0 250871 060003

25-08-71-06
(4.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Дерновича Арсения Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

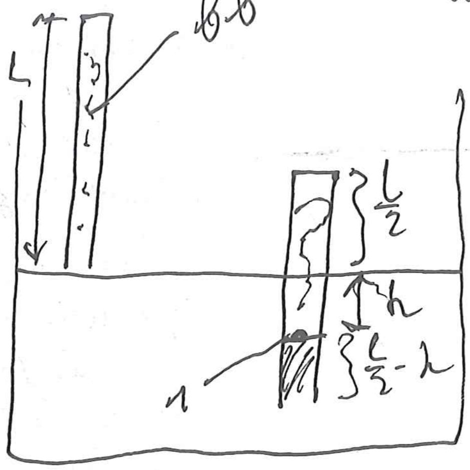
Дата
«9» февраля 2024 года

Подпись участника

25-08-71-06
(4.5)

Миствовка $L=1м$ $h=0{,}05м$

№2



$T=const$

Пар насыщен
$p_{нп}(T)=14{,}5\ кПа$
$\rho_0=10^3\ кг/м^3$

$\cancel{p_0=p_{вв}}$
$p_{вв}=p_{св}+p_{нп}(T)$

Процесс погружения медленный → водяной пар насыщен всё время

1) Рассмотрим трубку когда её погрузили в воду. Т.к. давление на одном горизонтальном уровне в жидкостях и газах должно быть одинаковое → $p_{вв_1}=\rho_0 g h + p_0$

В начале влажный воздух в сосуде находится при атмосферном давлении

давления содержимого сосуда

$\cancel{\Rightarrow p_{вв_1}=10^3\cdot 10\cdot 0{,}05}$

$p_{вв_1}=\rho_0 g h+p_0$

$p_{вв_0}=p_0=p_{св_0}+p_{нп}(T)$

Для сухого воздуха верен з-н Бойля-Мариотта

$p_{св_1}+p_{нп}(T)=\rho_0 g h+p_0$ $\quad p_{св_0}L\cdot S=p_{св_1}(\frac{L}{2}+h)S$

$p_{св_1}=\rho_0 g h+p_0-p_{нп}(T)$ $\quad \frac{p_{св_0}}{p_{св_1}}=\frac{L/2+h}{L}=\frac{0{,}55}{1}=\frac{19}{20}$

$p_0=p_{нп}(T)+\frac{19}{20}p_{св_1}=p_{нп}(T)+\frac{19}{20}\rho_0 g h+\frac{19}{20}p_0-\frac{19}{20}p_{нп}(T)$

$\frac{1}{20}p_0=\frac{19}{20}\rho_0 g h+\frac{1}{20}p_{нп}(T)\ |\cdot 20$

$p_0=19\rho_0 g h+p_{нп}(T)=14{,}5\ кПа+19\cdot 4500\ Па=$

$=14500+85500=10^5\ Па$ Отв: $p_0=10^5\ Па$

Решение и ответ верные

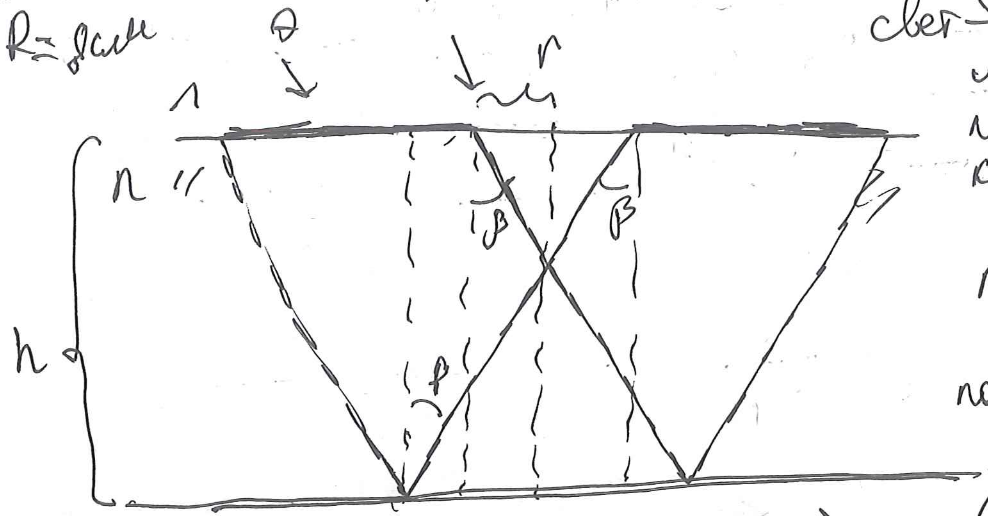
1	2	3	4	5	Σ
18	20	20	20	18	96

девяносто шесть

Чистовик

№4

$h-?$
$n=1.5$
$R=8$ см



На отверстие падает рассеянный свет → световой луч падает под любым углом к границе раздела. Рассмотрим предельный случай, когда падающий луч идёт почти параллельно к границе раздела → з-н Снелла:

$1 \cdot \sin 90^\circ = n \cdot \sin\beta$

$\sin\beta = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$

далее этот луч упав на зеркало отразится под тем же углом и упадёт на экран и получится освещённая область с радиусом $R=8$ см

