0 638321 770007

63-83-21-77
(4.12)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Курмаевой Дарьи Олеговны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 14:11 ~~Кон~~
вход 14:15 ~~Кон~~

+1 лист 15:19 Юнаков

Дата
«9» февраля 2024 года

Подпись участника

63-83-21-77
(4.12)

Черновик

$Q = \frac{I_A^2 R T}{2} = \frac{q_A^2 \omega^2 R T}{2}$

$R = \frac{2Q}{\omega^2 T q_A^2} = \frac{2Q (LC)}{2\pi\sqrt{LC}\, q_A^2}$

$q = q_A \sin(\omega t + \varphi_0)$

$I = I_A \cos(\omega t + \varphi_0)$

$I = q_A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $T = 2\pi\sqrt{LC}$ $= \frac{Q}{\pi\sqrt{LC}\, q_A^2}$

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

$dQ = I^2 R dT \to Q = \int_0^T I_A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) R\, dT = I_A^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t + \varphi_0)\, dT$

Т.к. cos и sin → одинаковые графики, то за период можно считать, что среднее значение синуса и косинуса равны,

$\int_0^T (\sin^2(\omega t + \varphi_0) + \cos^2(\omega t + \varphi_0))\, dt = \int_0^T 2\cos^2(\omega t + \varphi_0)\, dt$

$T = \int_0^T 1 \cdot dt = 2\int_0^T \cos^2(\omega t + \varphi_0)\, dt \to \int_0^T \cos^2(\omega t + \varphi_0)\, dt = \frac{T}{2}$

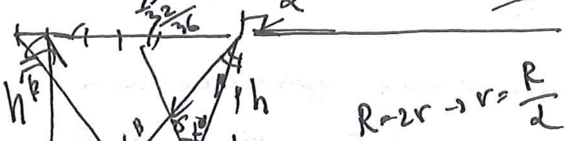
$I = max \to \dot{I} = 0 \to U_L = 0.$ по кирхгофу $U_C + IR = 0 \to I_A = \frac{U_C}{R}$

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

$= \frac{3{,}14 \cdot 4 \sqrt{9 \cdot 10^{-6}}}{38 \cdot 10^{3}} = \frac{3{,}14 \cdot 2}{19} \cdot 3\, 10^{-3} = \frac{3{,}14 \cdot 6}{18} \approx \frac{3{,}14 \cdot 6}{18} \approx \frac{3{,}14}{3} \approx 10\text{см}$

№4 рассеянный свет → лучи падают во все стороны,

$189 = 9 \cdot 3 \cdot 7$ $\frac{80 \cdot 164}{756 \cdot 3} = \frac{20 \cdot 164}{189 \cdot 3}$ $\frac{20 \cdot 4 \cdot 41}{9 \cdot 9 \cdot 7}$



$\alpha \uparrow \to \beta \uparrow$, тогда самым большим отклонением будет при $\alpha = 90$

$R = 2r \to r = \frac{R}{2}$

$1 \sin 90 = n \sin\beta \to \sin\beta = \frac{1}{n}$

~~$\sin\beta = \frac{1}{n} \to \cos\beta = \sqrt{1 - (\frac{1}{n})^2} = \frac{\sqrt{n^2-1}}{n}$~~

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

~~$h = 0{,}08 \cdot \sqrt{2{,}25-1} = 0{,}08 \cdot \sqrt{1{,}25} = \sqrt{0{,}8 \cdot 2{,}5} = 0{,}08\sqrt{0{,}05 \cdot 25}$~~

~~$= 0{,}08 \cdot 5 \cdot \sqrt{0{,}05} = 0{,}4\sqrt{0{,}05} \approx 0{,}04 \cdot 0{,}2 \approx 0{,}08$~~

$tg\beta = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}} \to \frac{R}{2} = h\, tg\beta \to h = \frac{R}{2}\, ctg\beta = \frac{R}{2}\sqrt{n^2-1} = \frac{R}{2}\sqrt{1{,}5^2-1} =$
$= 4\sqrt{0{,}8 \cdot 2{,}5} = 4\sqrt{5 \cdot 0{,}25} = 0{,}2\sqrt{5}$

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	20	20	100

Сто

Полностью правильное решение

Иванов

Чистовик.

есть продолжение в конце работы

Задание 3.

Решение:

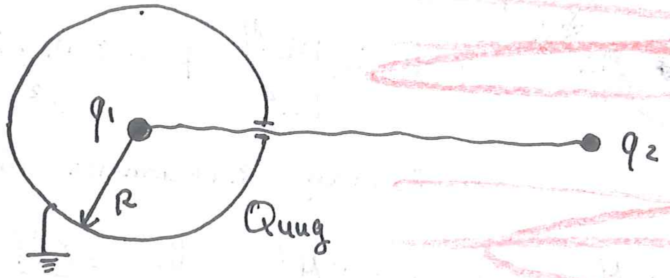
Дано:

$R = 3\text{ см} = 0{,}03\text{ м}$

$q_1 = 7{,}5\cdot10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5\cdot10^{-10}$ Кл

Найти: r



1) Т.к. заряженные шары соединены проволокой, их потенциалы после установления равновесия выровнялись.

