15.13 + 1 лист

0 078042 750009

07-80-42-75
(4.7)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мамонова Вениамина Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«9» февраля 2024 года

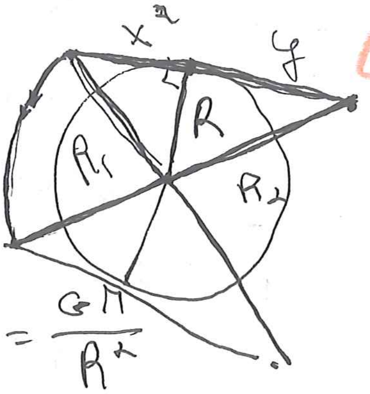
Подпись участника

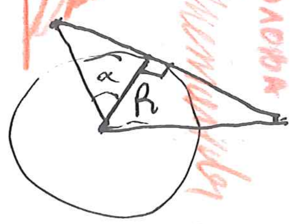
07-80-42-75 (4.7)

1	2	3	4	5	Σ
20	18	20	20	20	98

девяносто восемь

Черновик:





$g = \frac{GM}{R^2}$

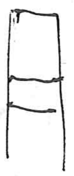
$\cancel{x} = \sqrt{R_1^2 - R^2}$

$g = \frac{GM}{R^2}$ $\qquad g_1 = \frac{v_1^2}{2}$ $\quad y^2$

$g = \frac{GM}{R^2}$ $\qquad g_2 = \frac{v_2^2}{2}$ $\quad x^2 - y^2$

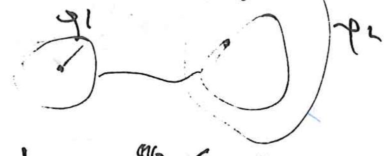
$$\left.\begin{aligned} g_1 &= \frac{GM}{R_1^2} \\ g_2 &= \frac{GM}{R_2^2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2.$$

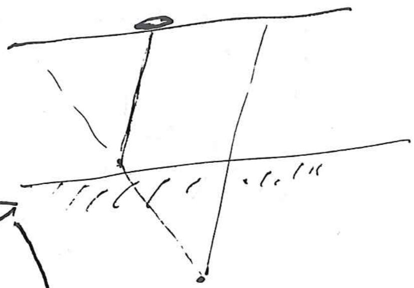
№2



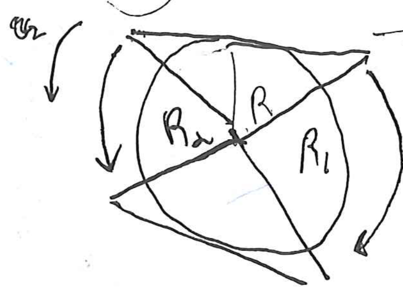
$\cancel{p =}$

$\cancel{(p_0 + p_{атм}) \cdot l = (p_{атм}}$





$U =$



07-80-42-75 (4.7)

Чистовик: N 2.5.2. лист 1.

1) Рассмотрим начальный момент: давление воздуха внутри трубки равно $p_1 = p_{нас} + p_0$.

Начальный объём равен $V_1 = S \cdot L$, где S – площадь сечения трубки.

2) Рассмотрим конечный момент: давление водяного пара не изменилось, а давление сухого воздуха изменилось по закону Бойля-Мариотта: $p_0 L \cdot S = p_{кон} \cdot S(\frac{L}{2}+h)$,

где $p_{кон}$ – конечное давление сухого воздуха.

$p_{кон} = p_0 \frac{L}{\frac{L}{2}+h}$. Таким образом,

$p_2 = p_{кон} + p_{нас} = p_{нас} + p_0 \cdot \frac{L}{\frac{L}{2}+h}$.

