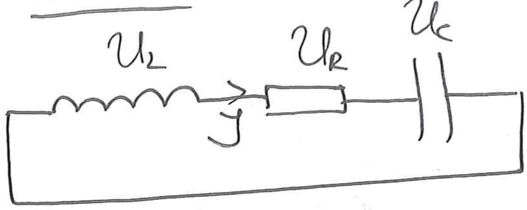
$C = 30$ мкФ

$R = 1$ Ом

$U = 2$ В

$\pi = 3{,}14$

$Q = ?$



1) Если $I = I_{max}$, то $U_L = 0$ и значит $U_R = U_C = U$, т.е.

$$\boxed{I_{max} = \frac{U}{R}}$$

2) Т.к. колебания почти не затухают, то

$$q = q_м \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\cancel{I = I_м \sin(\omega t + \varphi_0)}$$

$$I = \dot{q} = +q_м \omega \cos(\omega t + \varphi_0) = $$

$$= I_{max} \cos(\omega t + \varphi_0); \quad \boxed{I(0) = I_{max} \cos\varphi_0 = I_{max}}$$

3) В любой момент времени на резисторе выделяется тепло $\delta Q = I^2 R dt = I^2_{max} \cos^2(\omega t + \varphi_0) R dt$

т.е. $Q = \int\limits_0^T I^2_{max} \cos^2(\omega t + \varphi_0) R dt =$

$$= I^2_{max} R \int\limits_0^T \cos^2(\omega t + \varphi_0) dt = I^2_{max} R \int\limits_0^T \frac{1 + \cos(2\omega t + 2\varphi_0)}{2} dt$$

$$Q = I^2_{max} R \left(\frac{1}{2} T + \frac{1}{2} \sin\left(2\left(\omega T + \varphi_0\right)\right) \cdot \frac{1}{2\omega} \right) \quad (T\text{ - период колебаний})$$

$$Q = \frac{1}{2} I^2_{max} R \left(T + \sin(4\pi + 2\varphi_0) \cdot \frac{T}{4\pi} \right)$$

4) $\cos\varphi_0 = 1 \Rightarrow \varphi_0 = 0; \quad Q = \frac{I^2_{max} R}{2} T \quad (\sin(4\pi) = 0)$

5) $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (т.к. энергия почти не ~~расходуется~~ теряется, формула Томсона)

6) $Q = \cancel{\frac{I^2_{max} R}{2}} \pi R \sqrt{LC} I^2_{max} = \frac{U^2 \sqrt{LC}\, \pi}{R}$

$$Q = \frac{2^2 \sqrt{0{,}3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}} \cdot 3{,}14}{1} = \frac{4 \cdot 3{,}14}{1} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 37{,}68 \text{ (мДж)}$$

Ответ: $Q \approx$ ~~37,68~~ 38 (мДж); $Q = \frac{U^2 \pi \sqrt{LC}}{R}$

дешифр

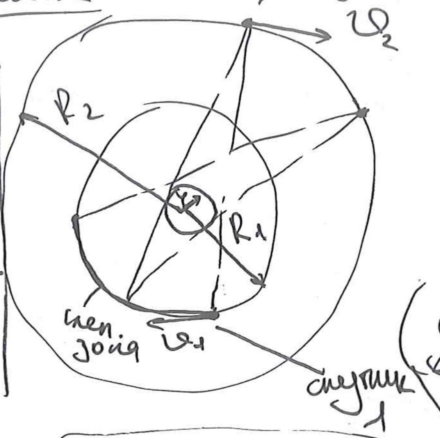
№1.4.1 Черновик

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^4$ км

$R_2 = 10^5$ км

$g = 9$ м/с^2

$\tau = ?$



1) $v_1 = \sqrt{g_1 R_1} = \sqrt{G \frac{m}{R_1}}$ — масса планеты

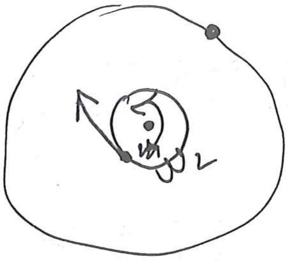
$v_2 = \sqrt{G \frac{m}{R_2}}$

(v_1 и v_2 — первые космические, т.к. круговые орбиты)