$\varphi_1 = \varphi_2$

2) Т.к. сфера заземлена, то из земли на неё набежал индуцированный заряд, такой, чтобы занулить её потенциал. Пусть с земли набежал заряд $Q_{инд}$. Т.к. шары находятся на большом расстоянии друг от друга, то влиянием второго шара на сферу можем пренебречь.

тогда $\varphi_{сф} = \dfrac{kQ_{инд}}{R} + \dfrac{kq_1}{R}$. $\varphi_{сф} = 0 \to Q_{инд} = -q_1$

3) $\left.\begin{aligned}\varphi_1 &= \dfrac{kq_1}{r} + \dfrac{kQ_{инд}}{R}\\ \varphi_2 &= \dfrac{kq_2}{r}\\ \varphi_1 &= \varphi_2\end{aligned}\right\} \to \dfrac{kq_1}{r} + \dfrac{kQ_{инд}}{R} = \dfrac{kq_2}{r} \Big| \cdot \dfrac{rR}{k}$

$q_1\cdot R + Q_{инд}\cdot r = q_2\cdot R$

$(q_1 - q_2)R = q_1\cdot r$

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

$r = \dfrac{7{,}5\cdot10^{-10} - 2{,}5\cdot10^{-10}}{7{,}5\cdot10^{-10}}\cdot 0{,}03$

$r = \dfrac{5}{7{,}5}\cdot 0{,}03 = \dfrac{2}{3}\cdot 0{,}03 = 0{,}02$ м

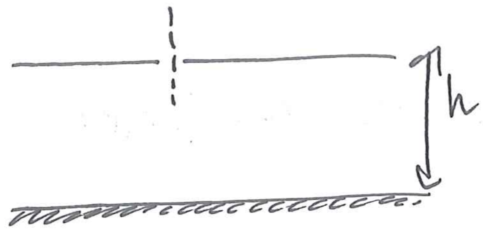
$r = 2$ см

Ответ: 2 см.

63-83-21-77
(4.12)

Задание 4. Чистовик

Дано: $R = 8см = 0{,}08м$
$n = 1{,}5$
$h - ?$



Решение:

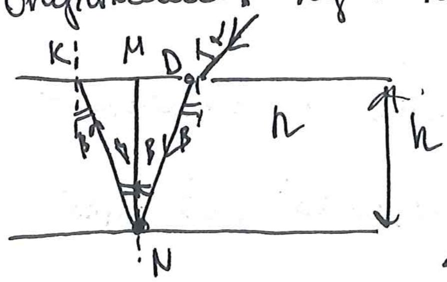
1) В рассеянном свете лучи идут во всех направлениях, соответственно, углы падения лучей на экран варьированы от 0° до 90° (как и всегда, угол отражения считываем от нормали к поверхности).

2) По закону преломления, если угол падения α и угол преломления β, и луч идет из среды с показателем преломления n_1 в среду с показателем преломления n_2,

$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$. В данной задаче $n_1 = 1$, $n_2 = n$.

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

3) Рассмотрим, как возникает освещенная область на нижней стороне экрана. Из воздуха идет луч под α к нормали. После преломления этот луч идет под β к нормали. Попадая на зеркальную поверхность под тем же β к нормали, луч отражается, а по закону отражения: угол падения равен углу отражения.



MN - нормаль к поверхности, $\angle DNM = \angle MNK = \beta$. Тогда в $\triangle DNK$ NM - биссектриса и высота, тогда $\triangle NKD$ - р/б. Тогда KD - расстояние, на котором образуется светящаяся точка от луча - равно 2KM, а KM из прямоугольного $\triangle KMN$

Чистовик

№4 Продолжение.

из $\triangle KMN$ $\frac{KM}{MN} = tg\beta_1$ а $MN = h \to KM = h\,tg\beta_1$

тогда $KD = 2h\,tg\beta$.

Размеется, радиус светлого пятна задается лучами, максимально далеко расположенными от отверстия в экране.

Т.к. ~~[illegible]~~ $tg\beta$ – возрастающая функция на интервале острых углов, с которыми мы работаем, то $R = 2h\,tg\beta_{max}$, где β_{max} определяется максимальным значением α, т.к. $\sin\alpha$ и $\sin\beta$ так же являются возрастающими функциями.

