0 987816 810002

98-78-16-81
(4.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Почкарева Егора Вячеславовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» 02 2024 года

Подпись участника

98-78-16-81 (4.5)

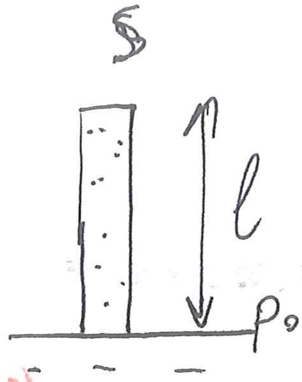
1	2	3	4	5	Σ
18	20	20	20	20	98

Никонов девяносто восемь

Орлова

чистовик

№2.5.2



до погружения:

у поверхности воды давление равно p_0

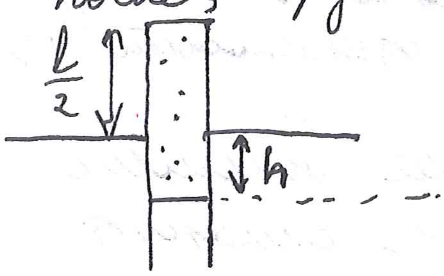
т.к. ~~трубка~~ открытый конец трубы тоже около поверх. воды, то $p_{сосуда} = p_{нас} + p_{в0} = p_0$; $p_{в0} = p_0 - p_{нас}$

давление воздуха

~~по~~ из уравн. Клап.-Менделеева для воздуха:

$$p_{в0} \cdot lS = \nu RT.$$

после погруж.:



давление на уровне h:

$$p_0 + \rho_0 g h$$

$$p_0 + \rho_0 g h = p_{нас} + p_{вк}$$

$p_{нас} = const$ т.к. температура $T = const$.

$$p_{вк} \cdot S\left(\frac{l}{2} + h\right) = \nu RT$$

$$p_{вк}\left(\frac{l}{2} + h\right) = p_{в0} l$$

$$p_{вк} = p_{в0}\frac{2l}{l+2h} = (p_0 - p_{нас})\frac{2l}{l+2h}$$

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

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

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

Чистовик

$$P_0 = P_{нас} + \rho_0 g h \cdot \frac{l+2h}{l-2h} =$$

$$= 14500 + 10000 \cdot 0{,}45 \cdot \frac{1{,}9}{0{,}1} =$$

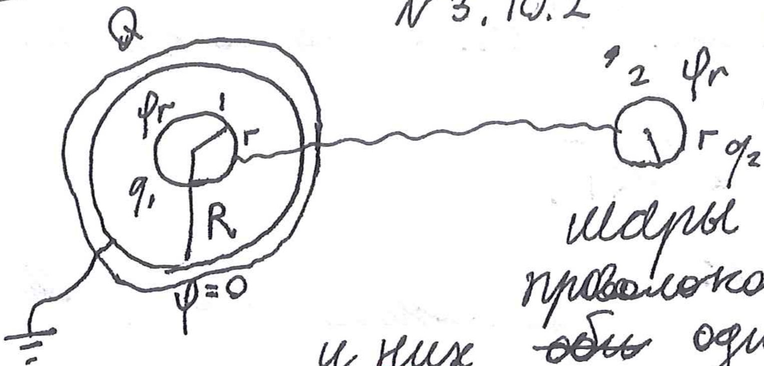
$$= 14500 + 10000 \cdot 0{,}45 \cdot 19 = 14500 + 855000 =$$

$$= 10^5$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times\ 19 \\ \hline 405 \\ +\ 45 \\ \hline 8{,}55 \end{array}$$

Ответ: $P_0 = P_{нас} + \rho_0 g h \cdot \frac{l+2h}{l-2h} = 10^5$ Па +

№ 3.10.2



произвольно скажем что q_1 у 1, а q_2 у 2

шары соединены проволокой ⇒ потенциал у них ~~оба~~ одинаковый и равный φ_r +

т.к. ~~ее~~ шары на больших расстояниях они не влияют друг на друга.