2) $g = G \frac{m}{r^2}$

$$\boxed{v_1 = \sqrt{\frac{g r^2}{R_1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{g r^2}{R_2}}}$$

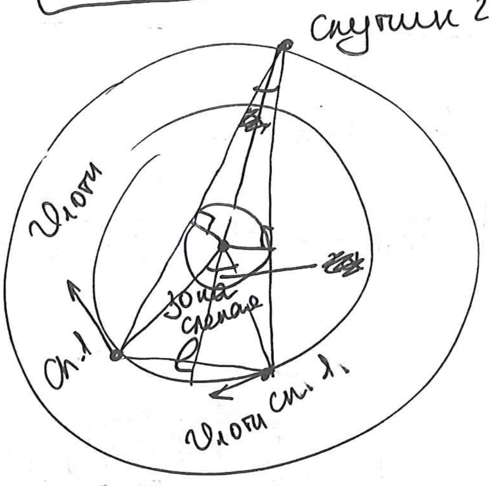
3)



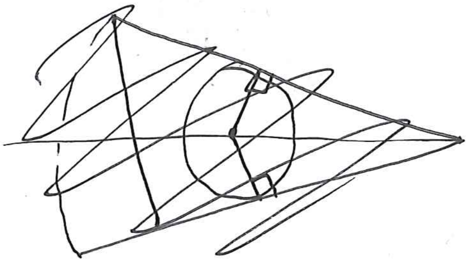
Перейдем в систему отсчета, которая вращается с $\omega_2 = \frac{v_2}{R_2}$ (ось вращения в центре планеты)

В ней спутник 2 покоится, а спутник 1 движется по окружности той же, но с другой угловой скоростью.

$v_1 = \omega_2 R_1 + v_{1отн} \Rightarrow \boxed{v_{1отн} = v_1 - v_2 \cdot \frac{R_1}{R_2}}$



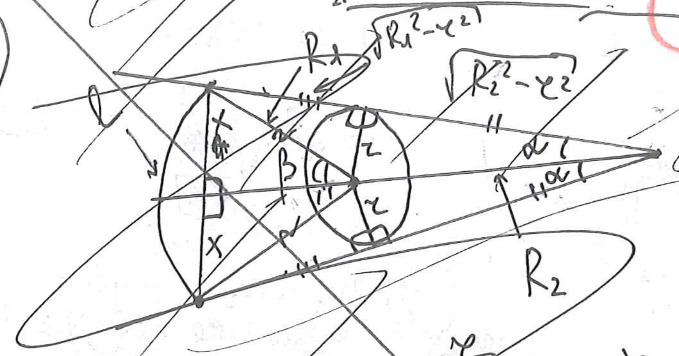
$\boxed{\tau = \frac{\ell}{v_{1отн}}}$; ~~$\ell = 2\alpha R_1$~~



дешифр

$\boxed{\text{Чистовик}}$ №1 ч.1. продолжение

4)



$x = R_1 \sin\beta$

$R_1\beta = \frac{l}{2}$

$\Downarrow$

$x = R_1 \sin\left(\frac{l}{2R_1}\right)$

$64\cdot10^3$

$8^2\cdot10^3$

$\sin\alpha = \cancel{\frac{r}{\sqrt{R_2^2-r^2}}}\ \frac{r}{R_2}$

$\cancel{\frac{R_1}{\sin\alpha}} =$

$\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{R_1^2-r^2}+\sqrt{R_2^2-r^2}}$

$\frac{r}{R_2} = \frac{x}{\sqrt{R_1^2-r^2}+\sqrt{R^2-r^2}} = \frac{R_1\sin\left(\frac{l}{2R_1}\right)}{\sqrt{R_1^2-r^2}+\sqrt{R^2-r^2}}$

$м\cdot\frac{м}{с}\cdot\frac{м^2}{м^2}$

$\sin\left(\frac{l}{2R_1}\right) = \frac{r}{R_1R_2}\left(\sqrt{R_1^2-r^2}+\sqrt{R_2^2-r^2}\right) = r\left(\sqrt{\frac{1}{R_2^2}-\frac{r^2}{(R_2R_1)^2}}+\sqrt{\frac{1}{R_1^2}-\frac{r^2}{(R_1R_2)^2}}\right)$