отверстие маленькое $r \ll R$ то есть размерами отверстия можно пренебречь

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

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

$\sin\beta = \frac{2}{3}$

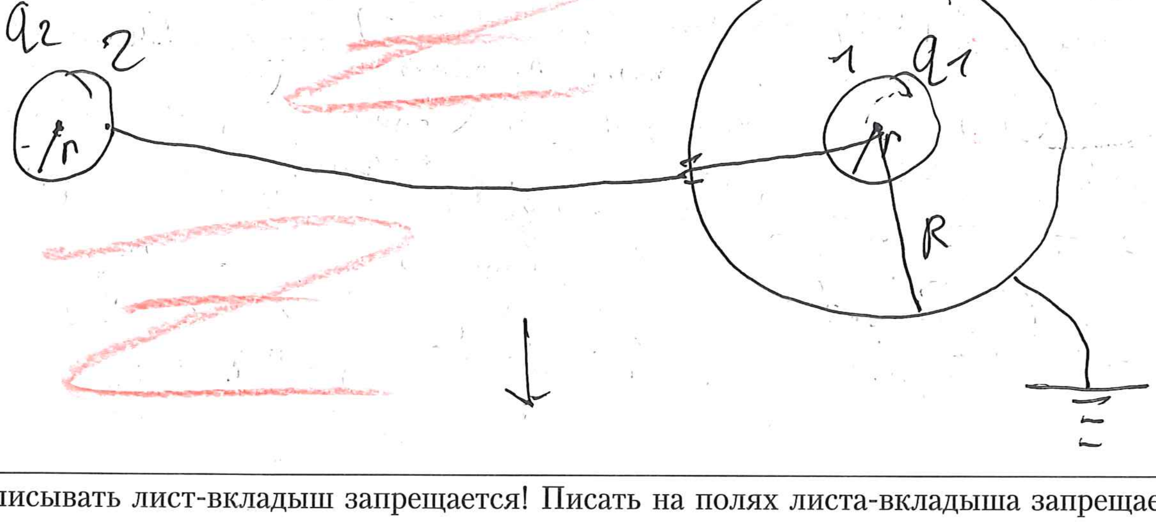
$\rightarrow \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\sqrt{1-\sin\beta^2}} = \frac{2}{3\cdot\sqrt{1-\frac{4}{9}}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

$\rightarrow h = \frac{R\sqrt{5}}{4} \approx 4{,}4$ см

Отв: $h = \frac{R\sqrt{5}}{4} \approx 4{,}4$ см

+

№3



25-08-71-06 (4.5)

Продолжение №3 Листовки

Т.к. проводящая сфера радиусом $R=3$см заземлена $\to$ $\varphi_{сф}=0$ и с Земли на неё перетёк заряд Q, после соединения шаров их потенциалы сравниваются и $q_1=7{,}5\cdot10^{-10}$ Кл, $q_2=2{,}5\cdot10^{-10}$ Кл

$$\varphi_{сф}=\frac{kQ}{R}+\frac{kq_1}{R}+0=0 \quad + \quad \to \boxed{Q=-q_1}$$

$$\varphi_1=\frac{kq_1}{r}+\frac{kQ}{R}, \quad \varphi_2=\frac{kq_2}{r} \to \varphi_2=\varphi_1 \quad \frac{kq_2}{r}=\frac{kq_1}{r}+\frac{kQ}{R} \;|:k$$

$$\frac{q_2-q_1}{r}=-\frac{q_1}{R} \to \frac{q_1-q_2}{q_1}R=r=\frac{7{,}5-2{,}5}{7{,}5}\cdot 3=2\text{см}$$

Отв: $r=2$см $=\frac{q_1-q_2}{q_1}R$ +

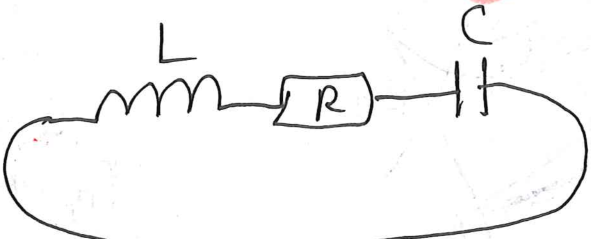
$r=2$см +

№5 +1

$C=30$ мкФ

$L=0{,}3$ Гн

$U_0=0{,}2$ В



Пусть в момент времени $t=\tau$ ток в контуре достигает локального максимума $I(\tau)=I_m$ и в этот момент ~~$|U_C(\tau)|=U_0$~~ $|U_C(\tau)|=U_0$ и также в этот момент $U_L=0$ т.к. $U_L=L\frac{dI}{dt}$ ($I=I_m$) $\to$ можно записать $U_L(\tau)+I_mR+U_C(\tau)=0$

После этого момента в цепи за период выделяется кол-во теплоты $Q=0{,}3$ мДж $\to I_mR=|U_C(\tau)|=U_0$ +4

Т.к. в цепи течёт переменный гармонический ток то теплоту можно посчитать так: $I_m=\frac{U_0}{R}$ $T=2\pi\sqrt{LC}$ +4

