15^17 + 1 лист

0 837673 050007

83-76-73-05
(5.7)

# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
## имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 3

Место проведения Москва
город

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Суюндукова Фаниса Ильгизовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» февраля 2024 года

Подпись участника

83-76-73-05 (5.7)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| баллы | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Лапин | ЛС | Лапин | ЛС | |

Σ 100 сто

Черновик

1.4.3.

$R_1 = 6{,}4\cdot10^4\cdot10^3$ м

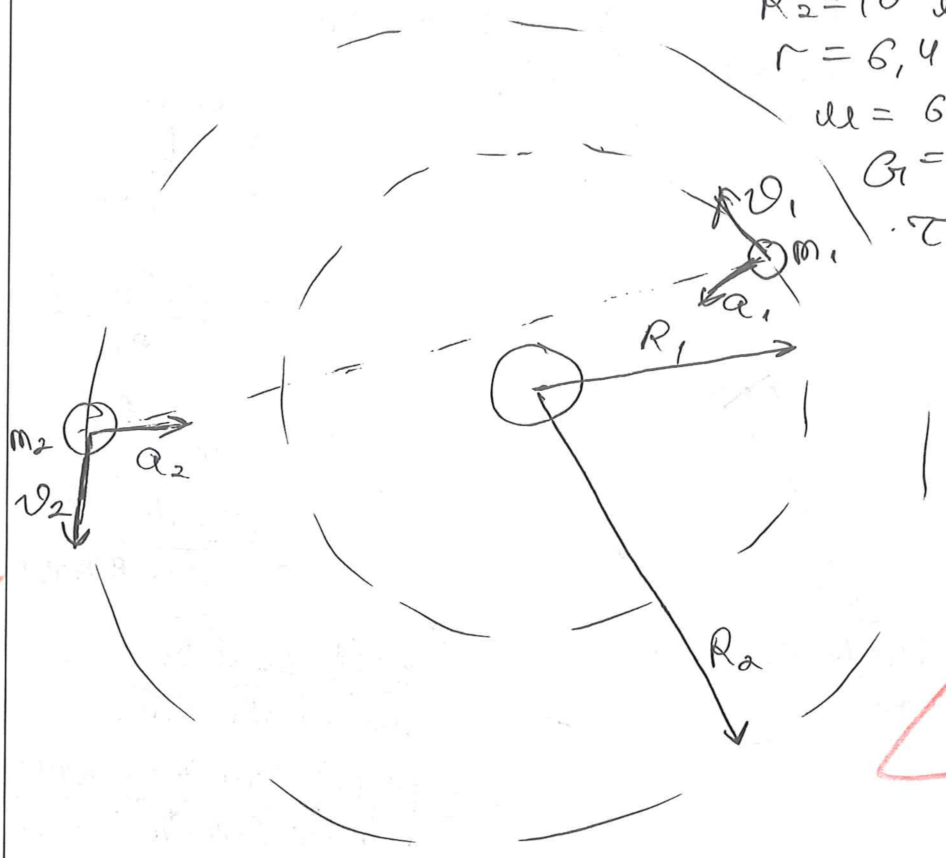
$R_2 = 10^8$ м

$r = 6{,}4\cdot10^6$ м

$M = 6\cdot10^{24}$ кг

$G = 6{,}7\cdot10^{-11}$ Н·м²·кг⁻²

$\tau$ - ?




Перейдём в СО -1 спутник

$$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$$

$$v_{пер} = \frac{v_1}{R_1}\cdot R_2$$

$\cancel{v_2 = v_{отн}}$ $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_{абс} - \vec{v}_{пер} = \cancel{v_2}$

$$v_{отн} = v_2 - \frac{v_1}{R_1}\cdot R_2$$

2 ЗН для двух тел

$$G\frac{m_1 M}{R_1^2} = m_1 a_1 \qquad G\frac{m_2 M}{R_2^2} = m_2 a_2$$

$$a_1 = \frac{v_1^2}{R_1} \qquad a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$$

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

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

ЧИСТОВИК

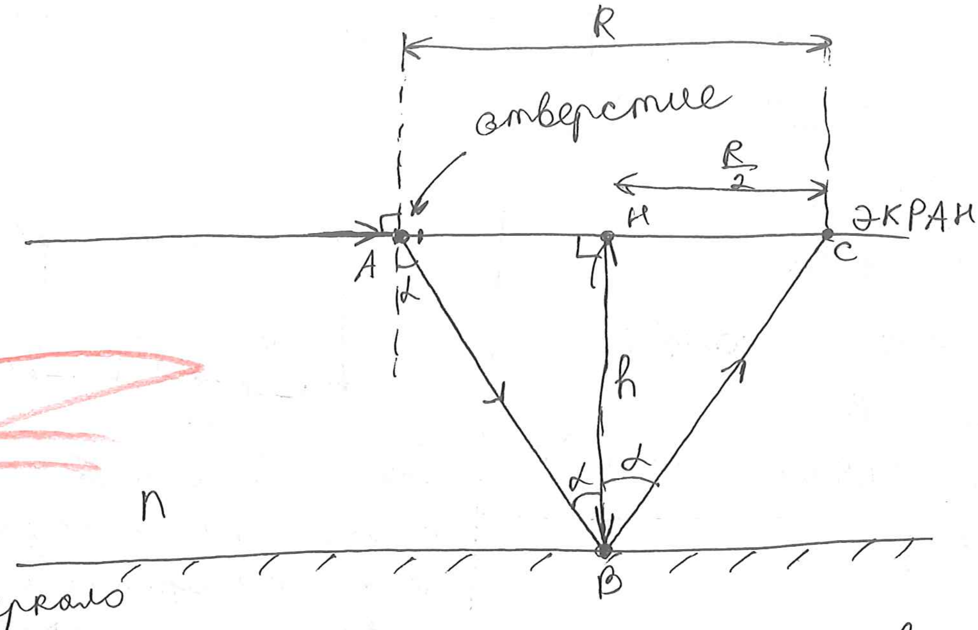
4.10.3.