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

На внутр. части оболочки из т. Гаусса заряд $-q_1$, ~~он не~~

$\Downarrow$

на внешней $Q+q_1$; внутренняя оболочка и шар вместе образуют поле $= 0$ вне сферы ⇒ потенциал от них везде тоже 0 (т.к. на бесконечности $\varphi=0$)

$\Downarrow$

$$\varphi_{оболочки} = 0 = \frac{k(Q+q_1)}{R} \Rightarrow Q+q_1 = 0$$

$$Q = -q_1$$ +

Чистовик

$$\varphi_r = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R} = kq_1\left(\frac{R-r}{Rr}\right)$$

$$kq_1\left(\frac{R-r}{Rr}\right) = \frac{kq_2}{r}$$

$$(R-r) = R\cdot\frac{q_2}{q_1}$$

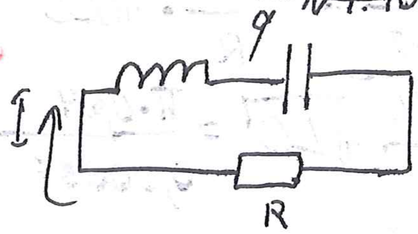
$$r = R\left(1-\frac{q_2}{q_1}\right) = R\left(1-\frac{2,5}{7,5}\right) =$$

$$= \frac{2R}{3} = 2\text{ см}$$

ответ $>0 \Rightarrow$ мы правильно выбрали заряды.

Ответ: $r = \frac{2R}{3} = 2$ см

~~N4.10.2.~~ N 5.4.2.



т.к. затухание очень мало за один период, то можем считать, что значения заряда и тока меняются примерно по гармонич. законам. $L\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$; $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$q = A\cdot\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t + \varphi)$$

$$I = A\cdot\omega\cdot\cos(\omega t + \varphi)$$

когда ток максимален $\mathcal{E}_{ind}$ на катушке равно 0. т.к. $\frac{dI}{dt} = 0$ в максимуме

$$\Downarrow$$

$$U = I_м R;\quad I_м = \frac{U}{R}$$

Это есть $I_{макс} = A\cdot\omega = \frac{U}{R}$

чистовик

Мощность на резисторе

$$P = I^2 R = \left(\frac{U}{R}\right)^2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi) R =$$

~~в среднем за период~~ ~~в с~~

$$= \cancel{\left(\frac{U}{R}\right)} \frac{U^2}{2R} + \frac{U^2}{R} \cdot \frac{\cos(2(\omega t + \varphi))}{2}$$

$$\cos(2(\omega t + \varphi)) = 2\cos(\omega t + \varphi) - 1$$

в среднем за период равно 0

~~P в сред~~

P в среднем за период =

$$= \frac{U^2}{2R}$$

за период:

$$Q = P \cdot T = \frac{U^2}{2R} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi U^2}{R} \cdot \sqrt{LC}$$

$$R = \frac{\pi U^2}{Q} \sqrt{LC} = \frac{\pi \cdot 0{,}04}{0{,}00038} \cdot \sqrt{0{,}3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}$$

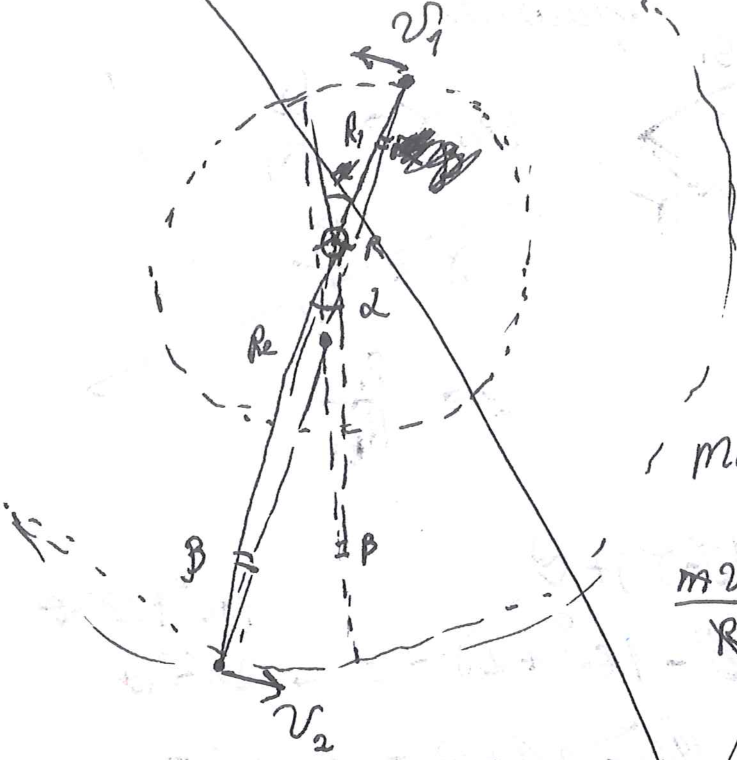
$$= \cancel{4\pi} \frac{4 \cdot 3{,}14}{38 \cdot 10^{-5}} \cdot \cancel{\sqrt{9}} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = \frac{37{,}68}{38} \approx 1 \text{ Ом}$$

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

Ответ: $R = \frac{\pi U^2}{Q} \cdot \sqrt{LC} \approx 1$ Ом

98-78-16-81
(4.5)

~~чистовик~~ №1.4.2.