3) Отметим, что p_2 отличается от p_0 на гидростатическое давление: Таким образом:

$\rho_0 \cdot g \cdot h = p_2 - p_0$

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

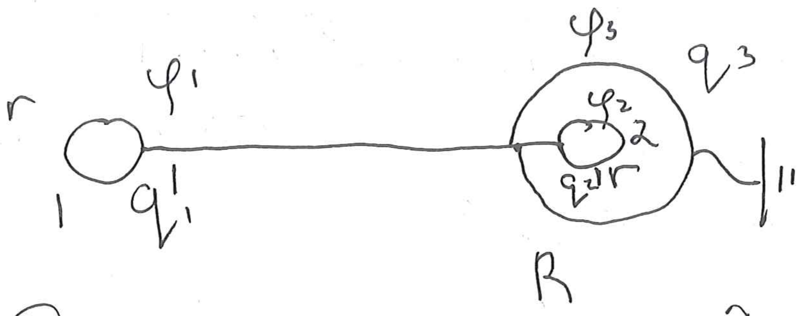
$\frac{(\rho_0 g h - p_{нас})(\frac{L}{2}+h)}{\frac{L}{2}-h} = p_0$

$p_0 = \frac{(10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 - 14500)(0{,}5+0{,}45)}{0{,}05} =$

$= -1{,}9 \cdot 10^5$ Па < 0 Таким образом, мы понимаем, что начальное давление сухого воздуха не равно p_0.

Чистовик: N 3.10.2. лист 1

1)



Потенциал заземлённой сферы равен 0. Значит, $\varphi_3 = 0$,

$$\frac{kq_3}{R} + \frac{kq_2'}{R} = 0 \Rightarrow q_2' = -q^3.$$

2) Потенциалы соединённых сфер равны: $\varphi_1 = \varphi_2$. +

$$\varphi_1 = \frac{kq_1'}{r} ; \varphi_2 = \frac{kq^3}{R} + \frac{kq_2'}{r}.$$

$$\frac{\cancel{k}q_1'}{r} = \frac{kq^3}{R} + \frac{kq_2'}{r} = -\frac{kq_2'}{R} + \frac{kq_2'}{r} =$$

$$= q_2'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \cdot \cancel{k}$$

$\frac{q_1'}{q_2'} = 1 - \frac{r}{R}$. Пусть $q_1' = q_2$,

$q_2' = q_1$. Тогда $\frac{1}{3} = 1 - \frac{r}{R} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{2}{3} \Rightarrow$ $r = 2$ см. +

Ответ: $r = 2$ см.

07-80-42-75 (4.7)

Чистовик: N 2.5.2 Лист 2.

4) $p_1 = p_0$ (суммарное давление внутри трубки сначала равно p_0)

По закону Бойля – Мариотта для сухого воздуха:

$$(p_0 - p_{нас}) \cdot L \cdot S = p_{кон} \cdot S\left(\frac{L}{2}+h\right)$$

$$p_{кон} = \frac{(p_0 - p_{нас}) \cdot L}{\frac{L}{2}+h}.$$

5) $p_2 = p_{кон} + p_{нас}$.

Отметим, что p_2 отличается от p_0 на гидростатическое давление:

$$p_2 - p_0 = \rho_0 g h$$

нет конечной ф-лы $p_0 = ?$

$$\frac{p_0 L}{\frac{L}{2}+h} - \frac{p_{нас} \cdot L}{\frac{L}{2}+h} + p_{нас} - p_0 = \rho_0 g h$$

$$\frac{20}{19} p_0 - \frac{20}{19} p_{нас} + p_{нас} - p_0 = \rho_0 g h$$

$$\frac{1}{19} p_0 = \rho_0 g h + \frac{1}{19} p_{нас}$$

$$p_0 = 19 \rho_0 g h + p_{нас} = 19 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 + 14{,}5 \cdot 10^3 = 10^3 (19 \cdot 4{,}5 + 14{,}5) = 10^3\left(95 - \underbrace{19 \cdot 0{,}5}_{9{,}5} + 14{,}5\right) = 10^5 \text{ Па}.$$

Ответ: $p_0 = 10^5$ Па. +

Замечание: p_1 – начальное давление воздуха в сосуде; p_2 – конечное давление воздуха в сосуде (смесь сухого воздуха и водяного пара). В процессе решения без пояснений используется закон Дальтона.