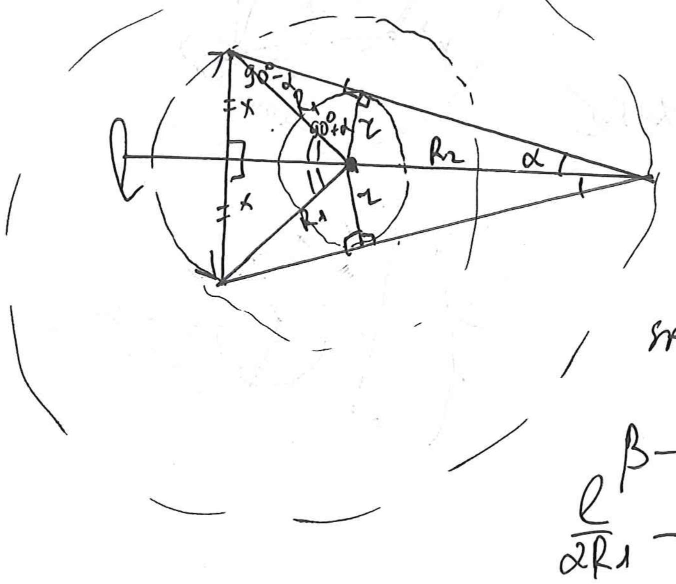
$\cancel{\sin\left(\frac{l}{2R_1}\right) = \left(\sqrt{\frac{r^2}{R_2^2}}-\right.}$

$\sin\left(\frac{l}{2R_1}\right) = \frac{r}{R_1R_2}\left(\sqrt{R_1^2-r^2}+\sqrt{R_2^2-r^2}\right)$

~~Нужно найти: r; l~~ l, r чистовик

4)
$$\begin{cases} \tau = \frac{l}{v_{отн}} \\ v_{отн} = \sqrt{gr}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{R_2\sqrt{R_2}}\right) = \sqrt{gr}\left(\frac{R_2\sqrt{R_2}-R_1\sqrt{R_1}}{\sqrt{R_1R_2}\cdot R_2}\right) \end{cases}$$

5)



$\sin\alpha = \frac{r}{R_2}$

$\cancel{\sin}\cos(\cancel{90°}\ 90°+\alpha-\beta) = \frac{r}{R_1}$

$\sin(\beta-\alpha) = \frac{r}{R_1}$

$\beta = \frac{l}{2R_1}$

$\cancel{\sin\beta\cos\alpha - \sin\alpha\cos\beta =}$

$=$

$\beta-\alpha = \arcsin\left(\frac{r}{R_1}\right)$

$\frac{l}{2R_1} - \arcsin\left(\frac{r}{R_2}\right) = \arcsin\frac{r}{R_1}$

дешифр

Чистовик

№1.4.1. Продолжение

$\left(\frac{r}{4R_1} \ll 1;\ \frac{r}{R_2} \ll 1\right)$

$$l = 2R_1\left(\arcsin\frac{r}{R_2} + \arcsin\frac{r}{R_1}\right) \approx 2R_1\left(\frac{r}{R_2} + \frac{r}{R_1}\right) \Rightarrow$$

б) из п. 4 и 5:

$$\tau = \frac{2R_1 r\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}{\sqrt{g r^2}\left(\frac{R_2\sqrt{R_2} - R_1\sqrt{R_1}}{\sqrt{R_1R_2}\cdot R_2}\right)} = \frac{\cancel{2R_1}\, 2\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)\sqrt{R_1R_2}\, R_2}{\sqrt{g}\left(\sqrt{R_2^3} - \sqrt{R_1^3}\right)} =$$

$$= \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\left(\sqrt{R_2^3} - \sqrt{R_1^3}\right)}$$

$$\tau = \frac{2(\cancel{164}\,64000 + 100000)\,\cancel{10^4}\,8\cdot 10^4}{\sqrt{9}\left(\cancel{10\cdot 8^3}\,10^7\sqrt{10} - 8^3\cdot 10^4\sqrt{10}\right)} =$$