$I_д=\frac{I_m}{\sqrt2}$ +1 $t=T$

$$Q=I_д^2Rt \to Q=\frac12 I_m^2RT \to Q=\frac12\frac{U_0^2}{R}T$$

$$R=\frac{U_0^2\pi\sqrt{LC}}{Q}=\cancel{\ldots\cdot10^{-2}}$$

$$\boxed{R=\frac{U_0^2\pi\sqrt{LC}}{Q}} \quad +5$$

Листовик №5

Продолжение

$$R=\frac{U_0^2\pi\sqrt{LC}}{Q}=\frac{4\cdot10^{-2}\cdot3{,}14\cdot\sqrt{3\cdot10^{-1}\cdot30\cdot10^{-6}}}{38\cdot10^{-3}}=$$

$$=\frac{4\cdot3{,}14\cdot\sqrt{90\cdot10^{-7}}}{38\cdot10^{-3}}=\frac{4\cdot3{,}14\cdot\sqrt{9\cdot10^{-8}}}{38\cdot10^{-3}}=\frac{4\cdot3{,}14\cdot3\cdot10^{-4}}{38\cdot10^{-3}}=$$

-ошибка

$$\sqrt{9\cdot10^{-8}}=3\cdot10^{-4}$$

$$=\frac{12\cdot3{,}14\cdot10^{-1}}{38}=\frac{6\cdot3{,}14}{190}\approx\frac{18{,}84}{190}\approx 0{,}1 \text{ Ом}$$

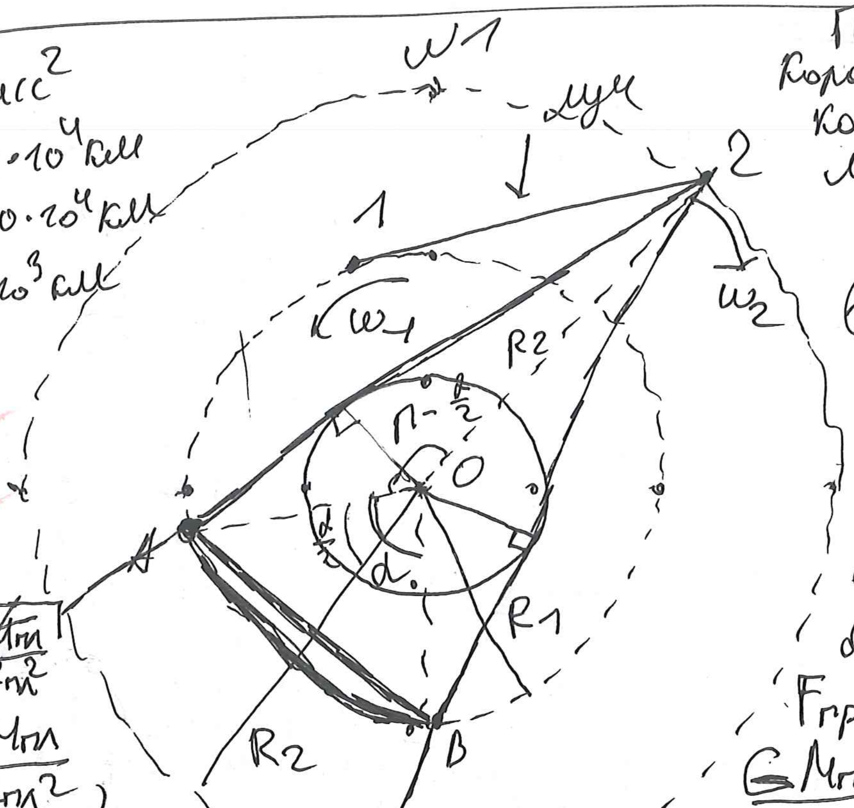
Отв: $R=\frac{U_0^2\pi\sqrt{LC}}{Q}\approx 0{,}1$ Ом

$g_0 = 9$ м/с²

$R_1 = 6{,}4\cdot10^4$ км

$R_2 = 10\cdot10^4$ км

$R_{пл}\approx 10^3$ км



~~$g_0=\sqrt{\frac{GM_{пл}}{R_{пл}^2}}$~~

$$g_0=\frac{GM_{пл}}{R_{пл}^2}$$

Пусть корабли в какой-то момент времени находятся в таком положении. Найдём с какими скоростями они двигаются. Для тела 1:

$F_{гр} = m a_n$

$$\frac{GM_{пл}m}{R_1^2}=m\omega_1^2R_1$$

$$\omega_1^2=\frac{GM_{пл}}{R_1^3}$$

аналогично

$$\omega_2^2=\frac{GM_{пл}}{R_2^3}$$

Перейдём в СО ~~тела 2~~ другого корабля, которой вращается в туже сторону по той ~~орбите с такой те ω_2~~. В это СО тело 2 неподвижно, а корабль 1 двигается ~~по тое~~ по своей орбите с $\omega_1' = \omega_1 + \omega_2$

Рассмотрим крайние случаи:

„слепая зона" будет при движении корабля 1 по дуге AB → время τ будет то, за которое корабль 1 пройдёт дугу AB

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

25-08-71-06 (4.5)

Чистовик

Продолжение №1

$GM_{пл} = g_0 R_{пл}^2$

~~$t = \omega_1'$~~ $t = \frac{\alpha}{\omega_1'} = \frac{\alpha}{\omega_1 + \omega_2}$

$\omega_1^2 = \frac{g_0 R_{пл}^2}{R_1^3}$

~~$\frac{AB}{\sin\alpha} = 2R_1$~~ $AB = 2R_1 \sin\frac{\alpha}{2}$

$\omega_2^2 = \frac{g_0 R_{пл}^2}{R_2^3}$

угол α можно считать малым т.к. $R_{пл} << R_1, R_2$

$\omega_1 = \sqrt{g_0 \frac{R_{пл}^2}{R_1^3}}$

$\omega_2 = \sqrt{g_0 \frac{R_{пл}^2}{R_2^3}}$

$$t = \frac{\alpha}{\sqrt{g_0 \frac{R_{пл}^2}{R_1^3}} + \sqrt{g_0 \frac{R_{пл}^2}{R_2^3}}}$$

