0 402528 570001

40-25-28-57
(4.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов" по физике
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Комарова Артёма Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

40-25-28-57
(4.2)

Чистовик

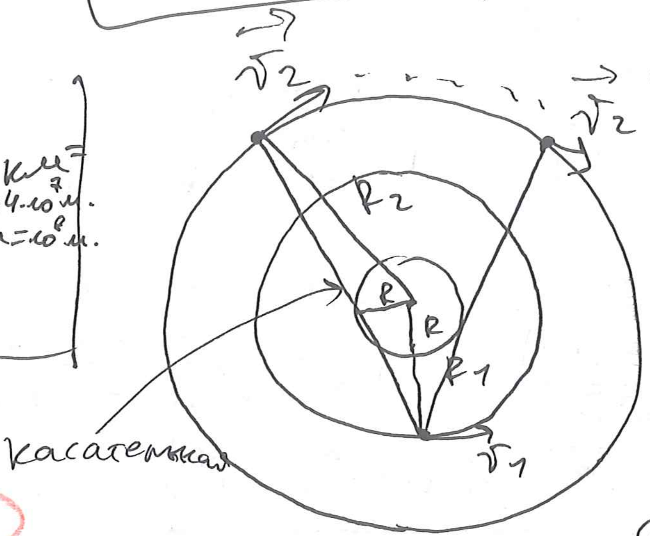
1.4.2

$R_1 = 6{,}4\cdot10^4$ км $= 6{,}4\cdot10^7$ м.

$R_2 = 10^5$ км $= 10^8$ м.

$g = 9$ м/с^2

τ — ?



пусть R - радиус планеты

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

$gR^2 = GM$

$\boxed{R\sqrt{g} = \sqrt{GM}}$

Перейдём в СО, связанную с первым телом, тогда время, в течение которого корабли будут пребывать в слепой зоне - это время, в течение которого второй корабль пройдёт угловой ~~расстояние~~ диаметр планеты при наблюдении с первого корабля

В СО первого корабля линейная скорость второго

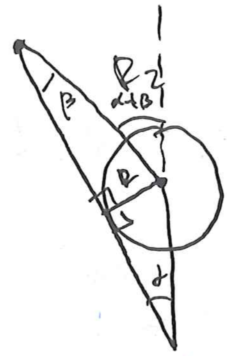
$v_2' = |v_2 + v_1|$

движение навстречу!

угловая скорость второго:

$\omega_2' = |\omega_2 - \omega_1|$

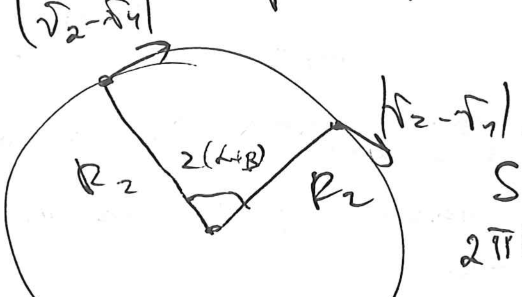
$R \ll R_1, R_2$



$\sin\alpha = \frac{R}{R_1} \approx \alpha$

$\sin\beta = \frac{R}{R_2} \approx \beta$

$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$; $v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$ линейные скорости (1) и (2) кораблей



длину дуги S нужно пройти второму в СО первого корабля, чтобы выйти из слепой зоны

S — $2(\alpha+\beta)$

$2\pi R_2$ — 2π

$S = \frac{2(\alpha+\beta)\cdot 2\pi R_2}{2\pi} = 2(\alpha+\beta)R_2 = 2R_2R\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = \frac{2R(R_1+R_2)}{R_1}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

$$S = (v_2 + v_1)\tau$$

$$\tau = \frac{S}{v_2 - v_1} = \frac{2R(R_1+R_2)}{R_1\left(\sqrt{\frac{GM}{R_1}} - \sqrt{\frac{GM}{R_2}}\right)} = \frac{2R(R_1+R_2)}{R_1\sqrt{GM}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} - \frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)} =$$

$$= \frac{2(R_1+R_2)}{\sqrt{g}R_1 \frac{\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1}}{\sqrt{R_1}\sqrt{R_2}}} = \frac{2\sqrt{R_2}(R_1+R_2)}{\sqrt{g}\sqrt{R_1}(\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1})} =$$

$$= \frac{2\sqrt{10^8}(6{,}4\cdot 10^7 + 10^8)}{\sqrt{9}\sqrt{6{,}4\cdot 10^7}(\sqrt{10^8} - \sqrt{6{,}4\cdot 10^7})} = \frac{2\cdot \cancel{10^4}^{1}\cdot 1{,}64\cdot 10^8}{3\cdot 8\cdot \cancel{10}^3(10^4 - 8\cdot 10^3)} =$$

$$= \frac{\cancel{2}\cdot 1{,}64\cdot 10^9}{3\cdot 8\cdot \cancel{2}\cdot 10^3} = \frac{164\cdot 10^7}{3\cdot 8\cdot 10^3} = \frac{164\cdot 10^4}{3\cdot 8} =$$

$$= \frac{20{,}5\cdot 10^4}{3} = \frac{205000}{3} \simeq 6{,}8\cdot 10^4 (c) =$$

$$= \frac{6{,}8\cdot 10^4}{60\cdot 60}(ч.) = \frac{68000}{60\cdot 60} = \frac{\cancel{680}^{\cancel{340}\ 170}}{\cancel{6}_3\cdot\cancel{6}_3} = \frac{170}{9}(ч) \approx$$