$$= \frac{2\cdot 164\cdot 10^3\cdot 8\cdot 10^4}{3\cdot 10^4\sqrt{10}\left(10^3 - 8^3\right)} = \frac{2\cdot 164\cdot 10^3\cdot 8}{3\sqrt{10}\cdot 2\cdot(164+80)} =$$

$$= \frac{16\cdot 164\cdot 10^3}{3\sqrt{10}\cdot 2\cdot 244} = \frac{8\cdot 82\cdot 10^3}{3\sqrt{10}\cdot 122} = \frac{8\cdot 41\cdot 10^3}{3\cdot 61\sqrt{10}} = \frac{100\sqrt{10}\cdot 328}{183}(c)$$

Ответ: $\tau = \dfrac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\left(\sqrt{R_2^3} - \sqrt{R_1^3}\right)} = \dfrac{32800\sqrt{10}}{183}$ (с)

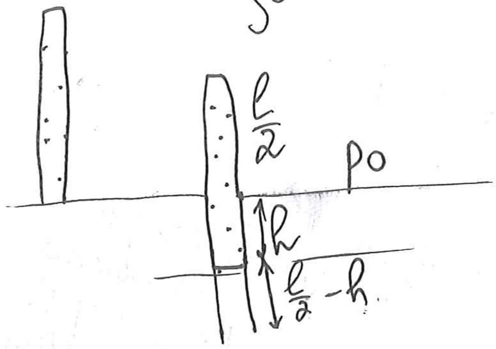
Черновик

$p_{нас} = ?$

$T = const$

$p_0 = 10^5$ Па

$\rho_0 = 10^3$ кг/м³



$p_{нас} = const$

$\Uparrow$

$T = const$

$p_{св1} = p_{св0} \frac{\ell}{\frac{\ell}{2}+h}$

$(p_0 + \rho_0 g h - p_{нас}) = p_{св0} = p_0 - p_{нас}$

$\begin{cases} p_0 = p_{св0} + p_{нас} \\ p_0 + \rho_0 g h = p_{св1} + p_{нас} \\ p_{св0}\ell = p_{св1}\left(\frac{\ell}{2}+h\right) \end{cases}$

$(p_0 - p_{нас})\ell = (p_0 - p_{нас} + \rho_0 g h)\left(\frac{\ell}{2}+h\right)$

$(p_0 - p_{нас})\left(\ell - \frac{\ell}{2} - h\right) = \rho_0 g h \left(\frac{\ell}{2}+h\right)$