Дано:

$R = 8$ см

$h = 4$ см

$n - ?$




Т.к. свет рассеянный, лучи на верхнюю поверхность слоя жидкости падают под углами $\in [0°; 90°]$

Закон преломления для луча падающего под прямым углом:

$$1 \cdot \sin 90° = n \sin\alpha \rightarrow n = \frac{1}{\sin\alpha}$$

показатель преломления воздуха равен 1

Угол падения луча на зеркало равен углу отражения

$\triangle ABC$:

т.к. $BH \perp AC$, $BH$ - биссектриса $\angle ABC \Rightarrow$

$\Rightarrow \triangle ABC$ - равнобедренный $\Rightarrow$ ~~AH~~ $BH$ - медиана $\Rightarrow$

$\Rightarrow AH = HC = \cancel{R}\ \frac{AC}{2} = \frac{R}{2}$

$\triangle BHC$: $\angle BHC = 90°$, $tg\angle HBC = tg\alpha = \frac{R}{2h}$

$$1 + tg^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha}$$

$$1 + \frac{R^2}{4h^2} = \frac{4h^2+R^2}{4h^2} = \frac{1}{\cos^2\alpha} \rightarrow \cos^2\alpha = \frac{4h^2}{4h^2+R^2}$$

$$\sin^2\alpha = 1 - \cos^2\alpha = 1 - \frac{4h^2}{4h^2+R^2} = \frac{4h^2+R^2-4h^2}{4h^2+R^2} = \frac{R^2}{4h^2+R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{4h^2+R^2}}$$

ЧИСТОВИК

$$n = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{4h^2+R^2}}{R} = \frac{\sqrt{4\cdot 4^2+8^2}}{8} = \cancel{8}\,\frac{8\cdot\sqrt{2}}{8} = \sqrt{2}$$

Ответ: $n = \sqrt{2}$

5.4.3.

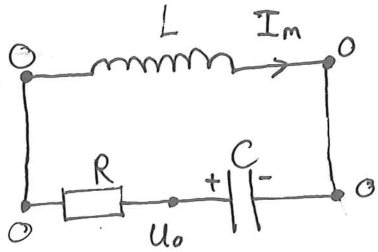
$R = 0,4$ Ом

$C = 40$ мкФ $= 40\cdot 10^{-6}$ Ф

$U_0 = 1$ В

$Q = 31,4$ мДж $= 31,4\cdot 10^{-3}$ Дж

$L - ?$




Если сила тока максимальна, производная от силы тока по времени равна нулю $\dot{I} = 0 \Rightarrow \cancel{L} = U_{L_0} = L\cdot\dot{I} = 0$

$U_{L_0}$ – напряжения на катушке индуктивности при максимальной силе тока.

Расставим потенциалы в цепи при максимальной силе тока.

$I_m = \frac{U_0}{R}$, $I_m$ – максимальная сила тока

т.к. в контуре возникают колебания, то $I(t) = I_m\sin(\omega t)$, $\omega$ – циклическая частота колебаний

~~Q~~ По закону Джоуля-Ленца

$Q = \overline{I^2}\,R\cdot\cancel{2}T$ – количество теплоты, выделившееся в контуре за период

$\overline{I^2}$ – среднее значение квадрата силы тока за период

Известно, что если $I(t) = I_m\sin(\omega t)$, то $\overline{I^2} = \frac{I_m^2}{2}$

Период колебаний найдём по формуле Томсона:

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

$$\Rightarrow Q = \overline{I^2}\,R\cdot T = \frac{I_m^2}{\cancel{2}}\cdot R\cdot\cancel{2}\pi\sqrt{LC} = \frac{U_0^2}{R^2}\cdot R\cdot\pi\sqrt{LC} =$$

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

$$\Rightarrow \sqrt{LC} = \frac{QR}{\pi U_0^2} \Rightarrow LC = \left(\frac{QR}{\pi U_0^2}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \left(\frac{QR}{\pi U_0^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{C} = \left(\frac{31{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}4}{3{,}14 \cdot 1}\right)^2 \cdot \frac{1}{40 \cdot 10^{-6}} \text{ Гн} =$$

$$= (10^{-2} \cdot 0{,}4)^2 \cdot \frac{10^6}{40} = 10^{-4} \cdot 0{,}16 \cdot \frac{10^5}{4} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 0{,}04}{4} = 0{,}4 \text{ Гн}$$

Ответ: $L = 0{,}4$ Гн.

# ЧИСТОВИК

1.4.3.

Дано:

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

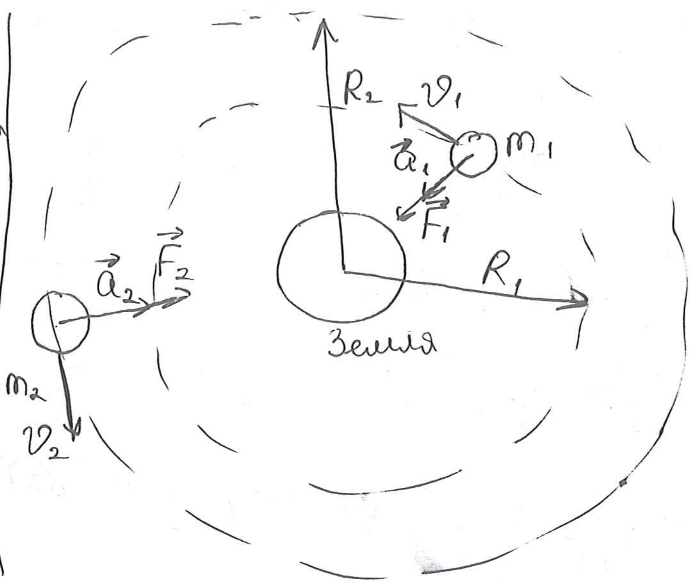
$R_2 = 10^5$ км $= 10^8$ м

$r = 6{,}4\cdot10^3$ км $= 6{,}4\cdot10^6$ м

$M = 6\cdot10^{24}$ кг

$G = 6{,}7\cdot10^{-11}\ \frac{Н\cdot м^2}{кг}$

$\tau - ?$




II закон Ньютона для двух спутников:

$$\begin{cases}\vec{F}_1 = m_1\vec{a}_1 \\ \vec{F}_2 = m_2\vec{a}_2\end{cases}$$

Пренебрегаем силами взаимодействия между спутниками

$$\begin{cases}G\frac{m_1 M}{R_1^2} = m_1 a_1, & a_1 = \frac{\vartheta_1^2}{R_1} \\ G\frac{m_2 M}{R_2^2} = m_2 a_2, & a_2 = \frac{\vartheta_2^2}{R_2}\end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{GM}{R_1^2} = \frac{\vartheta_1^2}{R_1} \rightarrow \vartheta_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$$

$$\frac{GM}{R_2^2} = \frac{\vartheta_2^2}{R_2} \rightarrow \vartheta_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

Перейдём в СО 1 спутник

$$\vec{\vartheta}_{абс} = \vec{\vartheta}_{отн} + \vec{\vartheta}_{пер}$$

$$\vartheta_{абс} = \vartheta_2, \quad \vartheta_{пер} = \frac{\vartheta_1}{R_1}\cdot R_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vartheta_{отн} = \left|\vartheta_2 - \frac{R_2}{R_1}\cdot\vartheta_1\right| = \left|\sqrt{\frac{GM}{R_2}} - \frac{R_2}{R_1}\sqrt{\frac{GM}{R_1}}\right| =$$

$$= \left|\sqrt{\frac{GM}{R_1R_2}}\left(\sqrt{R_1} - \frac{R_2}{R_1}\sqrt{R_2}\right)\right| = \left|\sqrt{\frac{GM}{R_1R_2}}\ \frac{R_1\sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2}}{R_1}\right|$$

ЧИСТОВИК

2.5.3.