Чистовик: N 1. 4. 2. Лист 2.

2) $\varphi_2 = \omega_2 \cdot \tau$

$g_2 = \omega_2^2 \cdot R_2$; $g = \frac{GM}{R^2}$; $g_2 = \frac{GM}{R_2^2}$

$GM = gR^2 \Rightarrow g_2 = g\left(\frac{R}{R_2}\right)^2$

$g\left(\frac{R}{R_2}\right)^2 = \omega_2^2 \cdot R_2$

$\sqrt{\frac{g}{R_2}}\frac{R}{R_2} = \omega_2 = \frac{\varphi_2}{\tau} \Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi_2 = \sqrt{\frac{g}{R_2}} \cdot \frac{R}{R_2} \cdot \tau \quad (2)$

3) (1) и (2):

$2\cancel{R}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \sqrt{\frac{g}{R_2}} \cdot \frac{\cancel{R}}{R_2} \cdot \tau \cdot$

$\cdot \left(\frac{R_1^{\frac{3}{2}} + R_2^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{3}{2}}}\right)$

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

$\tau = \frac{2(R_1 + R_2)\sqrt{R_1 R_2}}{\sqrt{g}\left(R_1^{\frac{3}{2}} + R_2^{\frac{3}{2}}\right)} = \cancel{\frac{2 \cdot 16{,}4 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^4}{3(10^{1} + 10^9 \cdot 8^3)}}$

$\cancel{10^3 \cdot 10^3 = 16 \cdot 16}$

$$= \frac{2(64\cdot 10^6 + 10^8)\cdot 8\cdot 10^3\cdot 10^4}{3\cdot(10^{12}+10^9\cdot 8^3)} =$$ чистовик: N1.4.2. лист 3

$$= \frac{2}{3}\cdot\frac{10^6(64+100)\cdot 8\cdot 10^7}{10^9\cdot(1000+8^3)} =$$

$$= \frac{2}{3}\,\frac{10^{13}\cdot 8\cdot 164}{10^9\cdot 1512} = \frac{2}{3}\cdot 10^4\cdot\frac{8\cdot 164}{1512} =$$

$$= \frac{8\cdot 164\cdot 10^4}{3\cdot 756} = \frac{2\cdot 164}{3\cdot 189}\cdot 10^4 = \frac{328}{567}\cdot 10^4\,c$$

Ответ: $\tau = \frac{328}{567}\cdot 10^4\,c$ +

Чистовик: за N 5.4.2. лист 1

1) Отметим, что для контура верно ур-ие колебаний:

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

2) Рассмотрим ситуацию из условия: т.к. ток в катушке максимален, то (U_L - напряжение на катушке) $U_L = 0$, значит, напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе и равно U. Значит, ток равен $I_0 = \frac{U}{R} = I_{max}$

3) т.к. потери за каждый период колебаний невелики, то будем считать, что цепь в рассматриваемый момент времени - идеальный колебательный контур:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

4) Ток будет меняться по гармоническому закону $I(t) = I_{max}\sin(\omega t + \varphi_0)$.

δQ - тепло, выделяемое на резисторе в какой-то момент времени ($\Delta t \to 0$)

$\delta Q = I^2(t)R\Delta t$. Проинтегрировав теплоты в течение периода колебаний, получаем, что

$$Q = \frac{1}{2} I_{max}^2 \cdot R \cdot T$$

$$Q = \frac{1}{2}\frac{U^2}{R^2} \cdot R \cdot T \Rightarrow R = \frac{U^2 \cdot T}{2Q}$$

Чистовик: N 5.4.2. Лист 2.

$$R = \frac{U^2 \cdot \cancel{2}\pi\sqrt{LC}}{\cancel{2}Q} = \pi U^2 \frac{\sqrt{LC}}{Q} =$$

$$= 3{,}14 \cdot 0{,}04 \cdot \frac{\sqrt{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}3}}{0{,}38 \cdot 10^{-3}} =$$