1) Из равенства давлений

$\underbrace{\rho_0 g h}_{известно} = p_{внутри} = p_{нас} + p_{св}$

$4{,}5 \times 19 = 405 + 45 = 855$

~~$p_{св}$~~ $T = const \Rightarrow$ для св работает Бойль-Мариотт

$p_{св0} \cdot V_0 = p_{св1} \cdot V_1$

$V_0 = S\ell$, $V_1 = S\left(\frac{\ell}{2}+h\right)$

$\frac{1}{2} + 0{,}45 = 0{,}95$; $0{,}05$; $0{,}5$; h

$p_0 = p_{нас} + p_{св0}$

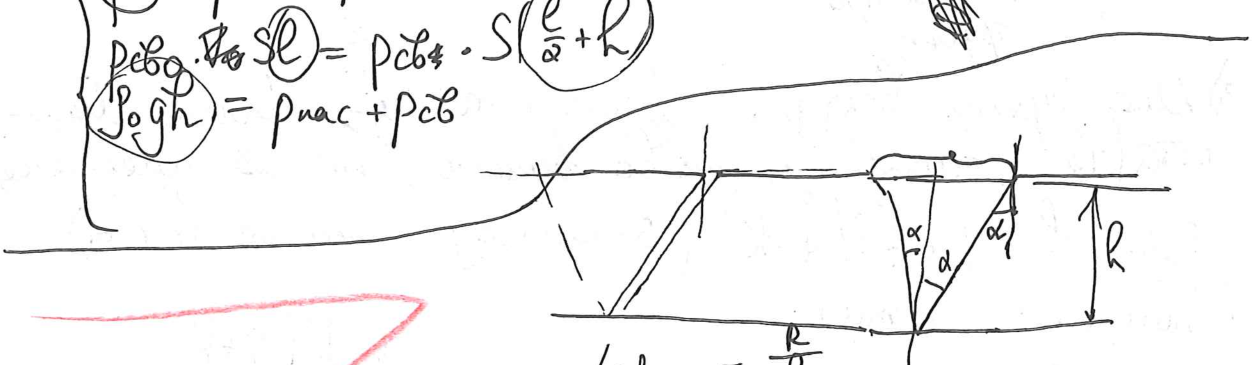
$\begin{cases} p_0 = p_{нас} + p_{св0} \\ p_{св0} \cdot S\ell = p_{св1} \cdot S\left(\frac{\ell}{2}+h\right) \\ \rho_0 g h = p_{нас} + p_{св} \end{cases}$

$\times 19$

$10^2 \cdot 4{,}5 \cdot 19 = 85500$

$p_0 - p_{нас} = \frac{\rho_0 g h\left(\frac{\ell}{2}+h\right)}{\frac{\ell}{2}-h}$

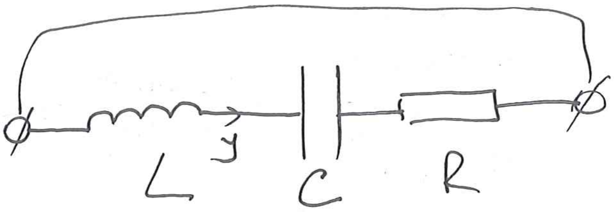
$p_0 - p_{нас} = 100000 - 85500 = 14500$



$tg\beta_{max} = \frac{R}{2h}$

$R = 2h\,tg\beta_{max}$

Черновик



$\cancel{q = A\cos\omega t}$ $Q = \int J^2 R\,dt$?

$J \to J_{max} \Rightarrow U_L = 0$

$U_C = 2B = U_R$

$J_{max} = \frac{U_C}{R}$

$\ddot{q}L = \frac{q}{C}$

$\cancel{K^2 L}$

$\cancel{\frac{L J_{max}^2}{2}}$ $L\dot{J} + \frac{q}{C} + JR = 0$

$C = \frac{\cancel{A \cdot C}\ \frac{A \cdot C}{B}}{} \ \frac{1}{Ом}$

$\frac{q}{C} + \dot{q}R + \ddot{q}L = 0$

$Гн = \frac{\cancel{A}}{\cancel{C}} \frac{B \cdot C}{A}$ $Ом \cdot C$

Ом

$K^2 L + KR + \frac{1}{C} = 0$

$\cancel{K^2 + K}$

$K_{1,2} = \frac{-R \pm \sqrt{R^2 - 4\frac{L}{C}}}{2L}$

$\times \begin{array}{r} 95 \\ 9 \end{array}$ 8,5 500 4 500

$q = C_1 \cdot e^{\frac{-R + \sqrt{R^2 - 4\frac{L}{C}}}{2L} t} + C_2 \cdot e^{\frac{-R - \sqrt{R^2 - \frac{4L}{C}}}{2L} t} \cancel{= 0}$

$q(0) = \frac{U_C}{C} = C_1 + C_2$

$\frac{0{,}45}{0{,}05} = 9$

$10^4 \cdot 9 \cdot 0{,}95$

$J = C_1 \cdot \left(\frac{-R + \sqrt{R^2 - \frac{4L}{C}}}{2L}\right) e^{\cdots} + C_2 \cdot (\ldots) \cdot e^{\cdots}$