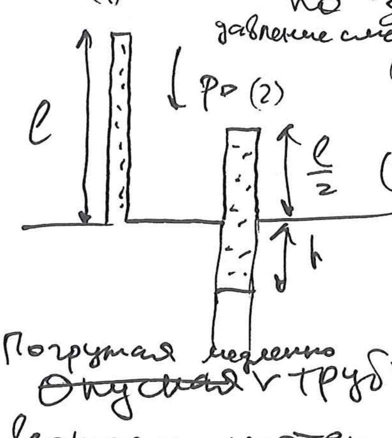
$$\approx 18{,}8\ (ч.)$$

Ответ: $\tau = 18{,}8$ (ч.)

2.5.2

Дано:
$l = 1$ м
$h = 0{,}45$ м
$\rho_0 = 10^3\ \frac{кг}{м^3}$
$g = 10$ м/с
$p_{нас} = 14{,}5$ кПа

$p_0 - ?$



по закону Дальтона: давление смеси равно сумме парциальных давлений газов в смеси

(1) $p_0 = p_{нас} + p_{в1}$

(2) $p_0 + \rho_0 g h = p_{нас} + p_{в2}$

$p_{нас}$ – давление насыщенных паров
$p_{в1}/p_{в2}$ – давление сухого воздуха в (1) и (2)
по усл. задачи

Погружая медленно ~~Опуская~~ трубку в воду мы совершаем изотермический процесс, т.е. $T = const$

$$p_{в1} l S = p_{в2}\left(\frac{l}{2} + h\right) S$$

$p_{нас}$ в (1) и (2) одинаковая, т.к. температура не поменялась

40-25-28-57 (4.2)

Чистовик

$$\boxed{p_{в1} = p_{в2}\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)}$$

$$p_0 = p_{нас} + p_{в2}\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)$$

$$p_0 + \rho g h = p_{нас} + p_{в2}$$

~~$p_0 + \rho g h = p_{нас}$~~

$$p_0 = p_{нас} + (p_0 + \rho_0 g h - p_{нас})\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)$$

$$p_0 = p_{нас} + p_0\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right) + \rho_0 g h\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right) - p_{нас}\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)$$

$$p_0\left(\frac{1}{2} - \frac{h}{l}\right) = p_{нас}\left(\frac{1}{2} - \frac{h}{l}\right) + \rho_0 g h\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)$$

$$p_0 = p_{нас} + \rho_0 g h \frac{\frac{1}{2} + \frac{h}{l}}{\frac{1}{2} - \frac{h}{l}} = p_{нас} + \rho_0 g h \cdot$$

$$\cdot \frac{l + 2h}{l - 2h} = 14500 + 1000 \cdot 10 \cdot 0{,}45 \frac{1 + 2 \cdot 0{,}45}{1 - 2 \cdot 0{,}45} =$$

$$= 14500 + 45 \cdot 100 \frac{1 + 0{,}9}{1 - 0{,}9} = 14500 + 45 \cdot 100 \frac{1{,}9}{0{,}1} =$$

$$= 14500 + 45 \cdot 19 \cdot 100 = 14500 + 85500 =$$

$$= 100000 = 10^5 \ (Па)$$

Решение и ответ верные

Ответ: $p_0 = 10^5 \ (Па)$

3.10.2

Дано

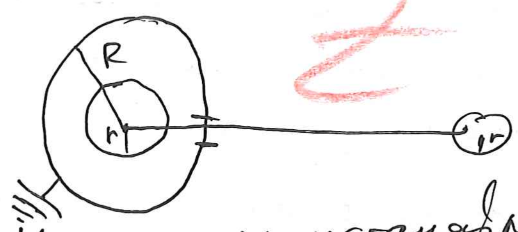
$R = 3 см$

$q_1 = 7{,}5 \cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5 \cdot 10^{-10}$ Кл

$r - ?$

$r < R$



На шарах установились заряды q_1 и q_2, а это значит, что больше изменения зарядов со временем происходить не будет, т.е. $\frac{\Delta q}{\Delta t}=0 \Rightarrow I=0$, тока м/у шарами нет $\Rightarrow \varphi_1-\varphi_2=0$, т.е. потенциалы шаров одинаковы