Дано:

$h = 0{,}45$ м

$T = const$

$p_{нас} = p_н = 14{,}5$ кПа $= 14{,}5 \cdot 10^3$ Па

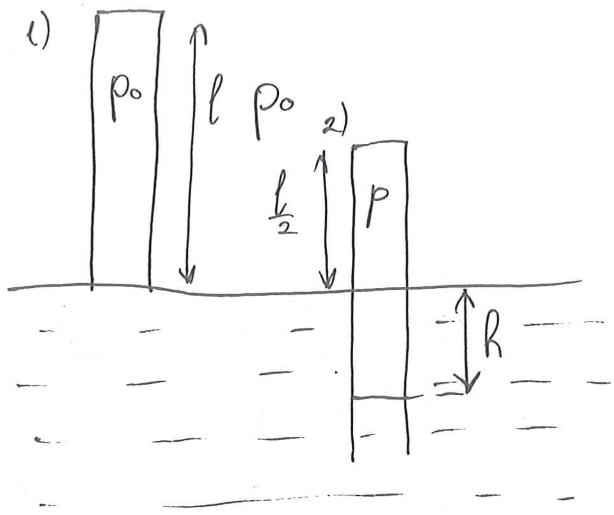
$p_0 = 10^5$ Па

$\rho_0 = \rho = 10^3 \frac{кг}{м^3}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

---

$l - ?$




Начальное давление в трубке равно $p_0$

Конечное давление в трубке найдём из гидростатики:

$$p = p_0 + \rho g h \quad (1)$$

По закону Дальтона для двух состояний газа:

$$\begin{cases} p_0 = p_{в_1} + p_н & (2) \\ p = p_{в_2} + p_н & (3) \end{cases}$$, где $p_{в_1}, p_{в_2}$ – парциальные давления воздуха в трубке

Пар в трубке остаётся насыщенным, т.к. объём трубки уменьшается

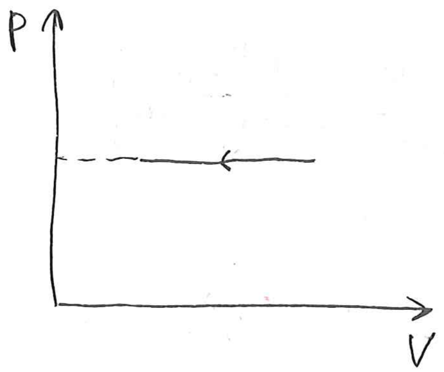
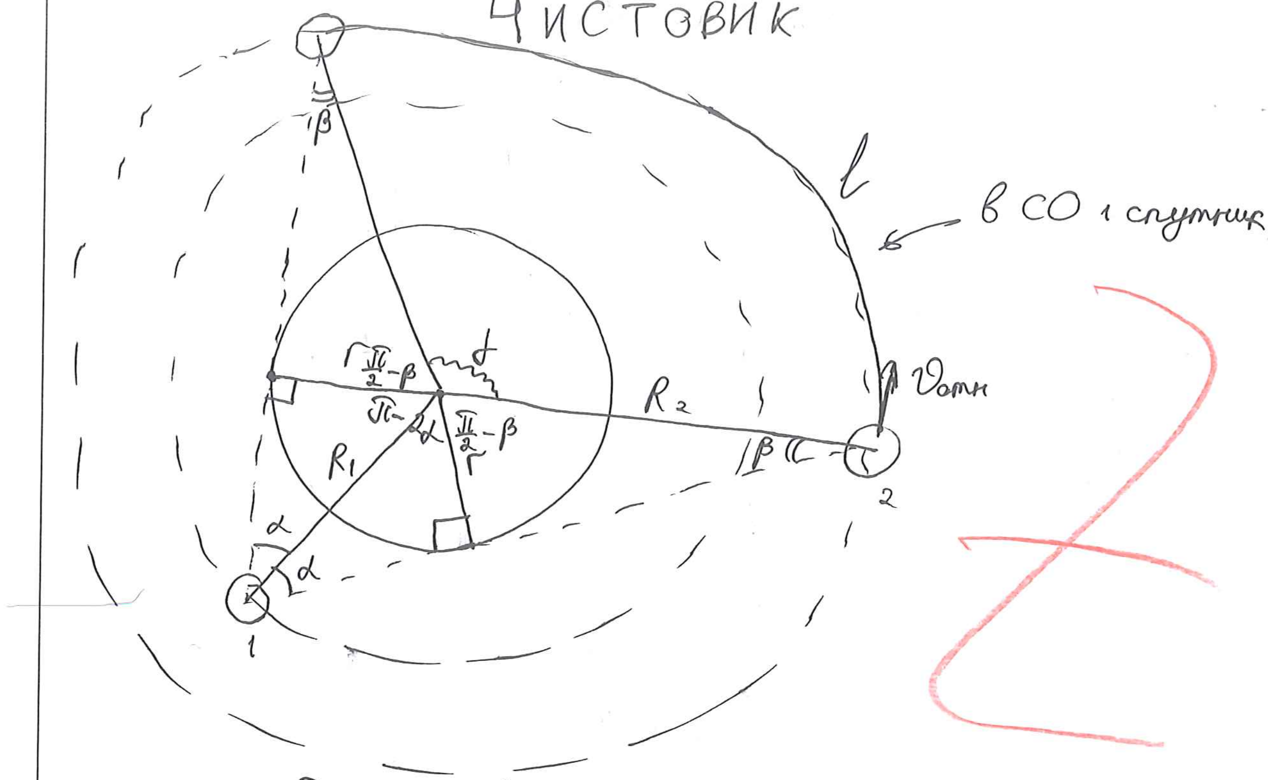