$J(0) = J_{max} = C_1(\ldots) + C_2(\ldots) = \frac{U_C}{R}$

$\frac{L J_{max}^2}{2} + \frac{U_C^2 C}{2} = \frac{L J_1^2}{2}$

$\frac{9 \cdot 19}{20}$

$\frac{L J^2}{2} +$

$-Q = const \ \frac{q}{C} + \dot{q}R + \ddot{q}L = 0$

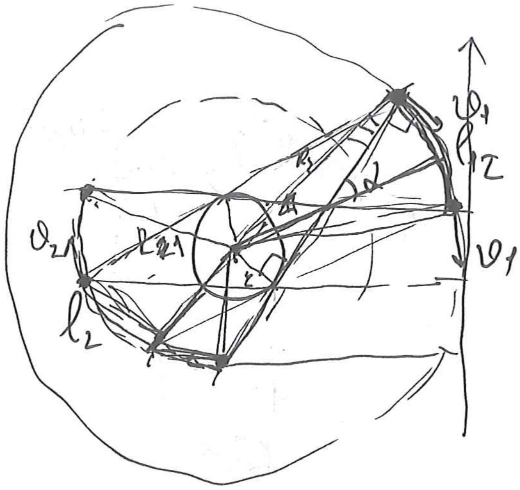
$9 \quad \frac{9}{20} \cdot \frac{19}{20}$

$\frac{1}{20}$

$\times \begin{array}{r} 3{,}14 \\ 12 \\ \hline 628 \\ 314 \\ \hline 37{,}68 \end{array}$

$\times \begin{array}{r} 3{,}14 \\ 3 \\ \hline 9{,}42 \\ 4 \\ \hline 37{,}68 \end{array}$

Черновик



$v_1 = \sqrt{g_1 R_1}$

$v_2 = \sqrt{g_2 R_2}$

$\cancel{F = \frac{GmM}{R_1^2} = mg}$

$g_1 = G\frac{m}{R_1^2}$

$v_1 = \sqrt{G\frac{m}{R_1}}$

$v_2 = \sqrt{G\frac{M}{R_2}}$

$G\frac{m}{R_1^2}$

$\cancel{g = G\frac{m}{r}}$

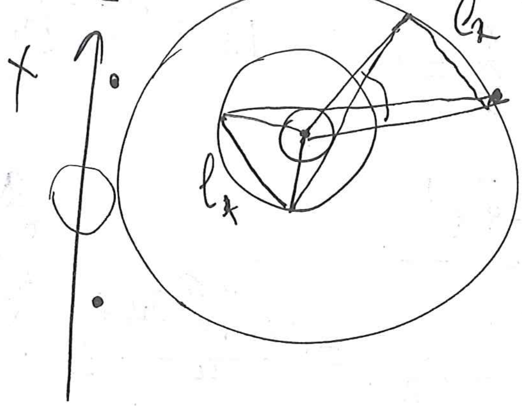
$\cancel{v_1\tau = v_2\tau}$

$v_1\tau = l_1$

$v_2\tau = l_2$

$v_1 = \sqrt{\frac{gr}{R_1}}$

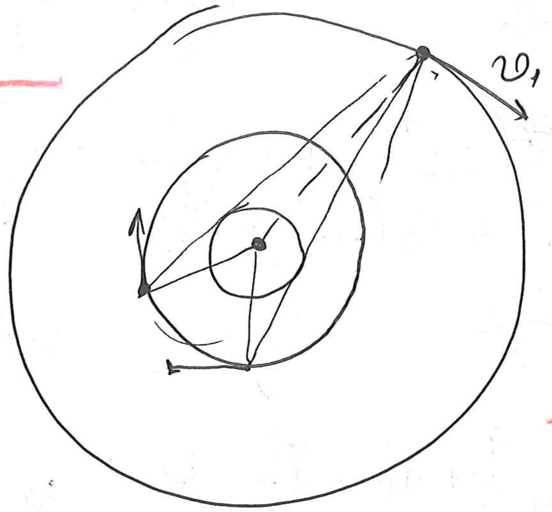
$v_2 = \sqrt{\frac{gr}{R_2}}$

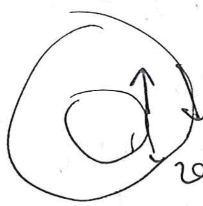


$\frac{l_2}{R_2} = \alpha_2$

$\frac{l_1}{R_1} = \alpha_1$

α_1





$v_2 = v_1\frac{R_1}{R_2}$

$v_2 - v_1\frac{R_1}{R_2}$