Чистовик

$$\varphi_1=\varphi_2$$

$$\frac{kq_1}{r}-\frac{kq_1}{R}=\frac{kq_2}{r} \Big| \cdot \frac{rR}{k}$$

$$q_1R-q_1r=q_2R$$

$$r=\frac{q_1-q_2}{q_1}R=\frac{(7{,}5-2{,}5)\cdot\cancel{10^{-10}}}{7{,}5\cdot\cancel{10^{-10}}}\cdot 3=\frac{5}{7{,}5}\cdot 3=$$

+

$$=\frac{\cancel{50}^{10}}{\cancel{75}_{15}}\cdot 3=\frac{\cancel{10}^{2}}{\cancel{15}_{3}}\cdot 3=\frac{2}{3}\cdot 3=2\ (\text{см})$$

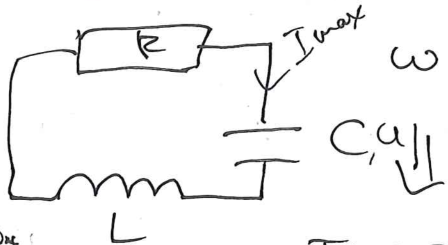
Ответ: $r=2$ см

~~4.10.2~~

5.4.2 +1

R – ?

$C=30$ мкФ
$L=0{,}3$ Гн
$U=0{,}2$ В
$\pi=3{,}14$
$Q=0{,}38$ мДж



$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ – циклическая частота э/м колебаний (Формула Томсона)

$T=2\pi\sqrt{LC}$ – период э/м колебаний +4

Когда сила тока в цепи достигает локального максимального значения, то производная тока по времени нулевая $\frac{dI}{dt}=0 \Rightarrow \varepsilon_i=-L\frac{dI}{dt}=0$

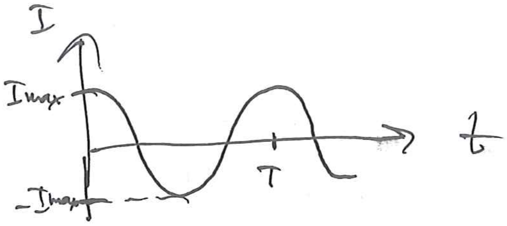
Напряжения на катушке в этот момент нет, тогда по II правилу Кирхгофа:

$$U=I_{max}R \Rightarrow \boxed{I_{max}=\frac{U}{R}}$$ +4

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

40-25-28-57 (4.2)

Ток в цепи меняется косинусоидально



в силу того, что потеря энергии за 1 период много меньше энергии в цепи в этот период, можно считать, что за 1 период ток меняется строго по косинусу.

~~Теплота, выделяющаяся на резисторе пропорциональна площади под графиком $I^2(t)$~~

Чистовик

$$dQ = I_{max}^2 R \cos^2(\omega t)\,dt$$

$$Q = I_{max}^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t)\,dt$$ +4

подсчитаем отдельно неопределённый интеграл, а затем подставим его в выражение для теплоты:

$$\int \cos^2(\omega t)\,dt = \int \frac{\cos(2\omega t)+1}{2}\,dt = \int \frac{\cos 2\omega t}{2}\,dt + \int \frac{dt}{2} =$$

$$= \frac{1}{2}\int \cos(2\omega t)\,dt + \frac{1}{2}\int dt = \frac{1}{2}\sin 2\omega t \,\frac{1}{2\omega} + \frac{1}{2}t =$$

$$= \boxed{\frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} + \frac{1}{2}t = \int \cos^2(\omega t)\,dt}$$

$$Q = I_{max}^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t)\,dt = I_{max}^2 R\left(\frac{\sin 2\omega T}{4\omega} + \frac{1}{2}T\right) =$$

$$= I_{max}^2 R\left(\frac{\sin\left(2\cdot\frac{1}{\sqrt{LC}}\cdot 2\pi\sqrt{LC}\right)}{4\cdot\frac{1}{\sqrt{LC}}} + \frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{LC}\right) =$$

$$= I_{max}^2 R\left(\frac{\sin 4\pi}{4}\sqrt{LC} + \pi\sqrt{LC}\right) = I_{max}^2 R\pi\sqrt{LC}$$

$$\boxed{\sin 4\pi = 0}$$

$$Q = I_{max}^2 R\pi\sqrt{LC} = \frac{U^2}{R^2}R\pi\sqrt{LC} = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{R}$$ +5

$$R = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{Q} = \frac{0{,}04\cdot 3{,}14\sqrt{0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-6}}}{0{,}38\cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{0{,}04\cdot 3{,}14\cdot 3\cdot \cancel{10^{-3}}}{0{,}38\cdot \cancel{10^{-3}}} = \frac{\overset{2}{\cancel{4}}\cdot 3\cdot 3{,}14}{\underset{19}{\cancel{38}}} = \frac{6\cdot 3{,}14}{19} = \frac{18{,}84}{19} \approx 1\,(\text{Ом})$$