график p-V для насыщенного водяного пара при сжатии с постоянной температурой

$\Downarrow$

~~$p_н$~~ парциальное давление водяного пара во втором состоянии равно $p_н$

# Чистовик




$$\sin\alpha = \frac{r}{R_1} = \frac{6,4\cdot10^6}{6,4\cdot10^7} = 0,1 \Rightarrow \alpha \approx 0,1 \text{ рад}$$

$$\sin\beta = \frac{r}{R_2} = \frac{6,4\cdot10^6}{10^8} = 0,064 \Rightarrow \beta \approx 0,064 \text{ рад}$$

$$\gamma = 2\pi - (\pi - 2\alpha) - \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\cdot 2 = \cancel{2\pi} - \cancel{\pi} + 2\alpha - \cancel{2\pi} + 2\beta =$$

$$= 2(\alpha+\beta) = 2(0,1+0,064) \text{ рад} = 0,328 \text{ рад}$$

$$l = \gamma R_2 = \vartheta_{отн}\cdot\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{\gamma R_2}{\vartheta_{отн}} = \left|\frac{\gamma R_2\sqrt{R_1R_2}\cdot R_1}{\sqrt{GM}\,(R_1\sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2})}\right| =$$

$$= \left|\frac{0,328 \text{ рад}\cdot 6,4\cdot10^7 \text{ м}\cdot 10^8 \text{ м}\cdot\sqrt{6,4\cdot10^7\cdot10^8 \text{ м}^2}}{\sqrt{6,7\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}}\,(6,4\cdot10^7\sqrt{6,4\cdot10^7} - 10^8\cdot\sqrt{10^8})}\right| с =$$

$$= \left|\frac{0,328\cdot6,4\cdot10^{15}\cdot\cancel{10^7}\cdot 8}{\cancel{10^6}\sqrt{67\cdot6}\,(6,4\cdot10^7\cdot8\cdot10^3 - 10^{12})}\right| с = \left|\frac{328\cdot64\cdot10^{12}\cdot8}{\sqrt{402}\cdot(-48,8)\cdot10^{10}}\right| с =$$

$$= \frac{8\cdot41\cdot8^2\cdot8\cdot10^{12}}{\sqrt{402}\cdot488\cdot10^9} с \qquad \sqrt{402} \approx \sqrt{400} = 20$$

$$\tau = \frac{8^{\cancel{4}\,3}\cdot41\cdot10^{\cancel{12}\,3}}{20\cdot61\cdot\cancel{8}\cdot\cancel{10^9}} с = \frac{41\cdot2^{\cancel{9}\,7}\cdot10^{\cancel{3}\,2}\cdot2}{\cancel{2}\cdot\cancel{5}\cdot61} с = \frac{41\cdot2^8\cdot100}{61} с \approx$$

$$\approx 17207 с$$

Ответ: $\tau = 17207$ с

ЧИСТОВИК

Подставим (1) → (3)

$p_0 + \rho g h = p_{в2} + p_н \rightarrow p_{в2} = p_0 + \rho g h - p_н$ (4)

$p_{в1} = p_0 - p_н$ (5)

Количество вещества воздуха не меняется ⇒
⇒ для воздуха справедлив закон Бойля-Мариотта ⇒ $p_{в1}V_1 = p_{в2}V_2$ (6)

$V_1 = lS$ (7)

$V_2 = (\frac{l}{2} + h)S$ (8), где S - площадь поперечного сечения трубки

Подставим (4), (5), (7), (8) → (6)

$(p_0 - p_н) l \cancel{S} = (p_0 + \rho g h - p_н) \cdot (\frac{l}{2} + h) \cdot \cancel{S}$

$(p_0 - p_н) l = \frac{p_0 + \rho g h - p_н}{2} \cdot l + (p_0 + \rho g h - p_н) h \quad | \cdot 2$

$(2p_0 - p_н \cdot 2) l - (p_0 + \rho g h - p_н) l = 2h (p_0 + \rho g h - p_н)$

$l (2p_0 - 2p_н - p_0 - \rho g h + p_н) = 2h (p_0 + \rho g h - p_н)$

$l (p_0 - p_н - \rho g h) = 2h (p_0 + \rho g h - p_н)$

$l = \frac{2h(p_0 + \rho g h - p_н)}{p_0 - p_н - \rho g h} = \frac{2 \cdot 0{,}45 \cdot (10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 - 14{,}5 \cdot 10^3)}{10^5 - 14{,}5 \cdot 10^3 - 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45}$ м $=$

$= \frac{0{,}9 \cdot 10^3 (100 + 4{,}5 - 14{,}5)}{10^3 (100 - 14{,}5 - 4{,}5)} \approx$ м $= \frac{0{,}9 \cdot 90}{81}$ м $= 1$ м

Ответ: $l = 1$ м

3.10.3.

Дано:

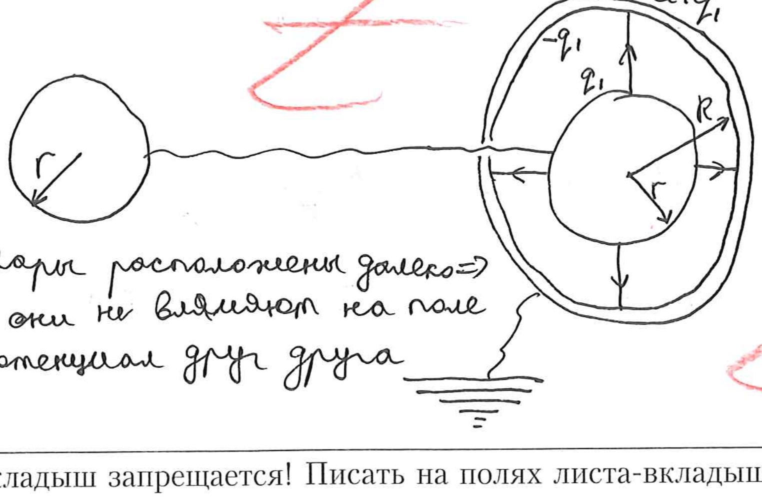
$r = 2$ см

$R = 3$ см

$q_1 = 6 \cdot 10^{-10}$ Кл

---

$q_2 - ?$




Шары расположены далеко ⇒
⇒ они не влияют на поле и потенциал друг друга

ЧИСТОВИК

т.к. сферическая оболочка является проводником $\Rightarrow$ ~~на нём~~ внутри него не должно быть силовых линий электростатического поля.

Силовые линии начинаются на положительном заряде, заканчиваются на отрицательном заряде. При этом отрицательный заряд равен по модулю положительному.