~~$= 3{,}14 \cdot 4 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-3}}{38 \cdot 19} \approx 10^{-3}$ Ом.~~

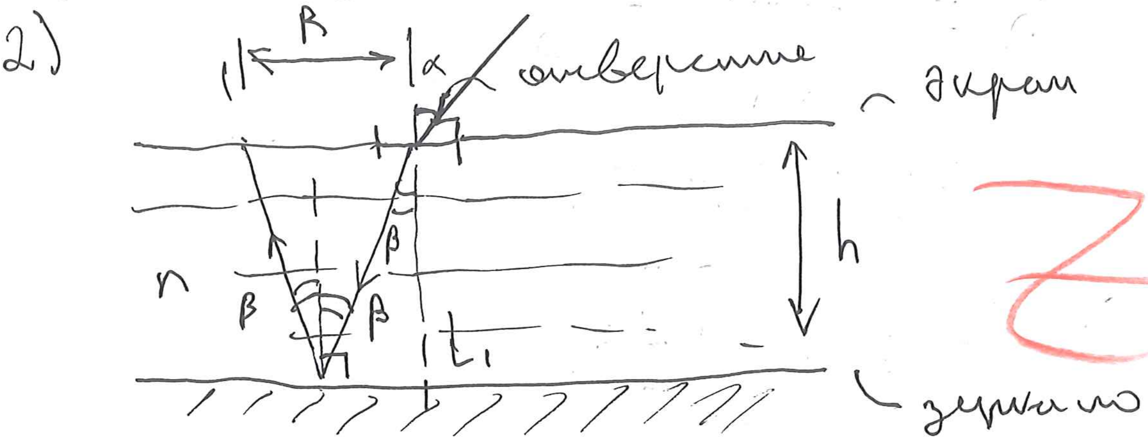
$$= 3{,}14 \cdot \cancel{4}^{2} \cdot \frac{3 \cdot \cancel{10^{-3}}}{\cancel{38}_{19} \cdot \cancel{10^{-3}}} = \frac{6{,}28 \cdot 3}{19} \approx 1 \text{ Ом}$$

Ответ: $R = 1$ Ом.

Чистовик : N 4.10.2 Лист 1.

1) Очевидно, что чем больше угол падения, тем больше угол преломления.

2)



По закону Снеллиуса:

$1\cdot\sin\alpha = n\cdot\sin\beta \Rightarrow \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$.

Заметим, что при $\alpha \to 90^\circ$:

$\sin\alpha \to 1$; $\sin\beta \to \frac{2}{3} \Rightarrow$ максимальный угол β, на который может отклониться луч от прямой l_1, равен $\arcsin\frac{2}{3}$.

3) Отметим, что угол падения равен углу отражения ~~равен β~~. ~~Из рисунка в п.(2) мы видим,~~ ~~что~~ после отражения в зеркале. Из рисунка в п.(2) мы видим, что $R = 2\cdot h\cdot tg\beta$, где $\sin\beta = \frac{2}{3}$.

$1+tg^2\beta = \frac{1}{\cos^2\beta} = \frac{1}{1-\sin^2\beta} \Rightarrow \cancel{1-\sin^2\beta = \frac{1}{1+l}}$

$tg^2\beta = \frac{1}{1-\sin^2\beta} - 1 = \frac{1}{1-\frac{4}{9}} - 1 = \frac{9}{5} - 1 = \frac{4}{5} \Rightarrow$

Чистовик: N 4.10.2. лист. 2

$\Rightarrow \operatorname{tg}\beta = \frac{2\sqrt{5}}{5}.$

$$h = \frac{R}{2\operatorname{tg}\beta} = \frac{8^2}{\cancel{2}\cdot\frac{\cancel{2}}{\sqrt{5}}} = 2\sqrt{5}\text{ см} =$$

$$= 2\sqrt{5}\cdot 10^{-2}\text{ м}$$

Ответ: $h = 2\sqrt{5}\cdot 10^{-2}$ м (+)