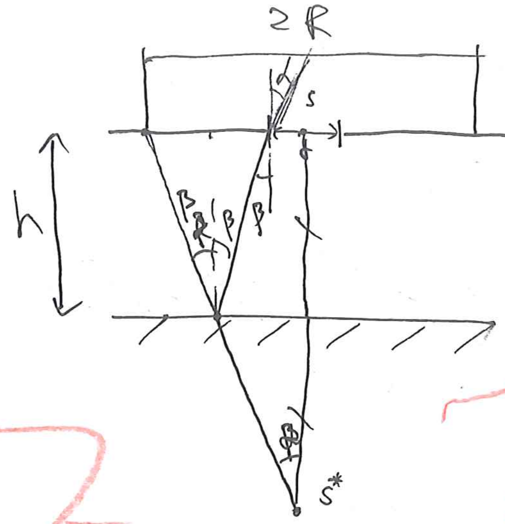
Ответ: $R = 1$ Ом +2

4.10.2

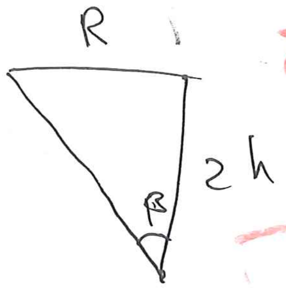
Чистовик

$R = 8$ см
$n = 1{,}5$

$h - ?$



будем считать что размер отверсия $\delta \ll R$



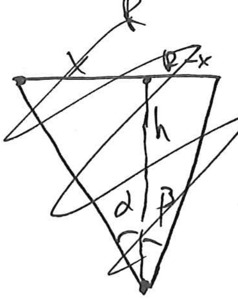
по закону преломления:

$\sin\alpha = n\sin\beta$, где α - угол падения луча света в воздухе, β - угол преломления луча света в ~~возд~~ жидкости

$~~\operatorname{tg}^2\alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2\alpha} = \frac{1}{1-\sin^2\alpha} \Rightarrow \operatorname{tg}^2\alpha = \frac{1}{1-\sin^2\alpha} - 1 =~~$

$~~\sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{(2h)^2 + R^2}}~~$

$$\boxed{\operatorname{tg}\beta = \frac{R}{2h}}$$



$~~\frac{x}{h} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{R}{2h}~~$

$~~x = h\operatorname{tg}\alpha~~$

$~~\boxed{x = \frac{R}{2}}~~$

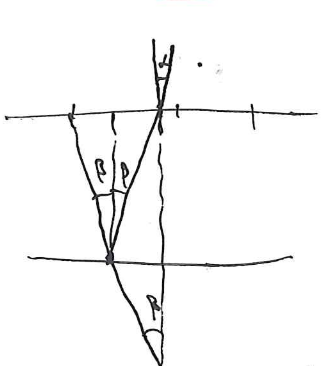
$~~\frac{R-x}{h} = \operatorname{tg}\beta~~$

$~~\frac{R - h\operatorname{tg}\alpha}{h} = \operatorname{tg}\beta~~$

$~~\frac{R}{h} - \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\beta~~$

$~~\frac{R}{h} = \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\alpha~~$

$~~\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}};\ \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\sqrt{1-\sin^2\beta}}~~$



Так как отверстие сверху осветили рассеянным светом, в таком световом потоке найдётся луч, угол падения которого $\alpha = 90^\circ \Rightarrow$
$\Rightarrow \sin\alpha = 1$ (+)

продолжение после зачёркнутой части на след. стр. →

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

$\boxed{\text{Чистовик}}$

$$tg\beta = \frac{\sin\alpha}{n\sqrt{1-\frac{\sin^2\alpha}{n^2}}} = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}$$

$$\frac{R}{h} = tg\alpha + tg\beta = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} + \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}} \qquad \frac{2\cdot 3}{3\sqrt5}$$

$$\frac{R}{h} = \frac{R}{\sqrt{(2h)^2+R^2}}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{R^2}{(2h)^2+R^2}}} + \frac{1}{\sqrt{n^2-\frac{R^2}{4h^2+R^2}}}\right) \qquad \sqrt{1-\frac49} = \frac{\sqrt5}{3}$$

$$\sqrt{(2h)^2+R^2} = h\left(\frac{\sqrt{4h^2+R^2}}{2h} + \frac{\sqrt{4h^2+R^2}}{\sqrt{(4h^2+R^2)n^2-R^2}}\right) \qquad \frac{2}{\sqrt5} = \frac{R}{2h}$$

$$h = \frac{R}{4}\sqrt5 =$$

$$\frac1h = \frac1{2h} + \frac1{\sqrt{4h^2n^2+R^2(n^2-1)}} \qquad \sin\alpha = 90 \Rightarrow = 2\sqrt5$$