Силовые линии внутри оболочки начинаются на заряде $q_1$ $\Rightarrow$ должны закончиться на заряде $-q_1$ $\Rightarrow$ на внутренней поверхности сферической оболочки индуцируется заряд $-q_1$

Пусть заряд сферической оболочки равен $Q$

По закону сохранения заряда на внешней поверхности сферы заряд $Q+q_1$

Заряд $q_1$ и внутренняя поверхность сферы снаружи себя образуют нулевое поле и нулевой потенциал $\Rightarrow$ потенциал сферы рассчитывается по формуле $\frac{k(Q+q_1)}{R}$. Потенциал сферы равен 0 $\Rightarrow$ $Q=-q_1$

т.к. шары соединены проволокой, потенциалы шаров равны

Потенциал первого шара рассчитывается по формуле $\frac{kq_1}{r}+\frac{kQ}{R}$, а второго $\frac{kq_2}{r}$, где $q_2$ – заряд второго шара

$$\frac{\cancel{k}q_1}{r}+\frac{\cancel{k}Q}{R}=\frac{\cancel{k}q_2}{r}$$

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

$$q_2=q_1\frac{R-r}{R}=6\cdot10^{-10}\cdot\frac{3-2}{3}=2\cdot10^{-10}\text{ Кл}$$

Ответ: $q_2=2\cdot10^{-10}$

Черновик

$$Q=\int_0^{2T} I^2 R\,dt = R\int_0^{2T} I_m^2 \sin^2(\omega t)\,dt = I_m^2 R\int_0^{2T}\sin^2(\omega t)\,dt =$$

$I = I_m \sin(\omega t)$ $\quad = I_m^2 R$

$\left(\frac{\cos^3(\omega t)}{3}\right)' = -\frac{3}{3}$

$\overline{I^2} = \frac{I_m^2}{2}$

$\frac{\sin^3\alpha}{3} = \frac{3}{3}\sin^2\alpha\cdot\cos\alpha\cdot i$

$Q = \overline{I^2} R 2T = \frac{I_m^2}{2} R\cdot 2T = I_m^2 RT = \frac{U_0^2}{R^2} RT = \frac{U_0^2}{R}\cdot\sqrt{LC}\cdot 2\pi$

$= \left(\frac{31{,}4\cdot 0{,}4}{2\cdot 3{,}14\cdot 1}\right)^2\cdot\frac{1}{C} = \left(0{,}2\cdot 10\right)^2\cdot\frac{1\cdot 10^3}{40} =$

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

$64 \times 8 = 512$

$3140 : 314 = 10$

$= \frac{0{,}04\cdot 100\cdot 10^3}{40} =$

$= \frac{4\cdot 10^{-2}\cdot 10^4}{4} = \boxed{100\ Гн}$

$\frac{Q^2R^2}{4\pi^2 U_0^4} = LC \quad L = \frac{Q^2R^2}{4\pi^2 U_0^4\cdot C} =$

$$T = \frac{\ell R_2}{V_{отн}} = \frac{0{,}328\cdot 10^5\sqrt{R_1R_2}\cdot R_1}{\sqrt{Gm}\left(R_1\sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2}\right)} = \frac{32800\cdot\sqrt{6{,}4\cdot 10^9}\cdot 6{,}4\cdot 10^4}{\sqrt{6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}\left(6{,}4\cdot 10^4\sqrt{6{,}4\cdot 10^4} - 10^5\sqrt{10^5}\right)}$$

$$= \frac{32800\cdot 8\cdot 10^4\cdot 6{,}4\cdot 10^4}{10^6\sqrt{6{,}7\cdot 6\cdot 10}\left(6{,}4\cdot 10^4\cdot 8\cdot 10\sqrt{10} - 10^7\sqrt{10}\right)} = \frac{328\cdot 8\cdot 6{,}4}{\sqrt{67\cdot 6}\left(64\cdot 8\sqrt{10} - 10^3\sqrt{10}\right)} =$$

$$= \frac{328\cdot 8\cdot 6{,}4}{\sqrt{67\cdot 6}\left(488\sqrt{10}\right)} = \frac{41\cdot 8\cdot 8\cdot 6{,}4}{\sqrt{670\cdot 6}\cdot 61\cdot 8}$$

$1000 - 512 = 488$; $488 : 8 = 61$

$67 \times 6 = 402$

$328 : 8 = 41$

$6{,}4\cdot 8\cdot 10^{10} - 100\cdot 10^{10}$

$488 : 8 = 61$

$6{,}4 \times 8 = 51{,}2$ $\quad 100{,}0 - 51{,}2 = 48{,}8$

$(2^3)^3 = 2^9$

$2^6 = 64 \quad 2^8 = 256$

$25600 \times 41$: $256$, $1024$, $1049600$

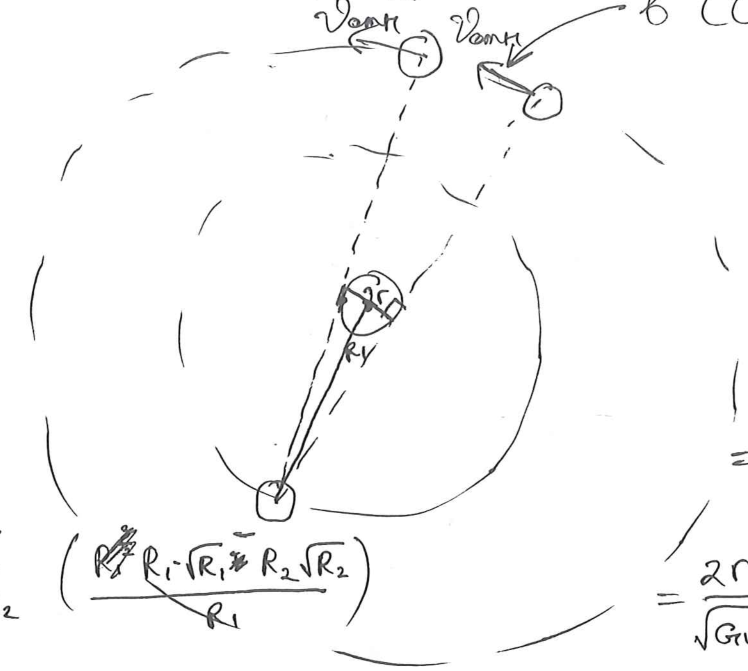
$1049600 : 61 = 17206{,}5$; $61$, $439$, $427$, $126$, $122$, $400$, $366$, $340$

Черновик

$v_{отн} = v_2 - \frac{v_1}{R_1} \cdot R_2$

$v_{отн} = \sqrt{\frac{GM}{R_2}} - \frac{R_2}{R_1} \cdot \sqrt{\frac{GM}{R_1}} = \sqrt{\frac{GM}{R_1 R_2}} \left( \sqrt{R_1} - \frac{R_2}{R_1} \cdot \sqrt{R_2} \right) =$

в СО - 1 тела




$\alpha = \frac{2r}{R_1} = \frac{l}{R_1 + R_2}$

$l = \frac{2r(R_1+R_2)}{R_1}$

$\tau = \frac{l}{v_{отн}} =$

$= \frac{2r(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2} \cdot R_1}{R_1 \cdot \sqrt{GM}\,(R_1\sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2})}$