$\alpha_{max} = 90^\circ \to \sin\beta_{max} = \frac{\sin\alpha_{max}}{n} = \frac{\sin 90^\circ}{n} = \frac{1}{n}$

из основного тригонометрического тождества $\cos\beta_{max} = \sqrt{1 - \sin^2\beta_{max}}$

$\cos\beta_{max} = \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2-1}}{n}$

$tg\beta_{max} = \frac{\sin\beta_{max}}{\cos\beta_{max}}$; $tg\beta_{max} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$

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

(+)

$h = \frac{0{,}08}{2}\sqrt{1{,}5^2-1} = 0{,}04\sqrt{(1{,}5+1)(1{,}5-1)} = 0{,}04\sqrt{2{,}5\cdot 0{,}5} =$

$= 0{,}04\sqrt{0{,}25\cdot 5} = 0{,}04\cdot 0{,}5\sqrt{5} = 0{,}02\sqrt{5}$, $\sqrt{5} \approx 2{,}25$

$h \approx 0{,}02\cdot 2{,}25 = 0{,}045$ м

$h = 4{,}5$ см

Ответ: ~~4,4 см~~ 4,5 см

Чистовик

№1 продолжение

$$\sqrt{M\gamma} = \sqrt{gR_{пл}^2} \to \tau = \frac{2R_{пл}}{\sqrt{gR_{пл}}} \frac{\sqrt{R_1R_2}(R_1+R_2)}{R_1^{3/2}+R_2^{3/2}}$$

$$\tau = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{R_{пл}}\sqrt{64\cdot100\cdot10^6\cdot10^6}(64\cdot10^6+100\cdot10^6)}{(64\cdot10^6)^{3/2}+(100\cdot10^6)^{3/2}}$$

$$\begin{array}{r|l} 1512 & 2 \\ -14 & 756 \\ 11 & \\ -10 & \\ 12 & \end{array}$$

$$\tau = \frac{2}{3}\sqrt{R_{пл}} \frac{8\cdot10\cdot10^6\cdot10^6\cdot164}{(8\cdot10^3)^3+(10\cdot10^3)^3} = \frac{2}{3}\sqrt{R_{пл}} \frac{80\cdot164\cdot10^{12}}{(8^3+10^3)10^9}$$

$$\tau = \frac{2}{3}\sqrt{R_{пл}} \frac{80\cdot164\cdot10^3}{512+1000} = \frac{2}{3}\cdot\frac{80\cdot164\cdot10^3}{1512}\sqrt{R_{пл}}$$

$$\tau = \frac{80\cdot164\cdot10^3}{3\cdot756}\sqrt{R_{пл}}$$

$$\tau = \frac{2R_{пл}}{R_{пл}\sqrt{g}} \cdot \frac{\sqrt{R_1R_2}(R_1+R_2)}{(R_1^{3/2}+R_2^{3/2})}$$ ±

$$\tau = \frac{2}{\sqrt{g}} \frac{\sqrt{64\cdot100\cdot10^6\cdot10^6}\cdot(64+100)\cdot10^6}{(\sqrt[2]{64\cdot10^6})^3+(\sqrt[2]{100\cdot10^6})^3}$$

$$\tau = \frac{2}{3} \cdot \frac{8\cdot10\cdot10^6\cdot164\cdot10^6}{8^3(10^3)^3+10^3(10^3)^3}$$

$$\tau = \frac{2}{3}\cdot\frac{80\cdot164\cdot10^{12}}{1512\cdot10^9}$$

$$\tau = \frac{80\cdot164\cdot10^3}{756\cdot3} = \frac{4\cdot20\cdot4\cdot41\cdot10^3}{4\cdot189\cdot3} = \frac{20\cdot4\cdot41}{9\cdot21\cdot3}\cdot10^3$$

$$\tau = \frac{80\cdot41\cdot10^3}{81\cdot7} \approx \frac{41\cdot10^3}{7} \approx 5{,}9\cdot10^3\ с$$

$\tau \approx 100$ мин $\approx$ 1час40мин

Ответ: $5{,}9\cdot10^3$ с. (1час 40 мин) ±

Чистовик.

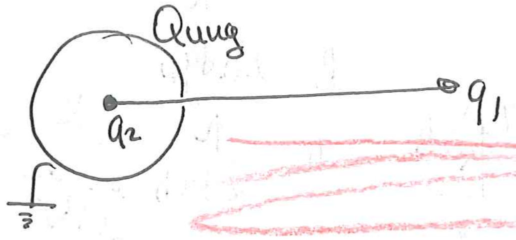
№ 3 продолжение

пусть внутри сферы q_2, а q_1 на большом расстоянии от них.

$$\varphi_{сф} = 0 = \frac{kQ_{инд}}{R} + \frac{kq_2}{R}$$

$$\downarrow$$

$$Q_{инд} = -q_2$$



$$\varphi_1 = \varphi_2 \to \frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{k} + \frac{kQ_{ин}}{R} \ \Big| \cdot \frac{Rr}{k}$$

$$\Updownarrow$$

$$(q_1 - q_2)R = Q_{инд} r \to r = \frac{q_1 - q_2}{-q_2} R$$

$$(q_1 - q_2)R = -q_2 r$$

$$r = \frac{7{,}5\cdot10^{-10} - 2{,}5\cdot10^{-10}}{-2{,}5\cdot10^{-10}} \cdot 0{,}03$$