$$= 5\sin\alpha = 1$$

$$\frac1{2h} = \frac1{\sqrt{4h^2n^2+R^2(n^2-1)}} \qquad 1 = n\sin\beta, \quad \sin\beta = \frac1n$$

$$4h^2 = 4h^2n^2 + R^2(n^2-1)$$

$$4h^2(1-n^2) = R^2(n^2-1) \qquad \frac{R}{2h} = n\sqrt{1-\left(\frac1n\right)^2} = \frac{1\cdot n}{n\sqrt{n^2-1}}$$

$$2h = R\sqrt{n^2-1}$$

$$h = \frac R2\sqrt{n^2-1} = \frac82\sqrt{\frac94-1} = \frac82\sqrt{\frac{9-4}{4}} = \frac84\sqrt5 = 2\sqrt5$$

Продолжение задачи 4.10.2.

тогда (т.к. $\sin\alpha = 1$)

$$\sin\beta = \frac1n$$

$$tg\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{1}{n\sqrt{1-\frac1{n^2}}} = \frac{1\cdot n}{n\sqrt{n^2-1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$$

$$tg\beta = \frac{R}{2h} = \frac1{\sqrt{n^2-1}}$$

$$h = \frac R2\sqrt{n^2-1} = \frac82\sqrt{\frac94-1} = \frac82\sqrt{\frac{9-4}{4}} =$$

$$= \frac82\cdot\frac12\sqrt5 = 2\sqrt5 \text{ (см)}$$

Ответ: $h = 2\sqrt5$ (см)

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик

$$Q = I_{max}^2 R \int \cos^2 \omega t \, dt$$

$$\int \cos^2 \omega t \, dt = \int \frac{\cos 2\omega t + 1}{2} dt = \frac{1}{2}\int \cos(2\omega t)\,dt + \frac{1}{2}t =$$

$$= \frac{1}{2}\sin 2\omega t \cdot \frac{1}{2\omega} + \frac{1}{2}t = \frac{\frac{1}{2}\sin(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot 2\pi\sqrt{LC})}{2\omega} +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{LC} = \frac{1}{4}\sqrt{LC} \cdot 0 + \pi\sqrt{LC}$$

$$Q = I_{max}^2 R \pi \sqrt{LC} = \frac{U^2 \pi \sqrt{LC}}{R} \quad \sqrt{\frac{м}{с^2}}\sqrt{м} = с$$

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

$$R = \frac{U^2 \pi \sqrt{LC}}{Q} = \frac{0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{0{,}3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}}{0{,}38 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot \cancel{10^{-3}}}{\cancel{38} \cdot \cancel{10^{-3}}} = \frac{6 \cdot 3{,}14}{19} = \frac{18{,}84}{19} = \approx 1 \text{ (Ом)}$$

$\times 45 \cdot 19 = 855$

$3{,}14 \times 6 = 18{,}84$; $18{,}8 \times 9 = 169{,}2$; $18 \times 9 = 162$; $205 : 5 = 41$; $170 : 9 = 18{,}8$

$$\frac{10000}{8000} \quad = 2000 \text{ с} \quad 2$$

64000000

100000000

$1{,}64 \cdot 10^8$

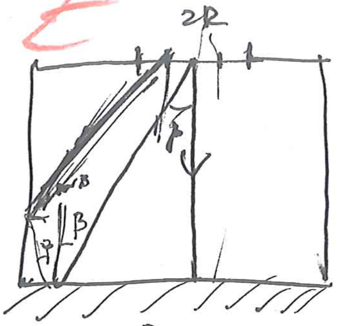
$170 : 9 = 18$; $= 2 \cdot 10^3$; $6{,}8 \times 3 = 20{,}4$

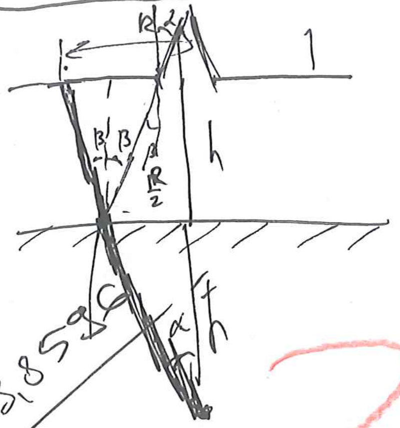
$164 : 8 = 20{,}5$; $20{,}5 \times 8 = 164{,}0$; $20{,}5 : 3 = 6{,}83$

$$\frac{20{,}5 \cdot 10^4}{3 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{\cancel{205} \cdot 10^3}{3 \cdot \cancel{60} \cdot 60} = \qquad \frac{68000 \text{ с}}{60 \cdot 60 \cdot 24} = \frac{68}{3 \cdot 6 \cdot 6} =$$