$= \sqrt{\frac{GM}{R_1R_2}} \left( \frac{R_1 \cdot \sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2}}{R_1} \right)$

$= \frac{2r(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{GM}\,(R_1\sqrt{R_1} - R_2\sqrt{R_2})} =$

$= \frac{2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^3 (6{,}4 \cdot 10^4 + 10^5) \cdot \sqrt{6{,}4 \cdot 10^9}}{\sqrt{6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}\,(6{,}4 \cdot 10^4 \sqrt{6{,}4 \cdot 10^4} - 10^5\sqrt{10^5})}$

$\sin\alpha = \frac{r}{R_1} = \frac{6{,}4 \cdot 10^3}{6{,}4 \cdot 10^4} = 0{,}1$ рад

$\alpha \approx 0{,}1$ рад

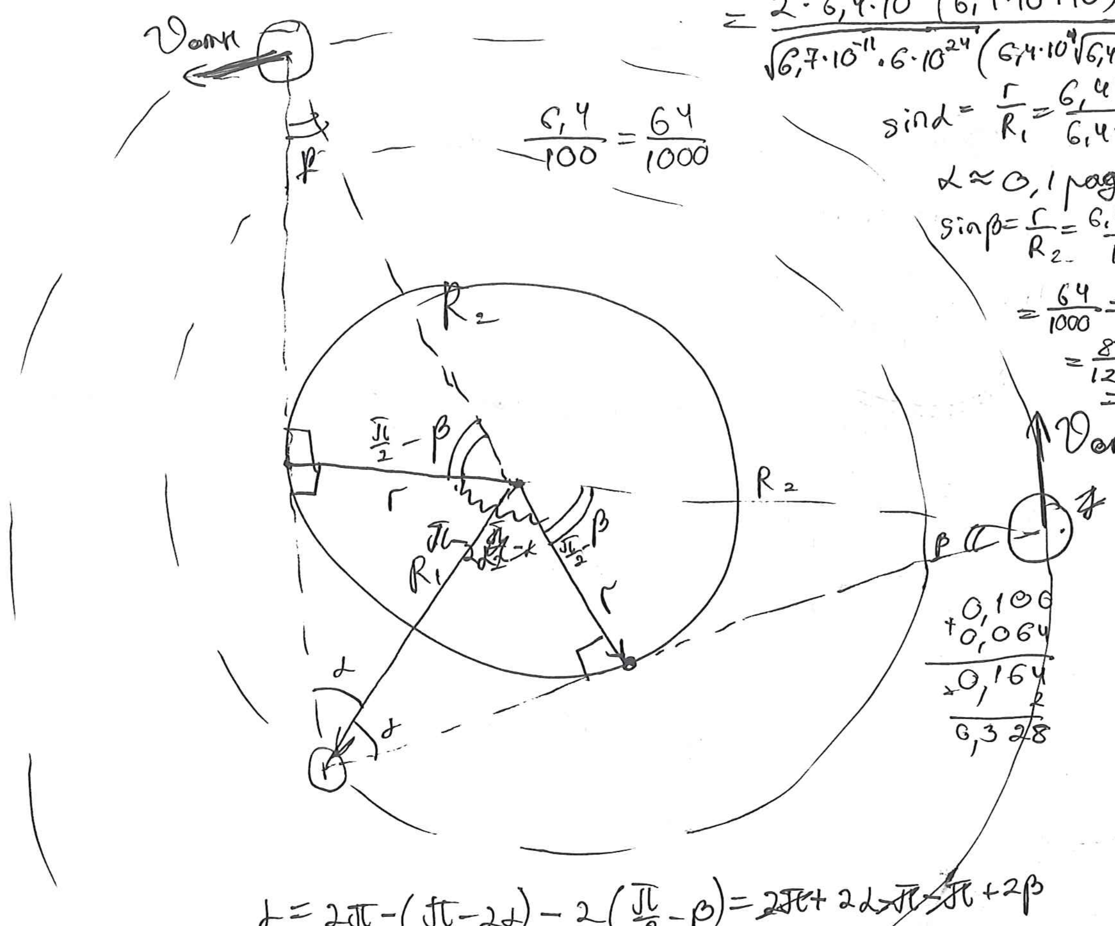
$\frac{6{,}4}{100} = \frac{64}{1000}$

$\sin\beta = \frac{r}{R_2} = \frac{6{,}4 \cdot 10^3}{10^5} =$

$= \frac{64}{1000} = \frac{32}{500} = \frac{16}{250} =$

$= \frac{8}{125}$ рад $=$

$= 0{,}064$ рад




$\begin{array}{r} 0{,}100 \\ +\,0{,}064 \\ \hline 0{,}164 \\ \times\,2 \\ \hline 0{,}328 \end{array}$

$\gamma = 2\pi - (\pi - 2\alpha) - 2\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \cancel{2\pi} + 2\alpha \cancel{-\pi} - \pi + 2\beta$

$\gamma = 2(\alpha + \beta) = 2 \cdot (0{,}1 + 0{,}064) = 0{,}328$ рад

$l = \gamma R_2 \qquad \tau = \frac{\gamma R_2}{v_{отн}}$

83-76-73-05
(5.7)

Черновик

2.5.3.

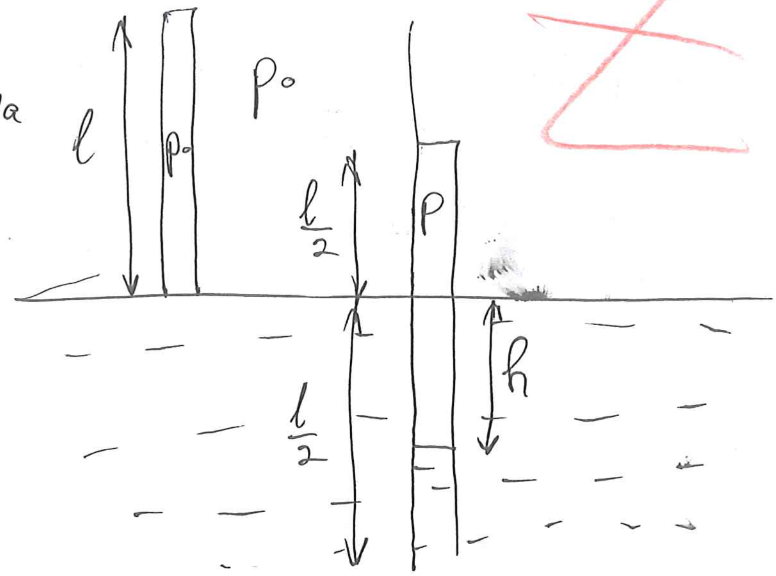
$h = 0{,}45$ м

$T = const$

$p_{нас}(T) = p_н = 14{,}5$ кПа

$p_0 = 10^5$ Па

$\rho_в = \rho = 10^3 \frac{кг}{м^3}$




S – площадь поп. сеч. трубки

Закон Дальтона: $p_н V_н = \nu_н R T_н$ (const, const)