$r < 0$ – такая ситуация невозможна, т.е. внутри сферы q_1, как и было указано в начале решения

Ответ: 2 см

Чистовик

№5

Дано:

$L = 0{,}3$ Гн

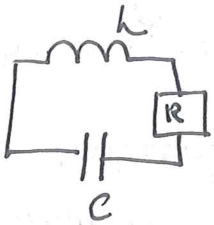
$C = 30\cdot 10^{-6}$ Ф

$Q = 0{,}38\cdot 10^{-3}$ Дж

$U = 0{,}2$ В

Найти: R

Решение:



1) Т.к. потери энергии за каждый период много меньше запасенной энергии, то в локальной области можно записать закон сохранения энергии в виде: $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = E_{полн} = const$

(данное выражение справедливо в некоторый момент, когда заряд на конденсаторе q, а в цепи течет ток I.)

Т.к. $I = \frac{dq}{dt} = \dot{q}$, то $\frac{q^2}{2C} + \frac{L(\dot{q})^2}{2} = const$

продифференцируем данное равенство:

$$\frac{2q}{2C}\dot{q} + \frac{2L\dot{q}}{2}\ddot{q} = 0 \rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{LC} = 0 \quad (1)$$

мы получили дифф. уравнение гармонических колебаний, решением которого является

$$q(t) = q_A \sin(\omega t + \varphi_0). \quad I = \dot{q} = q_a \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$q_a \omega = I_a \rightarrow I = I_a \cos(\omega t + \varphi_0)$$

2) В рамках одного периода амплитудное значение тока можно считать постоянным, т.е. тепло, выделяющееся на резисторе за малый промежуток времени:

$$dQ = I^2 R\,dt \rightarrow Q_T = \int_0^T I_a^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) R\,dt$$

$$Q_T = I_a^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t + \varphi_0)\,dt.$$ – такое тепло выделяется на резисторе за один период.

заметим, что $T = \frac{2\pi}{\omega}$, а $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ из уравнения (1) по следствию из

Чистовик

N5 Продолжение.

3) заметим, что $\int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt$ — это площадь под графиком функции $\cos^2(\omega t+\varphi_0)$.

заметим так же, что график $\sin^2(\omega t+\varphi_0)$ и $\cos^2(\omega t+\varphi_0)$ (просто смещены вдоль оси ot) представляют одну и ту же кривую, называемую синусоидой, соответственно площади под их графиками совпадают.

Тогда $\int_0^T \sin^2(\omega t+\varphi_0)dt = \int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt$

заметим, что $\int_0^T \sin^2(\omega t+\varphi_0) + \int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt =$

$$= \int_0^T (\sin^2(\omega t+\varphi_0) + \cos^2(\omega t+\varphi_0))dt = \int_0^T 1\cdot dt = T$$

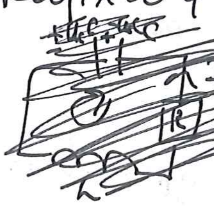
и, что следует из приведенных выше рассуждений, $\int_0^T \sin^2(\omega t+\varphi_0)dt + \int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt = 2\int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt$

Тогда $2\int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt = T \to \int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt = \frac{T}{2}$

4) Из п. 2 $Q = I_a^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt$, из п. 3 $\int_0^T \cos^2(\omega t+\varphi_0)dt = \frac{T}{2} \to Q = \frac{I_a^2 R T}{2}$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \to R = \frac{Q}{I_a^2 \pi\sqrt{LC}}$$

5) Когда в контуре течет ~~постоянный~~ максимальный или минимальный ток, $\dot{I} = 0$, а $\mathcal{E}_{si} = -L\dot{I}$, т.е. в этот момент по 2-му правилу Кирхгофа



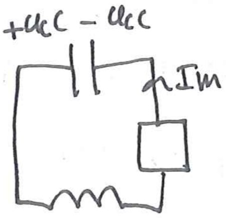
$$\pm\frac{q_c}{C} - I_m R = 0 \to \pm U_c = I_m R \to I_m = \pm\frac{U_c}{R}$$

$I_{min} = -\frac{U_c}{R}$; $I_{max} = \frac{U_c}{R}$; $I_A = \frac{I_{max} - I_{min}}{2}$

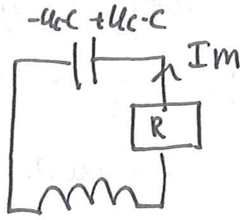
$$I_A = \frac{\frac{U_c}{R} - \left(-\frac{U_c}{R}\right)}{2} = \frac{U_c}{R}$$

Чистовик

N5 Продолжение



I max



I min

для вычисления амплитудного значения силы тока в представленный для рассмотрения период, я воспользовалась тем, что амплитудное значение силы тока — среднее ~~значение~~ арифметическое его экстремальных значений.