На каждое тело действует сила прит.:

$$\frac{G M_{пл} \cdot m}{R_1^2}$$

$$m a_ц = \frac{m G \cdot M_{пл}}{R_1^2}$$

$$\frac{m v_1^2}{R_1} = \frac{m G M_{пл}}{R_1^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{g}{R_1}} \cdot R$$

$$\frac{G M_{пл} \cdot m}{R^2} = mg; \quad G M_{пл} = g R^2$$

↑ радиус планеты.

$$v_2 = \sqrt{\frac{g}{R_2}} \cdot R$$

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

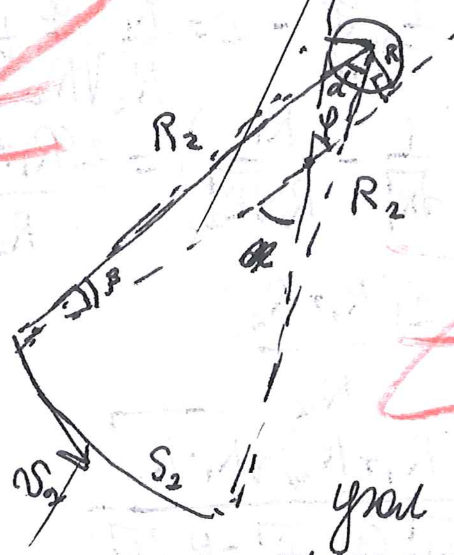
$$\alpha R_2 = S_2$$

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

← малая величина из условия

~~arcsin~~ порядка ⇓

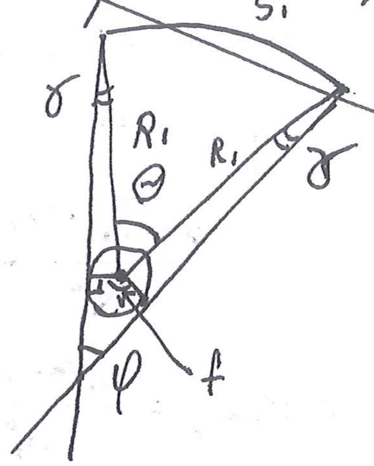
$$\beta = \frac{R}{R_2}$$



угол между радиусами планеты: $90^\circ - \beta - \alpha + 90 - \beta = 180^\circ - \alpha - 2\beta$

$$\varphi = 360^\circ - 90^\circ - 90^\circ - 180^\circ + \alpha + 2\beta = \alpha + 2\beta$$

~~чистовик~~ Найдем этот же угол ~~через~~ для первого корабля



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

$$\gamma \approx \frac{R}{R_1}$$

$$\theta = \frac{S_1}{R_1}$$

$$2(90^\circ-\gamma)+\theta$$

$$180^\circ+2\gamma-\theta$$

$$f = 360^\circ \cancel{180} - 180^\circ + 2\gamma - \theta = \cancel{2\gamma - 2\theta}$$

$$\varphi = 180^\circ - 180^\circ - 2\gamma + \theta = \theta - 2\gamma =$$

$$= \frac{S_1}{R_1} - \frac{2R}{R_1} = \alpha + 2\beta = \frac{S_2}{R_2} + \frac{2R}{R_2}$$

$$S_1 = v_1 t\ ;\ S_2 = v_2 t = \sqrt{\frac{g}{R_2}}\cdot Rt$$

$$\sqrt{\frac{g}{R_1}}\,Rt \,\Big|\, \frac{1}{R_1}\left(\sqrt{\frac{g}{R_1}}\,t - 2\right) = \frac{1}{R_2}\left(\sqrt{\frac{g}{R_2}}\,t + 2\right)$$

$$t\sqrt{\frac{g}{R_1}} - 2 = \frac{R_1}{R_2}\sqrt{\frac{g}{R_2}}\,t + \frac{2R_1}{R_2}$$

$$t\sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{R_2\sqrt{R_2}}\right) = \frac{2(R_1+R_2)}{R_2}$$

$$t\sqrt{g}\left(\frac{R_2\sqrt{R_2} - R_1\sqrt{R_1}}{R_2\sqrt{R_1\cdot R_2}}\right) = \frac{2(R_1+R_2)}{\cancel{R_2}}$$