$p_0 = p_н + p_{в1}$ $\qquad$ $p = p_н + p_{в2}$

$p_{в1} = p_0 - p_н$ $\qquad$ $p_{в2} = p - p_н$

$p_{в1}$, $p_{в2}$ – ~~дав.~~ парциальные давления воздуха в двух состояниях

Из гидростатики:

$p = p_0 + \rho g h \Rightarrow p_{в2} = p_0 + \rho g h - p_н$

Для воздуха выполняется закон Бойля-Мариотта $\Rightarrow p_{в1} V_1 = p_{в2} V_2$

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

$$\cancel{(p_0 - p_н)}\ (p_0 - p_н) l = (p_0 + \rho g h - p_н)\left(\frac{l}{2} + h\right)$$

$$(p_0 - p_н) l = \frac{p_0 + \rho g h - p_н}{2} \cdot l + h(p_0 + \rho g h - p_н) \quad \Big| \cdot 2$$

$$l(2p_0 - 2p_н) - (p_0 + \rho g h - p_н) l = 2h(p_0 + \rho g h - p_н)$$

$$l(2p_0 - 2p_н - p_0 - \rho g h + p_н) = 2h(p_0 + \rho g h - p_н)$$

$$l(p_0 - p_н - \rho g h) = 2h(p_0 + \rho g h - p_н) \rightarrow l =$$

Черновик

$$l=\frac{2h(p_0+\rho gh-p_н)}{p_0-p_н-\rho gh}=\frac{2\cdot 0,45\cdot(10^5+10^4\cdot 0,45-14,5\cdot 10^3)}{10^5-14,5\cdot 10^3-10^4\cdot 0,45}=$$

$$=\frac{0,9\,(\cancel{10^3}\cdot 100\cdot 10^3+4,5\cdot 10^3-14,5\cdot 10^3)}{100\cdot 10^3-14,5\cdot 10^3-4,5\cdot 10^3}=$$

$$\begin{array}{r} +14,5 \\ 4,5 \\ \hline 19 \end{array} \quad 81$$

$$=\frac{0,9\cdot\cancel{10^3}(100+4,5-14,5)}{\cancel{10^3}(100-14,5-4,5)}=\frac{0,9\cdot 90}{81}=\boxed{1\text{ м}}$$

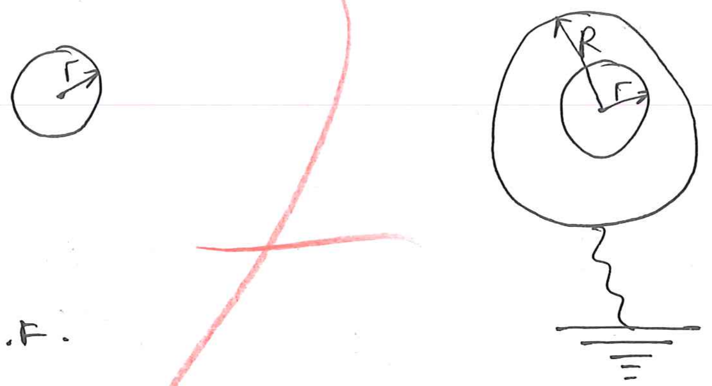
3.10.3.

$r=2$ см

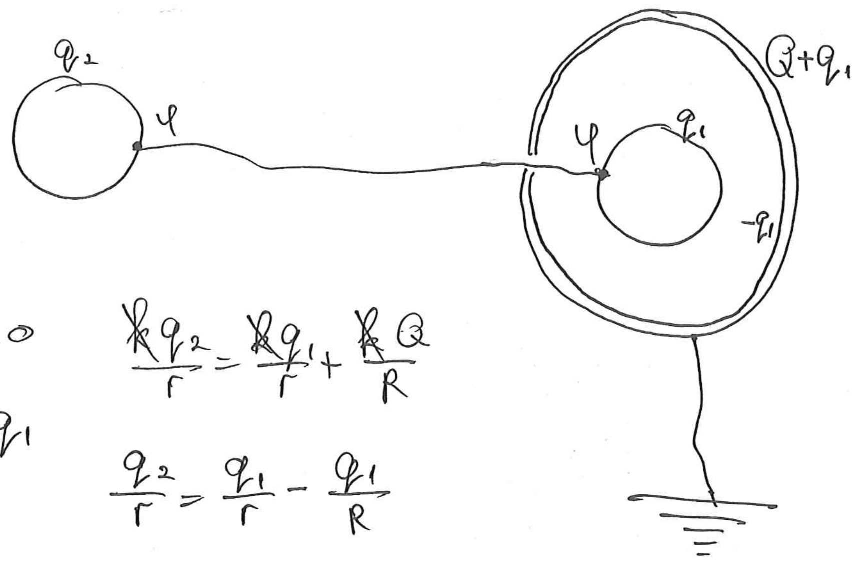
$R=3$ см

$q_1=6\cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2$ – ?




т.е.




$$\frac{\cancel{k}(Q+q_1)}{R}=0$$

$$Q=-q_1$$

$$\frac{\cancel{k}q_2}{r}=\frac{\cancel{k}q_1}{r}+\frac{\cancel{k}Q}{R}$$

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

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

$$q_2=q_1\frac{\cancel{r}(R-r)}{R\cdot\cancel{r}}=q_1\frac{R-r}{R}=6\cdot 10^{-10}\cdot\frac{3-2}{3}=$$

$$=6\cdot 10^{-10}\cdot\frac{1}{3}=\boxed{2\cdot 10^{-10}\text{ Кл}}$$

83-76-73-05 (5.7)