$$= \qquad = \frac{17}{9 \cdot 2} \approx 2 \text{ ч.}$$

Черновик





$$\sin\beta = \frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + h^2}}$$

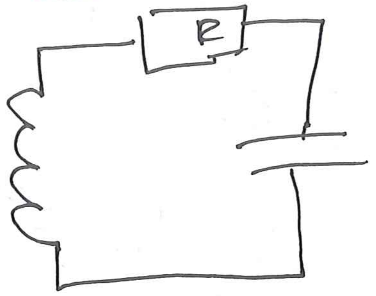
$$\sin\alpha = n\sin\beta$$

$\frac{12 \cdot 9{,}8596}{19}$

$3{,}14 \cdot 3{,}14 = 9{,}8596$

$3{,}14 \cdot 6 = 18{,}84$

5.4.2



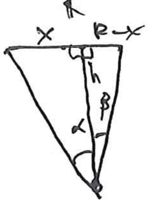
$\Delta W << W$

$\omega = \cancel{2\pi\sqrt{LC}}\ \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$\frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = Q + W_n$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}3} = 2\pi\sqrt{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3} = 6\pi \, 10^{-3} = 18{,}84 \cdot 10^{-3} (c.)$$

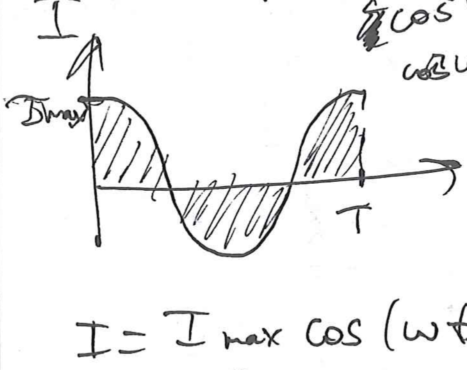
$Q = \Delta W$



$A = \frac{2\mu m g}{k}$

$2\cos^2\omega t - 1 = \cos 2\omega t$

$\cos^2\omega t = \frac{\cos 2\omega t + 1}{2}$



$I_{max}^2 \cos^2(\omega t) =$

$\int \cos^2(\omega t) = \int \frac{\cos 2\omega t + 1}{2} = \frac{1}{2}\cos 2\omega t$

$= I_{max}\,\pi$

$I = I_{max}\cos(\omega t)$

$I^2 = I_{max}^2\cos^2(\omega t)$

$Q = I_{max}^2 \cos^2(\omega t)\, R t = I_{max}^2 \pi R T$

$U = I_{max} R$

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

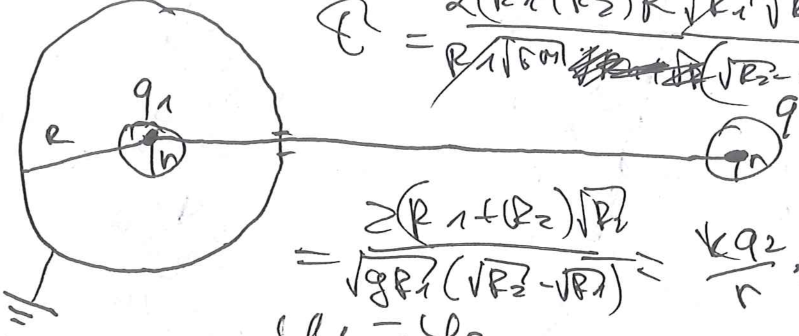
$\frac{0{,}04 \pi^2 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{0{,}38 \cdot 10^{-3}} = \frac{12}{19} = \frac{12}{18}\pi^2$

$Q = \frac{U^2}{R}\pi T \Rightarrow R = \frac{U^2 \pi T}{Q} = \frac{0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot 18{,}84 \cdot 10^{-3}}{0{,}38 \cdot 10^{-3}}$

3.10-2

Черновик

$$E = \frac{2(R_1+R_2)R\sqrt{R_1}\sqrt{R_2}}{R_1\sqrt{GM}\,(\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1})} =$$



$$= \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1}}{\sqrt{gR_1}(\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1})} =$$

$$\frac{kq_2}{r} - \frac{kq_2}{R} = \frac{kq_1}{r}$$

$$q_1 = q_2 \qquad q_2R - q_2r = q_1R$$

$$= \frac{2(64000+10000)8000}{3\cdot 8000(11000-8000)} = \frac{2\cdot 164000\cdot 10^4}{3\cdot 8000\cdot 8000} = \qquad r = \frac{q_2-q_1}{q_2}R =$$

$$\frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R} = \frac{kq_2}{r} \qquad \frac{164\cdot 10^4}{3\cdot 8}\cdot rR \qquad = \frac{-5}{2{,}5}R = 2R$$