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

черновик

$$t = \cancel{2(10}\ \frac{2(10^5+64\cdot 10^3)\sqrt{10^5\cdot 10^3\cdot 64}}{\sqrt{g}\,(10^5\cdot 10^{\frac{5}{2}}-64\cdot 10^3\cdot 8\cdot 10^{\frac{3}{2}})} =$$

$$= \frac{2\cdot 10^{7}\,\cancel{(1000}\,164\cdot 8}{3\cdot 10^4\,(10^{\frac{7}{2}}-8^3\cdot 10^{\frac{1}{2}})} =$$

$$= \frac{2\cdot 10^3\cdot 164\cdot 8}{3\sqrt{10}\,(1000-512)} =$$

$$= \frac{2\cdot 10^3\cdot 164\cdot 8}{3\sqrt{10}\cdot \cancel{488}\,61\cdot 8} \neq \approx$$

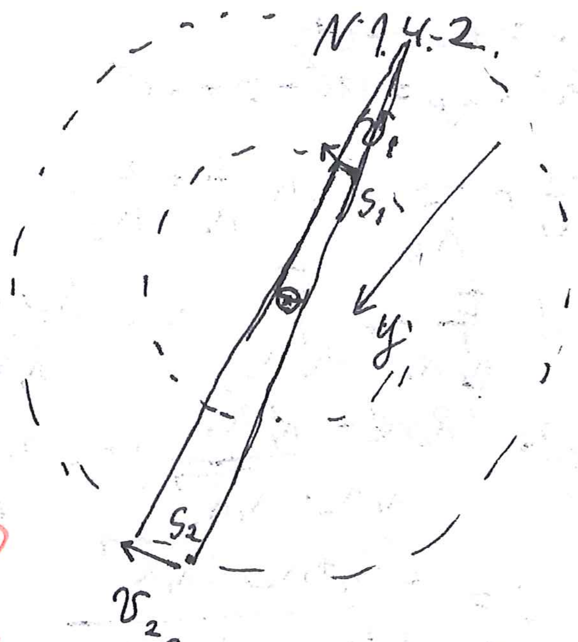
$$\approx 2\cdot 10^{\frac{5}{2}}\ с$$

$$\begin{array}{r} \times\, 64 \\ 8 \\ \hline 512 \end{array} \qquad 488 : 8 = 61$$

чистовик

~~N 4.10.2.~~

N 1.4.2.



2. з. Н. по oy:

$$\cancel{m}a_y = \frac{G\cancel{m}\cdot M_{пл}}{R_1^2}$$

$$a_y = \frac{v_1^2}{R_1}$$ грав. сила земли

$$v_1^2 = \frac{GM_{пл}}{R_1} = \frac{R^2 g}{R_1}$$

на поверх. планеты:

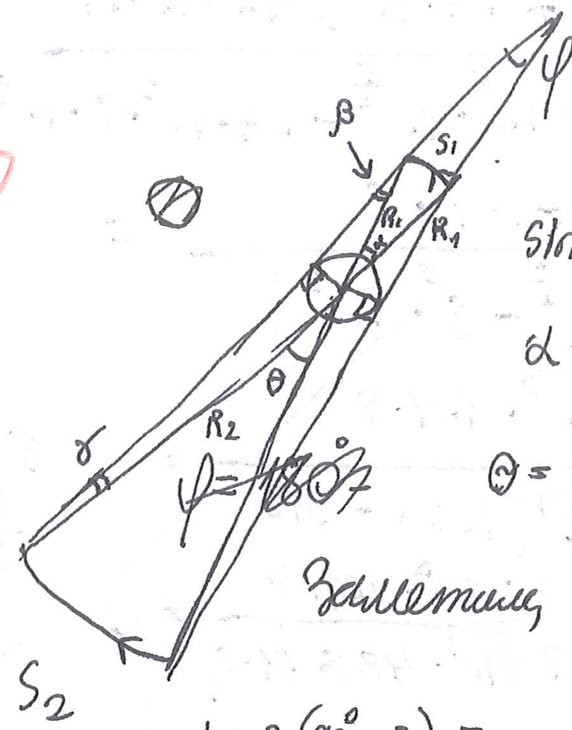
$$mg = \frac{mM_{пл}G}{R^2};\quad M_{пл}G = R^2 g$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{g}{R_1}}\cdot R$$