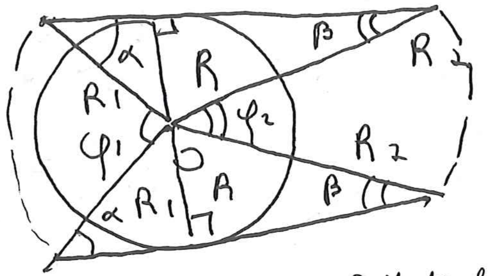
Чистовик: N1.4.2. Лист 1

1) $g_1 = G\frac{M}{R_1^2}$; $g_2 = G\frac{M}{R_2^2}$;

$g = G\frac{M}{R^2}$ ~~γ~~; $g_1 = \omega_1^2 R_1$; $g_2 = \omega_2^2 R_2$

$$\frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \cdot \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}} \Rightarrow \varphi_1 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}} \varphi_2$$



φ_1, φ_2 – углы, которые пролетают корабли, пока они находятся в слепой зоне.

По условию, R – несколько тысяч километров, значит, $R << R_1$; $R << R_2$.

$$\alpha = \arcsin\frac{R}{R_1} \approx \frac{R}{R_1}; \beta = \arcsin\frac{R}{R_2} \approx \frac{R}{R_2}.$$

Заметим, что $2\alpha + 2\beta = \varphi_1 + \varphi_2$

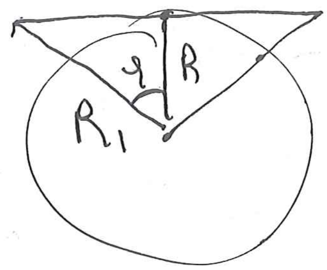
$$2R\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \varphi_2\left(\frac{R_1^{\frac{3}{2}} + R_2^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{3}{2}}}\right) \quad (1)$$

+

Черновик:

$$\frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$$

$3{,}14$ $\quad 6{,}28 \,|\, 19$ $\quad 6{,}18 \cdot 3$



$= 18,$

$\longrightarrow$

$$g_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$$

$$g_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$$

$$q = I_0 = \frac{q}{R}$$

$\cancel{W_2}$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\cancel{R_1}}{\cancel{R_2}} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = \frac{R_2}{R_1}$$

$Q = \cancel{I_0} \cdot R$

$$Q = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = \frac{10}{3}$$

I_0^2

$$g = \frac{GM}{R^2}; \; g_1 = \frac{GM}{R_1^2}$$

$$v_1 = \omega_1 R_1$$

$$v_2 = \omega_2 R_2$$

$$\overrightarrow{I} = \frac{q}{R}$$

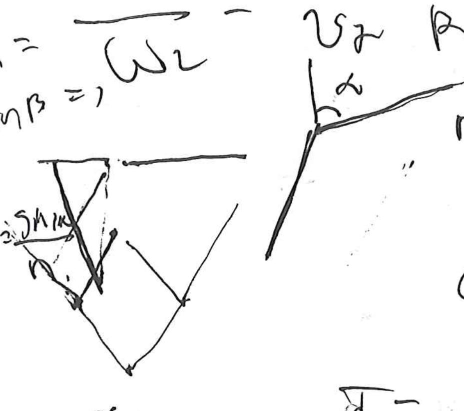
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$1 \cdot \sin\alpha =$