$$q_1R - q_1r = q_2R$$

$$\cancel{r = \frac{q_2-q_1}{q_1}R = \frac{2{,}5\cdot 10^{-10} - 7{,}5\cdot 10^{-10}}{2{,}5\cdot 10^{-10}}\cdot 3 =}$$

$$\cancel{= \frac{-5}{2{,}5}\cdot 3 = 2\cdot 3 = 6}$$

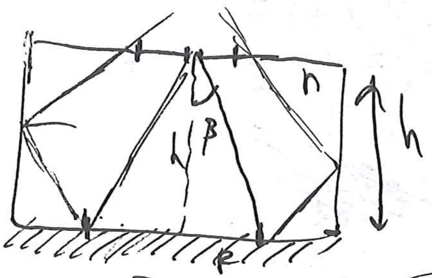
$75 \mid 5$, -5, 25, 15

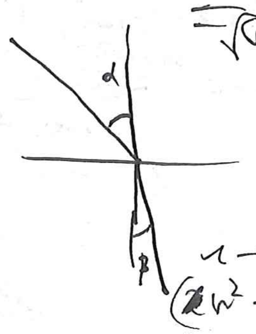
$$r = \frac{(q_1-q_2)R}{q_1} = \frac{7{,}5\cdot 10^{-10} - 2{,}5\cdot 10^{-10}}{7{,}5\cdot 10^{-10}}\cdot R =$$

$$= \frac{5}{7{,}5}\cdot R = \frac{50}{75}R = \frac{10}{15}R = \frac{2}{3}R = \frac{2}{3}\cdot 3 = 2 \text{ см}$$

$$\frac{2R(R_1+R_2)}{\sqrt{GM}\left(\frac{R_2}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{\sqrt{R_2}}\right)} = \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_2R_1}}{\sqrt{g}\,(R_2\sqrt{R_2} - R_1\sqrt{R_1})}$$

4.10-2





$$\sin\alpha = \sin\beta\, n$$

$$\sin\beta = \frac{R}{\sqrt{h^2+R^2}}$$

$$1 - \sin^2\alpha = n^4 - n^2\sin^2\alpha$$

$$(2n^2-1)\sin^2\alpha = n^4 - 1$$

$$\sin^2\alpha = \frac{4n^{n}-1}{2n^2-1} = 2n^2+1$$

$$\sin\alpha = \sqrt{2\cdot\frac{9}{4}+1} = \sqrt{\frac{11}{2}}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2R}{2h} = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{nR}{2h} = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}$$

$$\left(\frac{1}{n}\right)^2 = \frac{n^2-\sin^2\alpha}{1-\sin^2\alpha}$$

$$\sin^2\alpha = n^4+1$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

(Черновик)

$S - 2(\alpha+\beta)$

$2\pi R_2 - \cancel{\ \ } 2\pi$

$S = \frac{(\alpha+\beta)2\pi R_2}{\pi} = 2\left(\frac{R}{R_1}+\frac{R}{R_2}\right)R_2 = \frac{2R(R_1+R_2)R/2}{R_1 R/2} =$

$\omega = \frac{2\pi R(R_1+R_2)}{R_1}$

2.

$l = 1$ м

$h = 0{,}45$ м

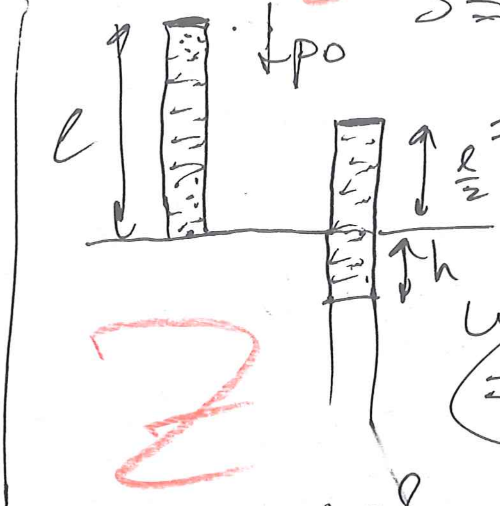
$\cancel{p_0 \ldots}$

$\rho_0 = 10^3\ \frac{кг}{м^3}$

$p_{нас} = 14{,}5$ кПа

$g = 10$ м/с²

$p_0 - ?$



$p_0 = p_{нас} + p_{в_1}$ $\qquad p_0 + \rho g h = p_{нас} + p_{в_2}$

$p_{в_1} l \cancel{S_0} = p_{в_2}\left(\frac{l}{2}+h\right)\cancel{S_0}$

$\omega = \frac{\alpha}{t}$

$p_{в_1} = p_{в_2}\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right)$

$t = \frac{2(\alpha+\beta)}{\omega_2-\omega_1} = \frac{2(\alpha+\beta)}{\frac{v_1}{r_1}-\frac{v_2}{r_2}} = \frac{2 r_1 r_2(\alpha+\beta)}{v_1 r_2 - v_2 r_1} = \frac{2\cancel{R_1R_2}R(R_1+R_2)}{\cancel{R_1R_2}(\sqrt{\ }_1R_2-\sqrt{\ }_2R_1)} =$

$\begin{array}{r} 4 \\ 95 \\ \times\ 9 \\ \hline 855 \end{array}$

$p_0 + \rho g h = p_{нас} + p_{в_2}$

$p_0 = p_{нас} + p_{в_2}\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right)$

око 8 конце сохраняется.