~~В~~ за время τ ~~тела~~, когда планета перегораж. ~~расстояние~~ лазер. тела проходят $S_1 = v_1\tau$ и $S_2 = v_2\tau$

Чистовик

~~Найдем угол φ.~~



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

$$\alpha = \frac{s_1}{R_1}$$

$$\theta = \frac{S_2}{R_2}$$

$\frac{R}{R_1}$ и $\frac{R}{R_2}$ малы

$\Downarrow$

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

$$\beta \approx \frac{R}{R_1}$$

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

$$\gamma \approx \frac{R}{R_2}$$

Заметим, что

$$\alpha + 2(90^\circ - \beta) = \cancel{180}\,360^\circ - \left(\theta + 2(90^\circ - \gamma)\right)$$

$$\cancel{\alpha + \pi - 2\beta = \pi + 2\gamma - \theta}$$

$$\alpha + \cancel{180^\circ} - 2\beta = \cancel{180^\circ} - \theta + 2\gamma$$

$$s_1 = v_1 t = \sqrt{\frac{g}{R_1}}\,R$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{g}{R_2}}\cdot R$$

$$\frac{s_1}{R_1} + \frac{s_2}{R_2} = 2R\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\sqrt{g}\left(\frac{t}{\sqrt{R_1}\,R_1} + \frac{t}{\sqrt{R_2}\,R_2}\right) = 2\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}\right)$$

$$\sqrt{g}\,t\left(\frac{R_2\sqrt{R_2} + \sqrt{R_1}\,R_1}{R_1 R_2 \sqrt{R_1 R_2}}\right) = 2\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}\right)$$

$$t = \frac{2(R_1 + R_2)\sqrt{R_1 R_2}}{\sqrt{g}\left(R_2\sqrt{R_2} + \sqrt{R_1}\,R_1\right)} =$$

$$= \frac{2(10^5 + 64\cdot 10^3)\cdot\sqrt{10^8\cdot 64}}{3\left(10^5\cdot 10^{\frac{5}{2}} + 8\cdot 64\cdot 10^3\cdot 10^{\frac{3}{2}}\right)} = \frac{2\cdot 10^{\cancel{7}\,3}\cdot 164\cdot 8}{3\cdot\cancel{10^4}\cdot\sqrt{10}\,(1000 + \cancel{8}512)} =$$

$$= \frac{2\cdot 10^3\cdot 164}{3\cdot\sqrt{10}\cdot 189} \approx \frac{2}{3}\cdot 10^{\frac{5}{2}}\ \text{с}.$$

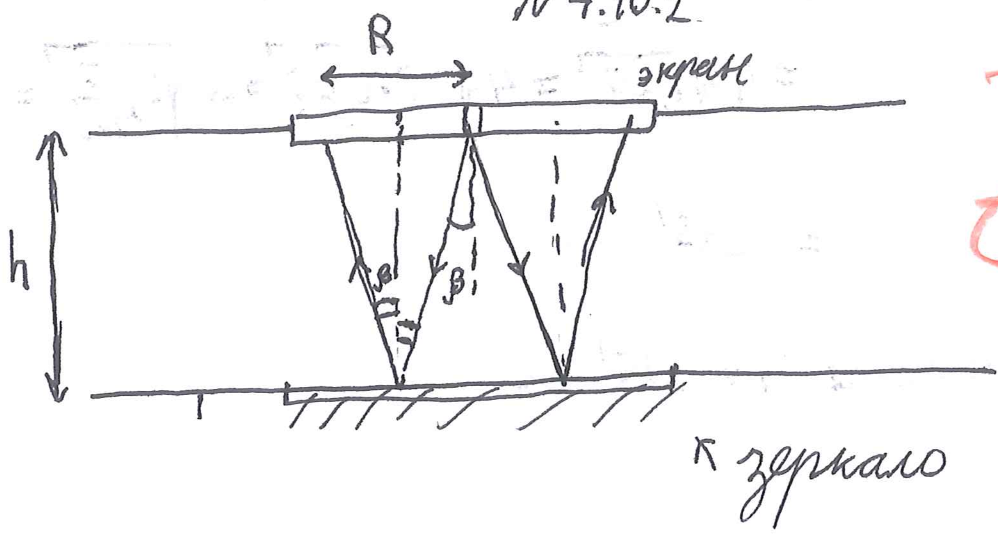
$$\begin{array}{r} 189 \\ \times\ 8 \\ \hline 1512 \end{array}$$