$\frac{2R_{пл}}{AB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$AB = \frac{2R_{пл}(R_1 + R_2)}{R_2}$

$AB = R_1 \alpha$

$\alpha = \frac{2R_{пл}}{R_1 R_2}(R_1 + R_2)$

$$t = \frac{2R_{пл}(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 R_{пл} \sqrt{g_0}\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} + \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)}$$

$$t = \frac{2(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 \sqrt{g_0}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}$$

$$t = \frac{\cancel{16}\; 2 \cdot (16{,}4 \cdot 10^4)}{64 \cdot 10^8 \cdot 3 \left(\cancel{\frac{1}{\sqrt{6{,}4 \cdot 10}}} \frac{1}{(6{,}4 \cdot 10^4)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{(10^5)^{\frac{3}{2}}}\right)}$$

$$t = \frac{32{,}8 \cdot 10^4}{192 \cdot 10^8 \left([6{,}4 \cdot 10^4]^{\frac{3}{2}} + [10^5]^{-\frac{3}{2}}\right)} = \frac{32{,}8 \cdot}{192 \cdot 10^4 \left([64 \cdot 10^3]^{-\frac{3}{2}} + [100 \cdot 10^3]^{-\frac{3}{2}}\right)}$$

$$= \frac{32{,}8}{192 \cdot 10^4 \left([512 \cdot 10^{\frac{9}{2}}]^{-1} + 10^{-\frac{15}{2}}\right)} = \frac{32{,}8}{192(512^{-1} \cdot 10^{-\frac{1}{2}} + 10^{-\frac{7}{2}})}$$

$$t = \frac{32{,}8}{192 \cdot [512^{-1} \cdot 10^{-\frac{1}{2}} + 10^{-\frac{7}{2}})}$$

$$\frac{1}{[64 \cdot 10^3]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\left([64 \cdot 10^3]^{\frac{1}{2}}\right)^3 = (8 \cdot 10^{\frac{3}{2}})^3 = 512 \cdot 10^{\frac{9}{2}}$$

$$\left((100 \cdot 10^3)^{\frac{1}{2}}\right)^3 = (10 \cdot 10^{\frac{3}{2}})^3 = 1000 \cdot 10^{\frac{9}{2}} = 10^{\frac{15}{2}}$$

Ответ: $t = \frac{2(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 \sqrt{g_0}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}$

18б. +

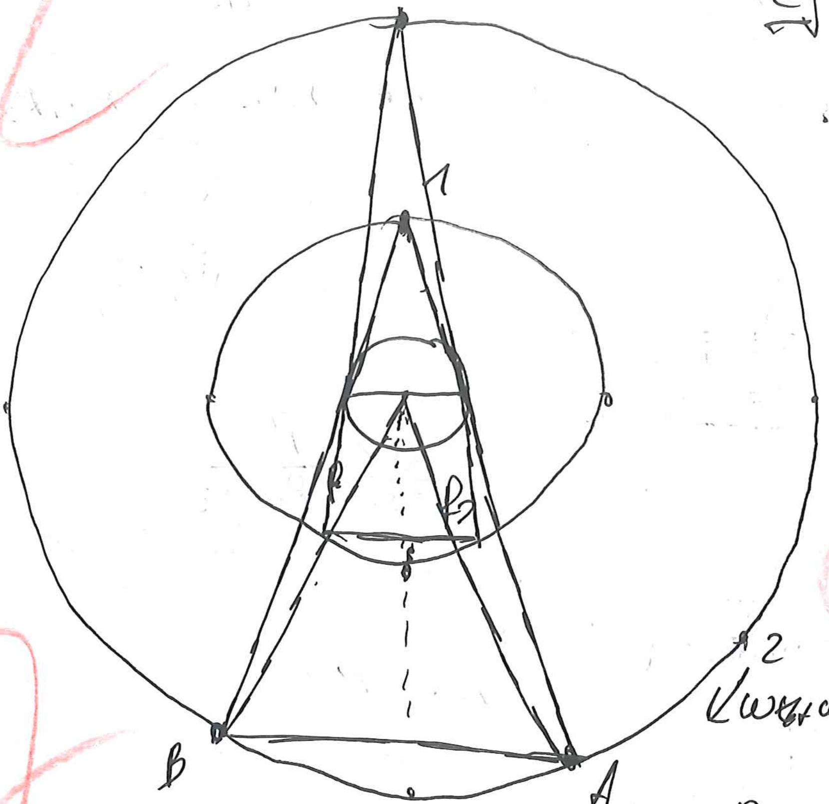
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Мерновеса