$p_0 = p_{нас} + (p_0 + \rho g h - p_{нас})\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right)$

$\sqrt{\ }_1 - \sqrt{\ }_2 = \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R_1}} - \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R_2}} = \sqrt{GM}\left(\frac{\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1}}{\sqrt{R_1}\sqrt{R_2}}\right)$

$\cancel{p_0 = p_{нас} + p}$

$p_0\left(\frac{1}{2}-\frac{h}{l}\right) = p_{нас}\left(\frac{1}{2}-\frac{h}{l}\right) + \rho g h\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right)$

$p_0 = p_{нас} + \rho g h\,\frac{\frac{1}{2}+\frac{h}{l}}{\frac{1}{2}-\frac{h}{l}} = 14{,}5 + 1000\cdot 10\cdot 0{,}45\cdot$

$\cdot\frac{\frac{1}{2}+\frac{0{,}45}{1}}{\frac{1}{2}-0{,}45} = 14{,}5 + 45\cdot 100\ \frac{0{,}95}{0{,}05} = 14{,}5 + \frac{\overset{9}{\cancel{45}}\cdot 95\cdot 100}{\cancel{5}} =$

$= 14{,}5 + 85500 = 100\,000$ Па $= 10^5$ (Па)

Черковик

1.

$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v_1} \qquad v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi R_2}{v_2} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

$$\cancel{mg} = \frac{GMm}{R^2}$$

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

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

$$\begin{array}{r} 3{,}14 \\ \times\ 6 \\ \hline 18{,}84 \end{array}$$

$$S = \frac{T_1 T_2}{|T_1 - T_2|} = \frac{4\pi^2 R_1 R_2}{v_1 v_2 \left(\frac{2\pi R_2}{v_2} - \frac{2\pi R_1}{v_1}\right)}$$

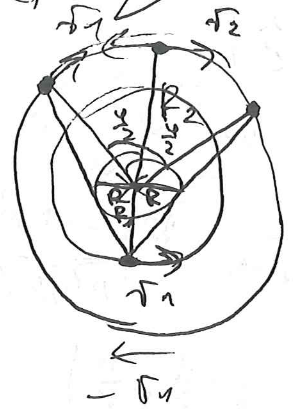
$$= \frac{2\pi R_1 R_2}{R_2 v_1 - R_1 v_2} = \frac{2\pi R_1 R_2}{\sqrt{GM}\left(\frac{R_2}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{\sqrt{R_2}}\right)}$$

$$\frac{R}{\sqrt{GM}} = \frac{1}{\sqrt{g}}$$

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

$$gR^2 = GM$$

$$\sqrt{g}R = \sqrt{GM}$$

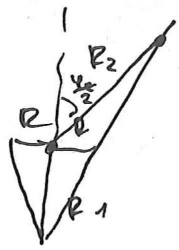


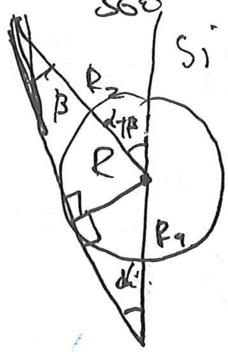
$$\tau = \frac{S}{v_1 - v_2}$$

$$2\pi R_2 - 360^\circ$$

$$S - (\alpha + \beta)$$

$$S = \frac{\varphi}{360} \cdot 2\pi R_2 = \frac{\alpha + \beta}{90} \cdot \pi R_2$$





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

$$\sin\beta = \frac{R}{R_2}$$

64000

100000

1

$$S = \frac{R}{90}\pi R_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\tau = \frac{R \cdot \pi R_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}{90^\circ \cdot \sqrt{GM}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{\pi R_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}{90^\circ \cdot \sqrt{g}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{3{,}14 \cdot 10^5 (6{,}4 \cdot 10^4 + 10^5)}{90 \cdot 3 \,(10^5 - 6{,}4 \cdot 10^4)}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников „Ломоносов"
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова академику В.А. Садовничему от участника заключительного этапа по профилю физика
Комарова Артёма Андреевича

Оценка изменена с "92" на "96"

апелляция

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 92 балла, поскольку считаю, что в первой задаче 1.4.2. мне не было выставлено 3 балла за критерий №3 „Записаны уравнения движения для спутников". Уравния движения в моей работе приведены и используются в решении.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников „Ломоносов" и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

Дата
27.02.2024

Подпись