Чистовик

Ответ: $t = \dfrac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1}+R_2\sqrt{R_2})}$ ~~$\approx \frac{2}{3}\cdot 10^{\frac{5}{2}}$ с~~

18б

№4.10.2



Свет рассеянный $\Rightarrow$ ~~уч~~ луч может войти в ~~отверстие~~ под любым углом, но в итоге он преломится и ~~макс~~ максимальная величина угла уже в воде будет:

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

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

$\exists$ лучи с этим углом и будут образовывать на экране границу радиусом R.

Заметим, что $\operatorname{tg}\beta = \frac{R}{2h}$, т.к. после отраж. луч пойдет под тем же β.

$$\sin\beta = \frac{1}{n};\ \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{\frac{n^2-1}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2-1}}{n}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{R}{2h};\ \cancel{h = \frac{R\sqrt{n^2-1}}{2}} =$$

~~Ответ:~~

чистовик

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

$$h = \frac{R\sqrt{n^2-1}}{2} = 4\cdot\sqrt{2{,}25-1} =$$

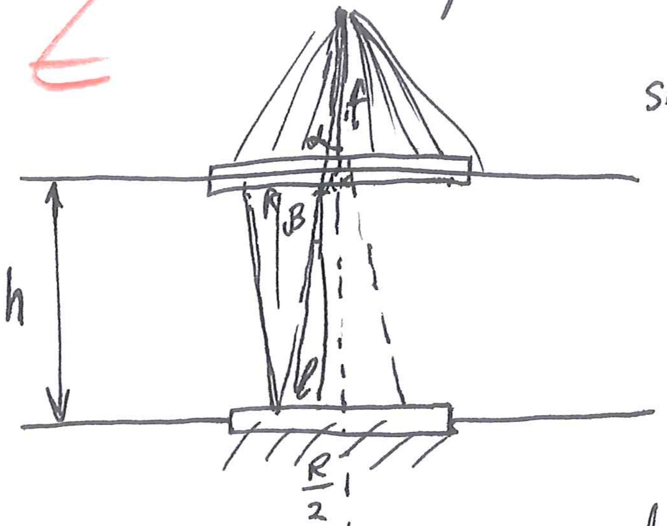
$$= 4\sqrt{1{,}25} = 4\sqrt{25\cdot 0{,}05} = 20\sqrt{0{,}\frac{5}{100}} =$$

$$= 2\sqrt{5}\text{ см}$$

Ответ: $h = 2\sqrt{5}$ см

+

черновик



$\sin\alpha = \frac{s_1}{a}$ $\quad \frac{a}{b} = \frac{s_1}{s_2} =$

$\sin\alpha = \frac{s_2}{b}$ $\quad = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$

$\alpha = \beta \cdot n$

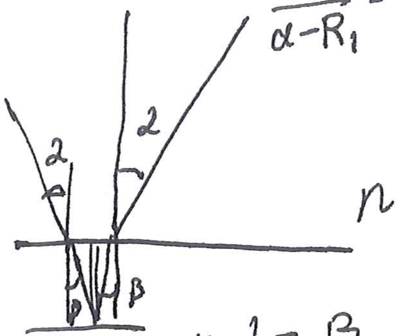
$\beta = \frac{\alpha}{n}$

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

$\beta \quad \alpha = \frac{dx}{f}$

$\sin\alpha = \frac{2R}{a - R_1}$

$\frac{2R}{a-R_1} = \frac{v_1 t}{a}$



$\beta = \frac{R}{2h} = \frac{\alpha}{n}$

$2l + d\cancel{x} = R$

$n\alpha = \beta$

$\beta = \alpha n$

$\frac{s_2}{s_1} = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$

$\beta = \frac{l}{h}$

$2\beta h + dx = R$

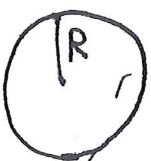
$\times \begin{array}{r} 15 \\ 15 \\ \hline 175 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$

$\frac{2h\alpha}{n} + \alpha f = \frac{R}{2}$

$\frac{\cancel{m} M_{пл} \cdot G}{R_1^2} = \frac{\cancel{m} v_1^2}{R_1}$

$mg = \frac{G M_{пл} \cdot m}{R^2}$

$g = \frac{G M_{пл}}{R^2}$



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

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