$= n \cdot \sin\beta = ,$

I^2

$$\max(\sin\beta) = \frac{2}{3}. \quad I_{max} \sin^2\omega t$$



$$\Rightarrow \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$$

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

$$\beta = \frac{\alpha}{n}$$

$$\cancel{T} = \int I_{max}^2 \sin^2(\omega t) \, \cos$$

$\cos(\omega t)$ $\cancel{\sin}$

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$$

$\frac{1}{2} I_n$

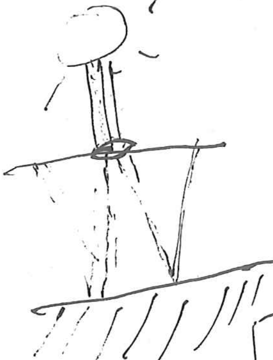
$$\frac{1 - \cos(2\omega t)}{2}$$

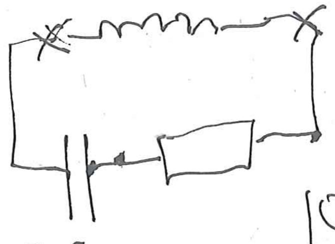
Черновик:

~~4,5~~ $\quad 19,5 =$

$L \quad p_1 \quad \times \frac{19}{5} \quad 95 =$

$0,5$



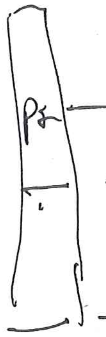


C

$\cancel{p_0 + \rho g h}$

$\rho g h + p_1$

$\frac{10000 \cdot \cancel{0{,}9}5}{\cancel{0{,}0}5}$ $=$ 19



p_0

$p_{нас} + p_1$

$p_0 + \rho g h$

$10000 \cdot 0,9$

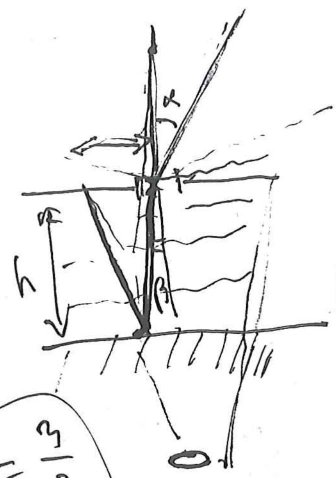
10000

$p_0 + \rho g h + \rho g h_1$

$9,8$

$p_2 + \rho g h_2$

$p_1 = p_0 - p_{нас}$ $\quad h$



$p_2 + \rho g h_2 = p_0 + \rho g h + \rho g h_1$

$n = \frac{3}{2}$

$\frac{100}{95} =$

$p_2 - p_0 = \rho g h \quad p_0 =$

$n = \frac{3}{2}$.

$\beta = \frac{\alpha}{n}$.

$p_2 - p_0 = p_{нас}$.

$p_{нас} + \frac{20}{19} p_0 = \frac{20}{19} p_0$

$p \cdot \frac{1}{19} p_0 + p_{нас} \quad p_2 = \frac{20}{19} p_0 + 19,5 \cdot 10^3$

$\rho g h = \cancel{p_0}$

$\rho_0 g h \cdot \cancel{1000}$ $\quad 10000 \cdot 4,5$

$\rho g h + p_0 = p_2$

$\frac{1}{19} p_0 + p_{нас} = \rho g h$

$\rho g h + p_0 = p_{нас} + \dots$

$p_2 = p_0 \frac{L}{\frac{L}{2} + h} - p_0 \frac{\frac{L}{2} - h}{\frac{L}{2} + h}$

$\left(\frac{\frac{L}{2} - h}{\frac{L}{2} + h}\right) p_0 = \frac{0,05}{0,95} p_0$

07-80-42-75 (4.7)

Черновик:

$$R\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=\varphi_2\left(\frac{R_1^{\frac{3}{2}}+R_2^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{2}{2}}}\right)$$