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

$$R = \frac{0{,}2^2 \cdot 3{,}14\sqrt{0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-6}}}{0{,}38\cdot 10^{-9}} = \frac{0{,}04\cdot 3{,}14\sqrt{9\cdot 10^{-6}}}{0{,}38\cdot 10^{-3}} =$$

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

20

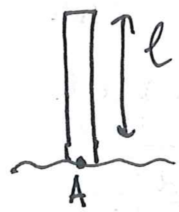
Ответ: 1 Ом.

N2

Дано:
$l = 1м$
$h = 0{,}45м$
$\rho_0 = 10^3 кг/м^3$
$p_{нас} = 14{,}5\cdot 10^3 Па$
$g = 10 м/с^2$
Найти: p_0

Решение:

1)



до погружения в воду в пробирке находится сухой воздух и насыщенный пар. Давление, создаваемое в точке A, с одной стороны равно атмосферному давлению, а с другой стороны, давлению смеси. По закону Дальтона $p_{смеси} = p_{с.в.} + p_{пар}$.

тогда $p_0 = p_{св.} + p_{нас} \rightarrow p_{с.в} = p_0 - p_{нас}$.

Чистовик

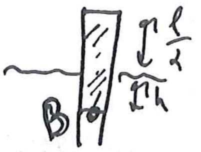
№2. Продолжение

2) Давление насыщенных паров зависит только от температуры. В ходе процесса температура была постоянна, значит, давление ~~насыщенных паров~~ водяного пара осталось прежним и равным $p_{нас}$. (Такое возможно, т.к. часть пара сконденсировалась и стала водой).

С сухим воздухом же происходит изотермический процесс. По закону изотермического процесса $p_{св} V_1 = p_{св}' V_2$. Пусть S – площадь сечения трубки, тогда $V_1 = lS$, $V_2 = \left(\frac{l}{2}+h\right)S$

$$p_{св}' = p_{св}\frac{V_1}{V_2} = p_{св}\frac{lS}{\left(\frac{l}{2}+h\right)S} = p_{св}\frac{2l}{l+2h} = (p_0 - p_{нас})\frac{2l}{l+2h}$$

3) После окончание процесса давление в точке B



$$\begin{cases} p_B = p_0 + \rho_0 g h \\ p_B = p_{св}' + p_{нас} \end{cases} \rightarrow p_0 + \rho_0 g h = (p_0 - p_{нас})\frac{2l}{l+2h} + p_{нас}$$

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

$\times 19$, $\times 4{,}5$, 95, $+76$, $85{,}5$

$85{,}5 + 14{,}5 = 100{,}0$

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

$$p_0 = 14{,}5\cdot 10^3 + \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45\,(1+2\cdot 0{,}45)}{1 - 2\cdot 0{,}45}$$

$$p_0 = 14{,}5\cdot 10^3 + \frac{10^3\, 10 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}9}{0{,}1} = 10^3(14{,}5 + 4{,}5\cdot 19)$$

$$p_0 = 10^3\cdot(14{,}5 + 85{,}5) = 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: 10^5 Па

Чистовик

№1

Дано:

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^4$ км $= 64 \cdot 10^3$ км $= 64 \cdot 10^6$ м

$R_2 = 10^5$ км $= 10^8$ м $= 100 \cdot 10^6$ м

$g = 9$ м/с^2

$\arcsin x = x$

Найти: τ

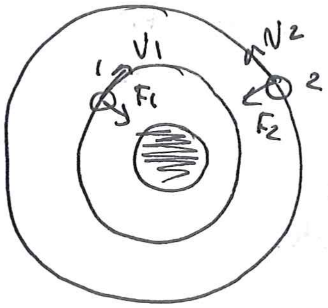
Решение:

1) Пренебрегая взаимодействием спутников с иными небесными телами кроме планеты и их взаимодействием друг с другом, имеем силу тяготения, действующую на спутники со стороны планеты (пусть её масса M) для каждого соответственно: $F_1 = \frac{m_1 M}{R_1^2} \cdot \gamma$, $F_2 = \frac{m_2 M}{R_2} \cdot \gamma$

по второму З. Ньютона для каждого из тел:

$m_1 a_1 = F_1 \to \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{\gamma M}{R_1^2}$ (тут я использую, что $a = a_ц = \frac{V^2}{R}$ и сокращаю массы)

$m_2 a_2 = F_2 \to \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{\gamma M}{R_2^2}$



Т.к. на ось, соответствующую тангенциальному ускорению, никакие силы не действуют, то модуль скоростей не меняется и модули скоростей постоянны, а значит постоянны угловые скорости вращения спутников $V_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1}} \to V_1 = \omega_1 R_1 \to \omega_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1^3}}$