$(6{,}4\cdot10^4)^3 \quad 6{,}4^3\cdot10^{12} \quad \frac{1}{2}$

$(6{,}4^3\cdot10^{12})^{\frac{1}{2}} = 6{,}4^{\frac{3}{2}}\cdot10^6$

$\sqrt[2]{6{,}4^3\cdot10^{12}}$



$$\frac{2R_{пл}}{X} = \frac{R_2}{R_2+R_1}$$

$$T = \frac{2R_{пл}\,R_2+R_1}{R_2R_1R_{пл}\sqrt{g_0}\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}+\frac{1}{R_2^3}}\right)} \qquad X = \frac{2R_{пл}}{R_2}R_2+R_1$$

$$AB = \frac{2R_{пл}}{R_2}(R_2+R_1)$$

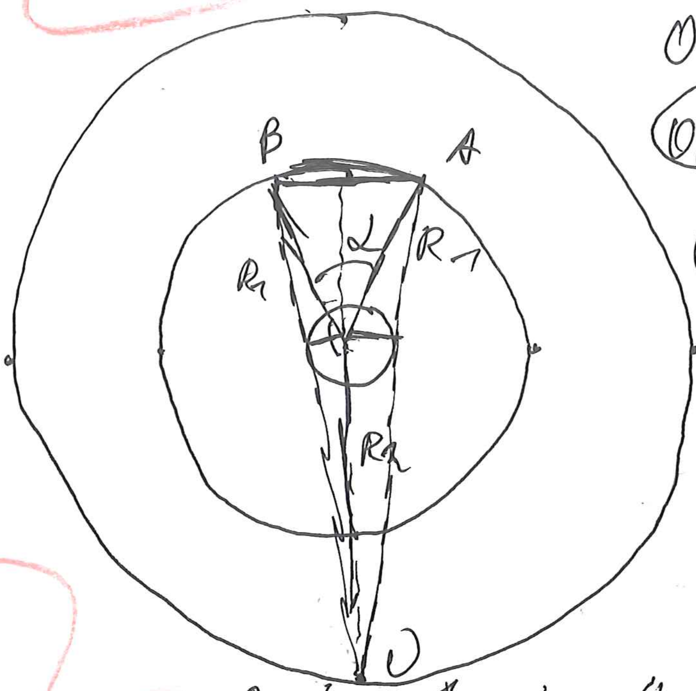
$$AB = R_1\alpha$$

$$\alpha = \frac{2R_{пл}}{R_2R_1}(R_2+R_1)$$

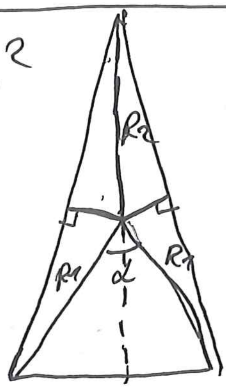
Черновик

$$OB^2 = R_1^2 + R_2^2 + 2R_1R_2\cos(\pi - \frac{\alpha}{2})$$

$$OB^2 = R_1^2 + R_2^2 + 2R_1R_2\cos(\frac{\alpha}{2})$$



OB^2

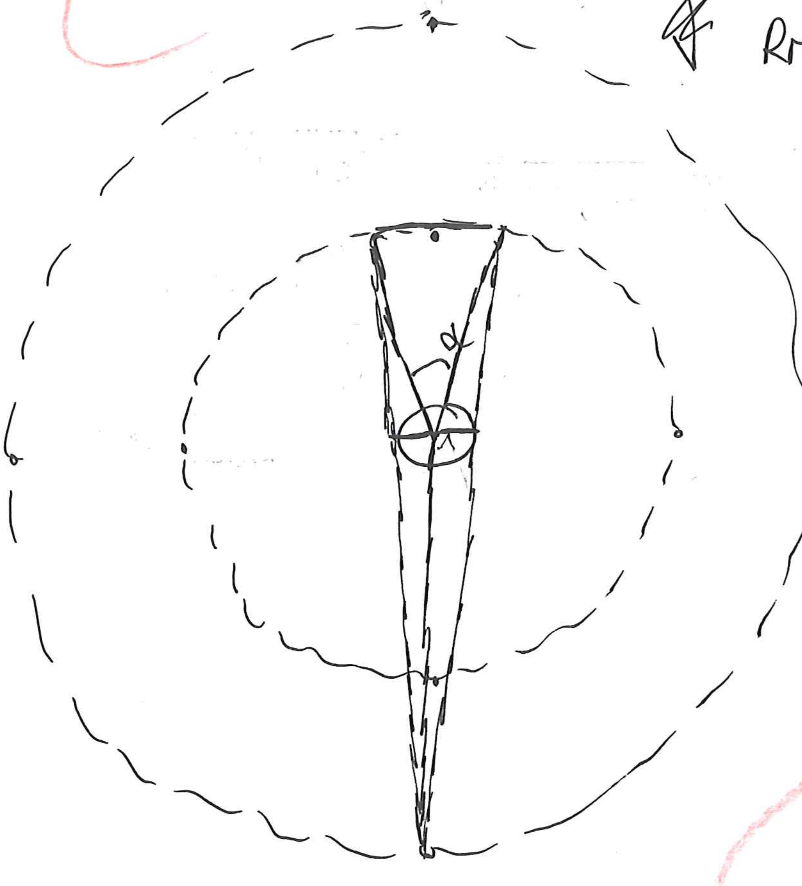


$$\frac{1}{2}R_1^2\sin\alpha = \frac{1}{2}2R_1\sin\frac{\alpha}{2}\cdot R_1$$

$$R_m\sqrt{g_0}\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + R_m\sqrt{g_0}$$