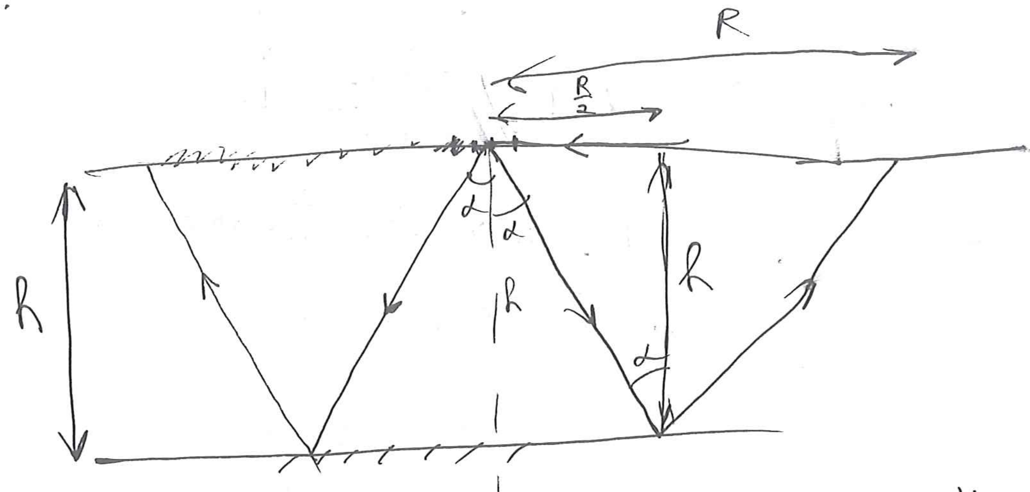
Черновик

4.10.3.

$R = 8$ см

$h = 4$ см

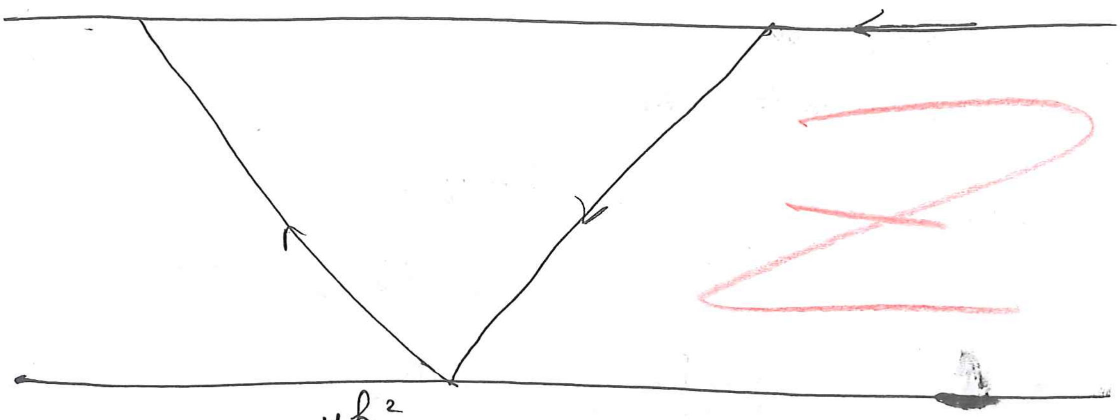
$n - ?$




свет рассеянный $\Rightarrow$ лучи на слой жидкости могут падать под углами $\in [0°; 90°]$

$$1 + tg^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha} \qquad tg\alpha = \frac{R}{2h}$$

$$1 + \frac{R^2}{4h^2} = \frac{1}{\cos^2\alpha} \qquad \frac{4h^2 + R^2}{4h^2} = \frac{1}{\cos^2\alpha} \qquad 1 = n\sin\alpha$$



$$\cos^2\alpha = \frac{4h^2}{4h^2 + R^2}$$

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$$

$$\sin^2\alpha = 1 - \cos^2\alpha = 1 - \frac{4h^2}{4h^2 + R^2} = \frac{\cancel{4h^2} + R^2 - \cancel{4h^2}}{4h^2 + R^2} = \frac{R^2}{4h^2 + R^2}$$

$$\sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{4h^2 + R^2}} \qquad n = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{4h^2 + R^2}}{R} = \frac{\sqrt{4 \cdot 16 + 64}}{8} =$$

$$= \frac{\sqrt{64 \cdot 2}}{8} = \frac{8\sqrt{2}}{8} = \boxed{\sqrt{2}}$$

Черновик

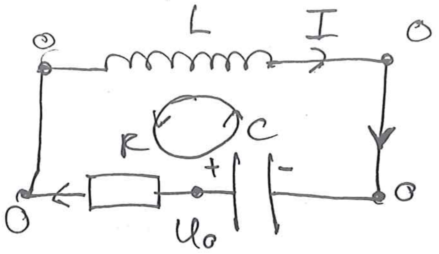
$R = 0,4$ Ом

$C = 40$ мкФ

$U_0 = 1$ В

$Q = 31,4$ мДж

$L - ?$




$$I \to max \Rightarrow \dot{I} = 0 \Rightarrow U_L = L\dot{I} = 0$$

2 правило Кирхгофа:

$\cancel{0 = U_R}$ $\quad 0 = U_c - U_L - IR$

$$0 = \frac{q_c}{C} - L\frac{dI_L}{dt} - I_L R$$

$$I_m = \frac{U_0}{R}$$

$$W_0 = W_{C_0} + W_{L_0} = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LU_0^2}{2R^2}$$

$$0 = \frac{1}{C}\cdot q_c - R\cdot\dot{q}_c - L\ddot{q}_c$$

$$0 = \Delta W + Q$$

$$Q = -\Delta W = W_1 - W_2$$

т.к. $Q << \Delta W$ $\quad Q = \int P\,dt$

$$P = UI \Rightarrow I \approx 0$$

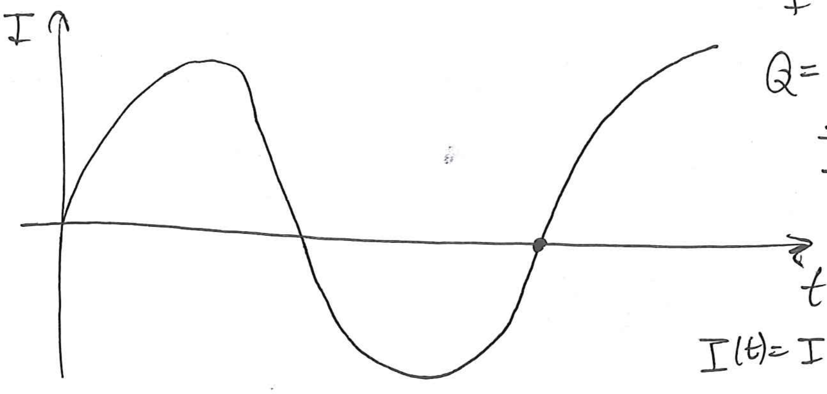
$$0 = \frac{q_c}{C} - L\frac{dI_c}{dt} \qquad 0 = \frac{q}{C} - L\cdot\dot{I}$$

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

$$\bar{I} =$$

$$Q = \bar{I}^2 R T$$

$$\bar{I} = \frac{\int_0^T I(t)}{T} =$$




$I(t) = I\sin(\omega t)$