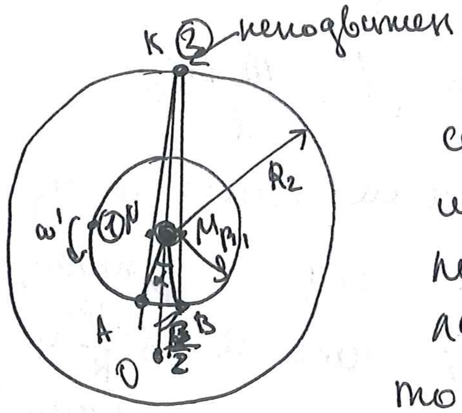
$V_2 = \omega_2 R_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2}} \to \omega_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2^3}}$

2) Перейдём в НСО, вращающуюся с угловой скоростью ω_2 вокруг планеты! В этой СО второй спутник покоится. $\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{пер}$. Тогда скорость 1 спутника в данной СО $\vec{V}_1' = \vec{V}_{абс} - \vec{V}_{пер}$

переносная скорость высчитывается, как произведение угловой скорости СО на радиус вращения спутника 1. $V_{пер} = \omega_2 R_1$

Спутники движутся навстречу друг другу, тогда $V_1' = V_1 + \omega_2 R_1 = (\omega_1+\omega_2)R_1$. Пусть $\omega' = \omega_1 + \omega_2$. Тогда $V_1' = \omega' R_1$. $\omega' = \sqrt{M\gamma}\left(\frac{1}{R_1^{3/2}} + \frac{1}{R_2^{3/2}}\right)$

ЧИСТОВИК



3) корабли пребывают в слепой зоне, когда 1 движется между A и B. В этом случае планета загораживает свет лазера. Т.к. $R_{пл} << R_1$ и R_2, то $\cup AB \approx AB$. ~~тогда AB = ω'τ~~

тогда по опр. радианной меры $\alpha = \frac{AB}{R_1}$

$\alpha = \tau \cdot \omega' \rightarrow \tau = \frac{\alpha}{\omega'} = \frac{AB}{R_1 \omega'}$

из подобия $\triangle KNM$ и $\triangle ABK$: $\frac{NM}{AB} = \frac{R_2}{R_1+R_2}$

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

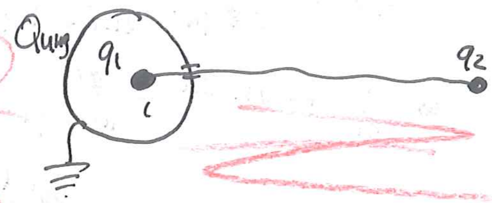
Это же можно получить из приближения, что $tg\frac{\alpha}{2} = \frac{R_{пл}}{R_2} = \frac{AB}{2(R_1+R_2)} \rightarrow AB = 2R_{пл}\frac{R_1+R_2}{R_2}$

$$\tau = \frac{2R_{пл}(R_1+R_2)}{R_1 R_2 \sqrt{M\gamma}} \cdot \frac{(R_1R_2)^{3/2}}{R_1^{3/2}+R_2^{3/2}} = \frac{2R_{пл}}{\sqrt{M\gamma}} \frac{\sqrt{R_1R_2}\,(R_1+R_1)}{(R_1^{3/2}+R_2^{3/2})}$$

3) На поверхности планеты $mg = \gamma\frac{mM}{R_{пл}^2} \rightarrow \frac{\gamma M}{R_{пл}^2} = g$

$\sqrt{M\gamma} = R_{пл}\sqrt{g}$

Черновик. на большом расстоянии → второй шарик не влияет на оболочку



$\varphi_{об} = 0$ (т.к. заземлена) соединены проводником → $\varphi_1 = \varphi_2$. пусть на сфере + $Q_{инд}$ (индуцированный)

$\varphi_{об} = \frac{kQ_{инд}}{R} + \frac{kq_1}{R} = 0 \rightarrow Q_{инд} = -q_1$ +

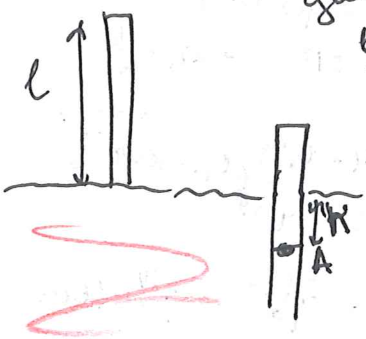
$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kQ_{инд}}{R} = \varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$

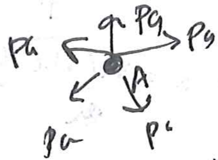
$q_1R + Q_{инд}r = q_2R \Rightarrow q_1R - q_1r = q_2R \Rightarrow r = \frac{(q_1-q_2)R}{q_1}$ +

$r = \frac{7{,}5\cdot10^{-10} - 2{,}5\cdot10^{-10}}{7{,}5\cdot10^{-10}}\cdot3 = \frac{5}{7{,}5}\cdot3 = \frac{2}{3}\cdot3 = 2$ см +