$$\sqrt{\frac{M}{c^2}\cdot\frac{M^2}{M^3}}$$

$$\frac{Э \quad M}{M^2\cdot M^{-\frac{3}{2}}}$$



Черновик

$g_0 = \frac{G M_{пл}}{R_{пл}^2}$

ω_1

$R_{пл} \approx 10^3$ км

$\frac{X}{\sin\alpha} = 2R_1$

$\alpha = \frac{X}{2R_1}$

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^4$ км

$R_2 = 10 \cdot 10^4$ км

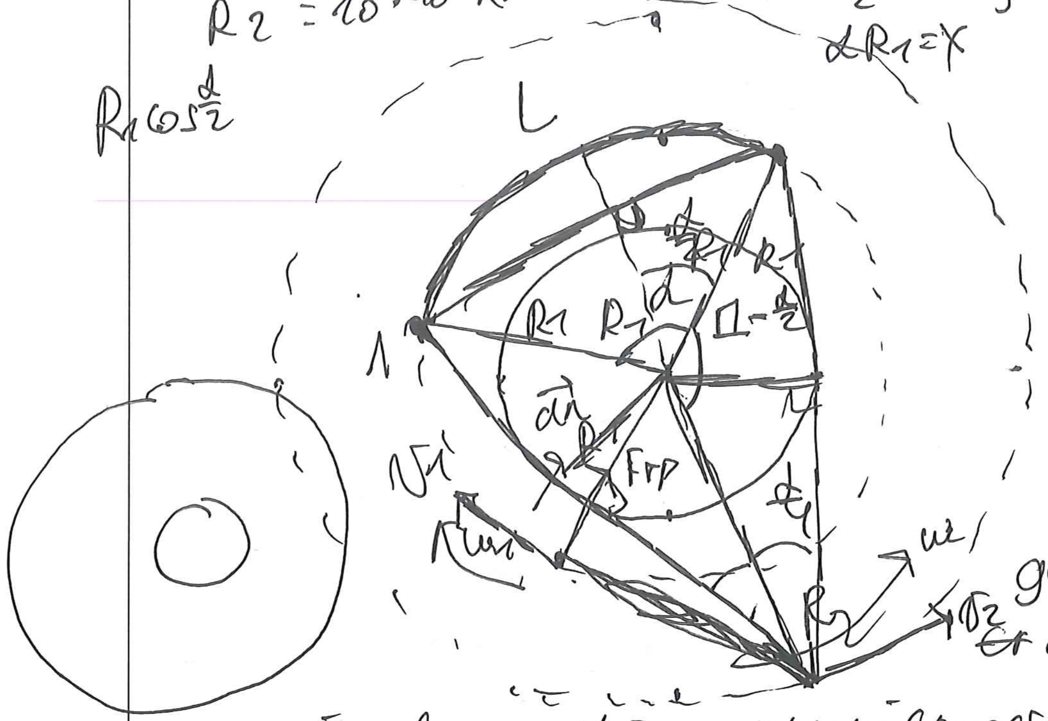
$2R_1 \sin\frac{\alpha}{2} =$

$g = g_{макс}$

$\alpha R_1 = X$

$\vec{F}_{гр} = \frac{G M_{пл} m}{r^3}\vec{r}$

$R_1 \cos\frac{\alpha}{2}$



$\frac{G M_{пл}}{R_{пл}^2} = g_0 = g_{макс}$

$r = R_{пл} + r_1$

$g(r) = g_0 \frac{r}{R_{пл}}$

$g(r) m = m \omega^2 R_1$

~~ск~~ линейные скорости

Кораблей равны первой космической скорости. $\left(\frac{м}{м^2 \cdot \frac{\sqrt{м}}{с}} : м^{\frac{3}{2}}\right)$

$tg\frac{\alpha}{4} = \frac{X}{R_2}$ $\quad V_2 = \sqrt{\frac{G M_{пл}}{R_2}}$ $\quad м^{\frac{?}{}} \cdot м^{\frac{1}{2}} \cdot м^{\frac{3}{2}}$ $\quad \frac{G M_{пл} M_{кр}}{R_1^2} = M_{кр}\frac{V_1^2}{\cancel{R_1}}$

$\quad м$

$V_1 = \sqrt{\frac{G M_{пл}}{R_1}}$

$\omega_1 = \frac{V_1}{R_1}$

$\frac{\alpha}{4} = \frac{X}{R_2}$

$\omega_2 = \frac{V_2}{R_2}$

$\alpha = \frac{4X}{R_2}$

$\alpha = \frac{2X}{R_1}$

$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{X}{R_1}$

$\alpha = \frac{2X}{R_1} = \frac{4X}{R_2}$

$\frac{R_2}{R_1} = 2$

Перейдем в СО корабля 2: → в этой СО корабль 2 неподвижен а корабль 1 движется по той же орбите с угловой скоростью $\omega_1' = \omega_1 + \omega_2$

$\omega_1' = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

$t = \frac{\alpha}{\omega_1'}$

$\rho_0 g h = 10^4 \cdot 10^{-2} \cdot 46 = 4600$

$p_{нп}(T) + p_{св1} = \rho_0 g d + p_0$

$p_{св1} = \rho_0 g h + p_0 - p_{нп}(T)$

$4600 \cdot 19 = 85.500 + 14{,}5\,кПа$

$p_0 = 10^5$ Па

$p_0 = \frac{L_2 + h}{L}(\rho_0 g d + p_0 - p_{нп}(T)) + p_{нп}(T)$

$\frac{1}{2} R_1^2 \sin 2\alpha = 2X(R_2 + R_1\cos\frac{\alpha}{2})$

$p_0 = \frac{19}{20}\rho_0 g h + \frac{19}{20}p_0 - \frac{19}{20}p_{нп}(T) + p_{нп}(T)$