3·189

φ_2

$\varphi_2=\omega_2\cdot R_2\cdot t$

$\varphi_2=\omega_2\cdot t$

$6{,}4\cdot10^4$

$64\cdot10^8$

$\sqrt{R_1}=$

$\sqrt{R_2}=\sqrt{10}\cdot\sqrt{10^4}$

$189\cdot3=567$

$164\cdot2=328$

$64\cdot8=512$

$256\cdot2=512$

$328\cdot2=656$

$512\cdot10^9+1000$

$R_1^3=10^9\cdot8^3+10^{12}$

$R_1=64\cdot10^6$ м. $\frac{328}{567}$

$R_2=10^8$ м

$\sqrt{R_1}=10^3\cdot8$; $\sqrt{R_2}=10^4\cdot3289$

$\sqrt{64\cdot10^6\cdot10^8}=10^4\cdot8\cdot10^3$

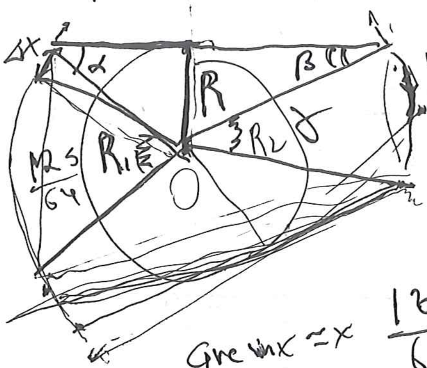
Черновик:

$$g_1 = \frac{GM}{R_1^2};\quad g_2 = \frac{GM}{R_2^2}\qquad R = \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{g}}.$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} = \frac{v_1^2 R_2}{R_1 \cdot v_2^2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = \frac{10}{8} = \frac{5}{4}.$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}\cdot\frac{R_1}{R_2} = \frac{5}{4}\qquad \frac{61\cdot 64}{100}$$



ωt

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{100\cdot 5}{4\cdot 64\cdot 16} = \frac{125}{64}.$$

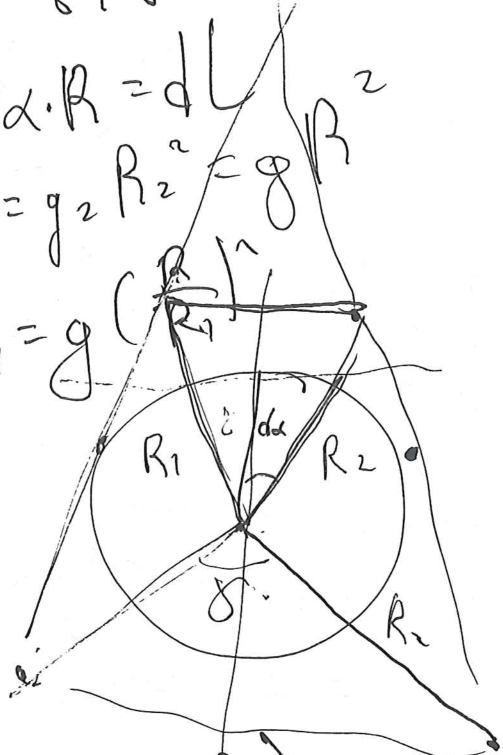
$g_1 =$

$\arcsin x = x\quad \frac{139}{64}\gamma =$

$$d\alpha \cdot R = dL$$

$$g_1 R_1^2 = g_2 R_2^2 = g R^2$$

$$2\alpha + 2\beta = \frac{139}{65}\gamma.$$



$$g_2 = g\left(\frac{R}{R_2}\right)^2;\quad g_1 = g\left(\frac{R}{R_1}\right)^2$$

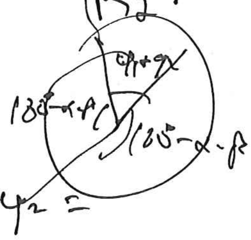
$$\frac{v^2}{R_2} = g\frac{R^2}{R_2}$$

$$\sin\alpha = \frac{R}{R_1};\quad \sin\beta = \frac{R}{R_2}\quad \alpha\left(\frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2}\right) =$$

~~$\sin\alpha + \sin$~~ $\ \frac{R}{R_1} + \arcsin\frac{R}{R_2}$

$=$

$\alpha = \arcsin\frac{R}{R_1}$



$$360^\circ - 2(\alpha+\beta) + \varphi_1 + \varphi_2 =$$