№2

$p_a = p_0 + g\rho_0 gh$. по закону Паскаля ~~Дальтона~~ давление в точке распространяется во все стороны. Т.К. ~~сосуд н~~ смесь в сосуде находится в равновесии, то давление смеси равно давлению жидкости





в точке A $P_{смеси} = P_{св} + P_{нар}$ по з Дальтона

пусть площадь сечения S. Тогда для сухого воздуха $p_{св_1}lS = \nu RT$, $p_{св_2}(\frac{l}{2}+h)S = \nu RT$ } $p_{св_2} = p_{св_1}\frac{lS}{l+2h}$

Пар изначально был насыщенным давление насыщенного пара зависит только от его T, T=const, значит в конце у пара тоже $p_{нас}$. ~~$p_{нас} lS = \nu_1 R$~~ $\frac{10\cdot0{,}45-1{,}9}{0{,}1} =$

до опускания $p_{нас} + p_{св_1} = p_0 \rightarrow p_{св_1} = p_0 - p_{н.п.}$

$p_a = p_{нп} + (p_0 - p_{нп})\cdot\frac{2l}{l+2h} = p_0 + g\rho_0 h$

$p_0 = p_{нп} + \frac{\rho_0 gh(l+2h)}{2l-l-2h}$

$p_0 = p_{нп} + \frac{\rho_0 gl(l+2h)}{l-2h}$

$p_{нп} + \frac{2l}{l+2h}p_0 - \frac{2l}{2l+2h}p_{нп} = p_0 + \rho_0 gh$

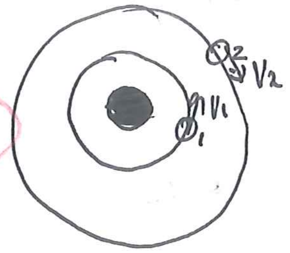
$\left(\frac{2l}{l+2h} - 1\right)p_0 = \left(\frac{2l}{l+2h} - 1\right)p_{нп} + \rho_0 gh \Rightarrow$

$p_0 = 14{,}5\cdot10^3 + 10\cdot1\cdot10^3\cdot\frac{1+0{,}9}{1-0{,}8}$

$\frac{10}{0{,}1}\cdot1{,}9 = 10\cdot19 = 190 + 14{,}5$

$p_0 = 10^3(14{,}5 + \frac{10\cdot1{,}9}{0{,}1}) = 214{,}5\cdot10^3 = 2{,}145\cdot10^5$ Па

черновик



на спутники действует сила тяготения, равная для каждого соотв.

$$F_1 = \gamma \frac{m_1 M}{R_1^2} \qquad F_2 = \gamma \frac{m_2 M}{R_2^2}$$

по 2-му з. Ньютона $m_1 a_1 = F_1$; $m_2 a_2 = F_2$

$$\frac{V_1^2}{R_1} = \frac{\gamma M}{R_1^2} \to V_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1}} \qquad \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{\gamma M}{R_2^2} \to V_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2^2}}$$

скорость постоянна, т.к. по оси, соответствующей тангенциальному уск-, ни нет

$$\omega_1 = \frac{V_1}{R_1} = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1^3}} \qquad \omega_2 = \frac{V_2}{R_2} = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2^3}} \qquad \omega_1 + \omega_2 = \sqrt{\gamma M}\,\frac{R_2^{3/2} + R_1^{3/2}}{(R_1 R_2)^{3/2}}$$

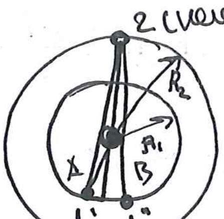
на поверхности земли $mg = \frac{mM\gamma}{R_{пл}} \to M\gamma = gR_{пл}$, $\sqrt{M\gamma} = \sqrt{gR_{пл}}$

перейдем в ИСО, вращающуюся с угловой скоростью ω_2. в этой ИСО ② неподвижен.

$$V_1' = V_1 + \omega_2 R_1 \qquad \vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} - \vec{V}_{пер}$$

в данном случае $V_{пер}$ ~~складывается~~ из угловой скорости СО, умноженной на радиус обращения первого тела. теперь рассмотрим случай наших

$R_{пл} << R_1 << R_2$



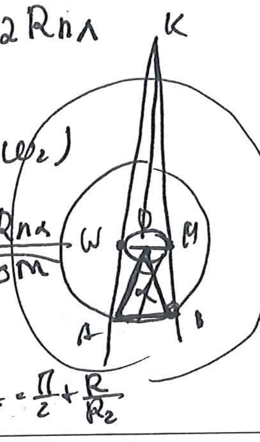
когда спутник 1 находится между положениями A и B, луч лазера не может дойти до ②. $\tau = \cancel{\omega}\cdot\frac{\alpha_{AB}}{\omega'}$

$$V_1' = \omega' R_1 = \omega_1 R_1 + \omega_2 R_1 \to \omega' = \omega_1 + \omega_2$$

$$\alpha_{AB} = \frac{AB}{R_1} \qquad \frac{2R_{пл}}{AB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \to AB = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot 2R_{пл}$$