$\frac{1}{20}p_0 = \frac{19}{20}\rho_0 g h + \frac{1}{20}p_{нп}(T)$

$p_0 = 19\rho_0 g d + p_{нп}(T) =$

$R_1^2 \alpha = X(R_2 + R_1)$

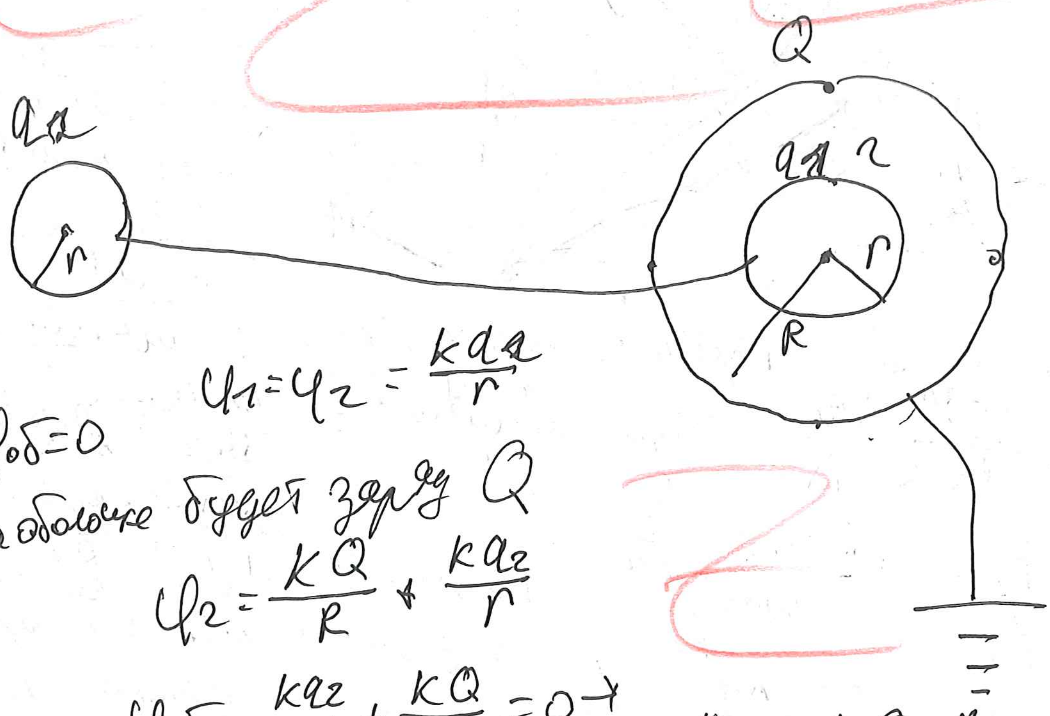
$\frac{R_1^2}{R_2 + R_1}\alpha = X$

Черновик №3

$R = 3 см$

$q_1 = 7,5 \cdot 10^{-10}$ Кл > 0

$q_2 = 2,5 \cdot 10^{-10}$ Кл > 0



$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$

$\varphi_{об} = 0$

на оболочке будет заряд Q

$\varphi_2 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_2}{r}$

$\varphi_{об} = \frac{kq_2}{R} + \frac{kQ}{R} = 0 \rightarrow$ $Q = -q_2$

$\frac{kq_1}{r} = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_2}{r}$

$\frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{-q_2}{R}$

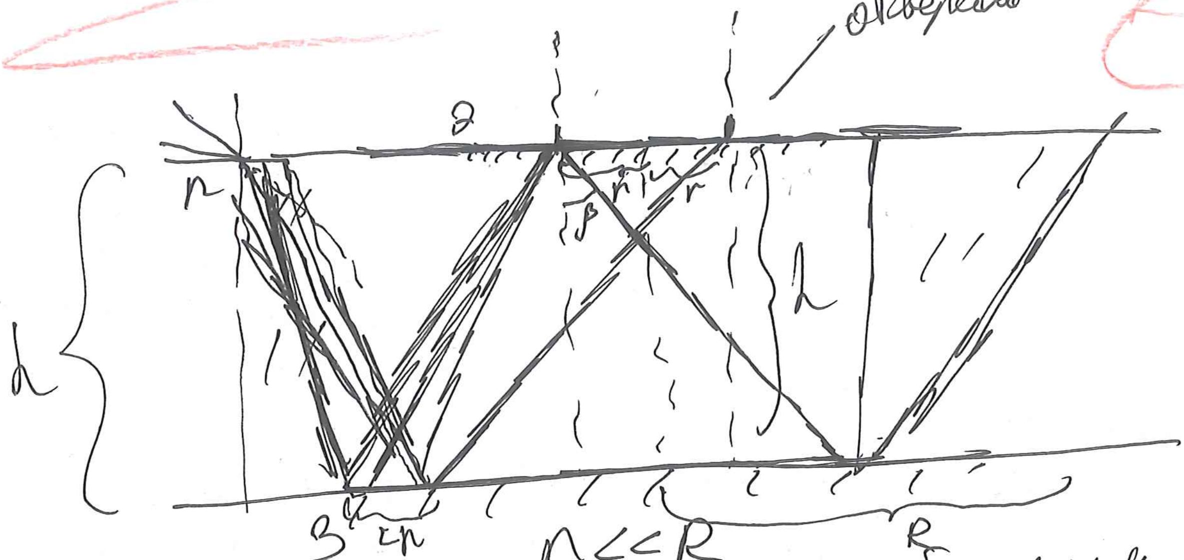
$\frac{kq_2}{r} = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{r}$

$\frac{q_2 - q_1}{r} = -\frac{q_2}{R}$

$\frac{q_1 - q_2}{q_1} R = r$

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

№4 Черновик



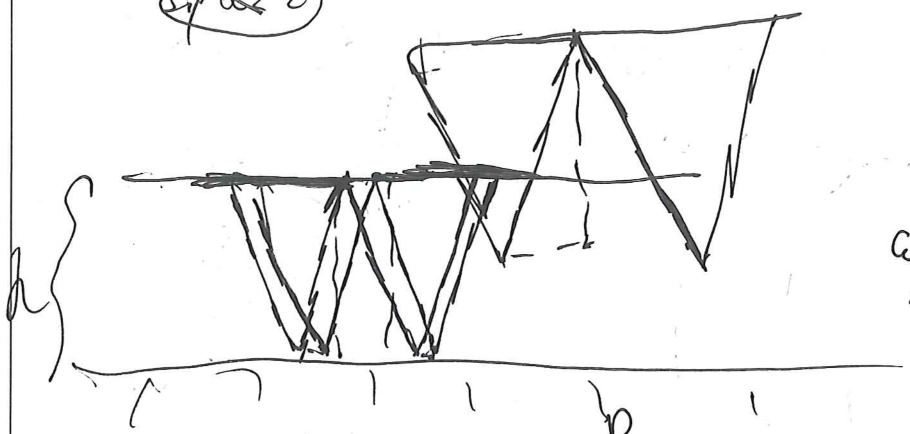
Рассеянный свет → лучи падают под любым углом

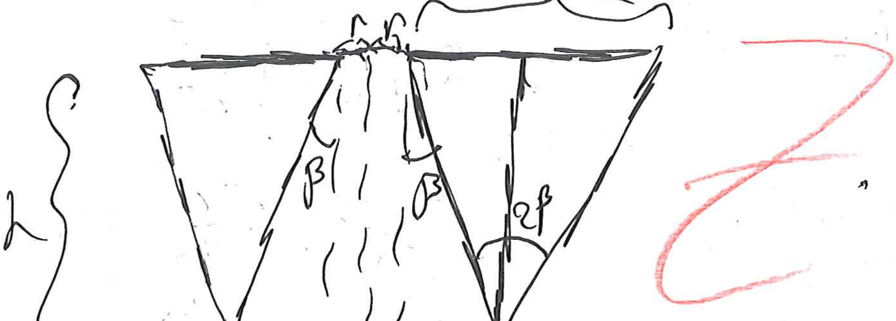
~~$1 = n \sin\beta$~~

$1 \cdot \sin\alpha = n \sin\beta$

чем $\alpha \uparrow$ → тем $\beta \uparrow$

рассмотрим предельный случай когда падающий луч идёт ~~вдоль~~ почти параллельно границе раздела





→ $\sin\beta = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$

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

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

$h =$

$\sin\beta = \frac{2}{3}$

$\cos\beta =$ $\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\sqrt{1-\sin^2\beta}}$

$1 - \frac{4}{9} = \frac{5}{9}$ $\frac{2}{3} : \frac{\sqrt5}{3}$

$\operatorname{tg}\beta = \frac{2}{5}\sqrt5$

$h = \frac{5R}{4\sqrt5} = \frac{R\sqrt5}{4} = 2\sqrt5$ см $\approx 4,4$ см

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

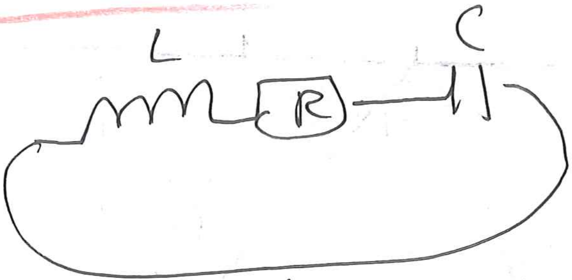
Черновик №4

$U_0 = 0,2$ В

$L = 0,3$ Гн

$C = 30$ мкФ

$R - ?$



Пусть в момент времени $t=\tau$ ток достигает локального максимума

в этот момент $U_C(\tau) = U_0$ и также в этот момент $U_L(\tau) = 0$

После этого момента спустя период колебаний в цепи выделилось $Q = 0,38$ мДж

$U_L(t) + I(t)R + U_C(t) = 0$

$Q = \int I^2(t) R\,dt$

$\rightarrow R = \frac{|U_C(\tau)|}{I(\tau)}$

$l_{AB} = R_1 2\alpha =$ [redacted]

$\tau = \frac{l_{AB}}{v} =$

$\omega = \omega_1' R_1$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$

$Q = I_g^2 R T = \frac{1}{2} I_m^2 R T$

$I_g = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

$I_m R = U_0$

$I_m = \frac{U_0}{R}$ $\quad I_m^2 = \frac{U_0^2}{R^2}$

$Q = \frac{1}{2}\frac{U_0^2}{R^2} R T$

$Q = \frac{1}{2}\frac{U_0^2}{R} T$

$R = \frac{U_0^2 T}{2Q}$

$R = \frac{U_0^2 2\pi\sqrt{LC}}{2Q}$

$R = \frac{U_0^2 \pi\sqrt{LC}}{Q}$