$$\alpha_{AB} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} 2R_{пл} \to \tau = \frac{2(R_1 + R_2) R_{пл}}{R_1 R_2 (\omega_1 + \omega_2)}$$

$$\tau = \frac{2(R_1 + R_2)(R_1 R_2)^{3/2} R_{пл}}{R_1 R_2 \sqrt{\gamma M}\,(R_1^{3/2} + R_2^{3/2})} = \frac{2(R_1 + R_2)\sqrt{R_1 R_2}}{R_1^{3/2} + R_2^{3/2}} \cdot \frac{R_{пл}}{\sqrt{\gamma M}}$$



$$\angle OKN = \frac{R}{R_2} \to \angle MNK = 1 - \frac{R_{пл}^2}{R_2^2 \cdot 2}$$

~~$\angle MNK =$~~ $\frac{R}{R_2}$

$$\angle MNK = \frac{\pi}{2} - \frac{R}{R_2} \to \angle MOA = \frac{\pi}{2} + \frac{R}{R_2}$$

Черновик

$$\frac{V_1^2}{R_1} = \frac{\gamma M}{R_1^2} \to V_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1}} \qquad \omega_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1}}\,\frac{1}{R_1}$$

$$\frac{V_2^2}{R_2} = \frac{\gamma M}{R_2^2} \to V_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2}} \qquad \omega_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2}}\,\frac{1}{R_2}$$

$$mg = \frac{\gamma m M}{R_{пл}^2} \to \sqrt{M\gamma} = \sqrt{g}R_{пл}$$

$$\omega_1 = \frac{\sqrt{g}R_{пл}}{R_1\sqrt{R_1}} \qquad \omega_2 = \frac{\sqrt{g}R_{пл}}{R_2\sqrt{R_2}}$$

$$\omega_1+\omega_2 = \sqrt{g}R_{пл}\,\frac{R_2\sqrt{R_2}+R_1\sqrt{R_1}}{R_1R_2\sqrt{R_1R_2}} = \omega$$

$$64\cdot 8 = 512$$

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

$$AB = \frac{R_1+R_2}{R_2}\,2R_{пл}$$

$$AB = \tau\omega R_1 \to \tau = \frac{AB}{\omega R_1}$$

$$\tau = \frac{2R_{пл}(R_1+R_2)}{R_2\,\omega R_1} = \frac{2\cancel{R_{пл}}(R_1+R_2)\cancel{R_1R_2}\sqrt{R_1R_2}}{\cancel{R_1R_2}\,(R_2\sqrt{R_2}+R_1\sqrt{R_1})\sqrt{g}\cancel{R_{пл}}}$$

$$\tau = \frac{2}{3}\,\frac{(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{R_1\sqrt{R_1}+R_2\sqrt{R_2}} = \frac{2}{3}\,\frac{164\cdot10^6\cdot 80\cdot10^6}{10^6\cdot64\cdot8\cdot10^3+10^6\cdot100\cdot10\cdot10^3}$$

$$\tau = \frac{2}{3}\,\frac{164\cdot80\cdot10^{12}}{10^9(512+1000)} = 10^3\cdot\frac{2}{3}\,\frac{164\cdot80}{1512}$$

$$189\cdot 8 = 1512 \qquad 64+7=71$$

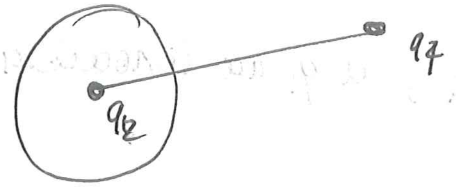
$$\tau = 10^3\cdot\frac{\cancel{2}\cdot\cancel{2}\cdot41\cdot80}{3\cdot\cancel{2}\cdot189\cdot\cancel{2}}$$

$$189 \mid 3 \quad 63 \mid 3 \quad 21 \mid 3 \quad 7$$

$$\tau = 10^3\,\frac{41\cdot80}{3\cdot3\cdot3\cdot7} = \frac{41}{7} = 6\cdot10^3 = 6000\,c = 100\,мин = 1ч40$$

Черновик

N3



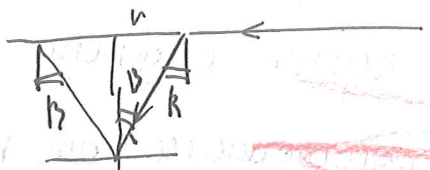
$\frac{kQ_{инд}}{R} + \frac{kq_2}{R} = 0 \quad Q_{ин} = -q_2$

$\frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{r} + \frac{Q_{ин}k}{R}$

$Rq_1 = Rq_2 + rQ_{ик}$

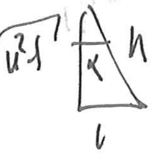
$r = \frac{R(q_1 - q_2)}{-q_2}$

N4



$R = 2r \quad \frac{r}{h} = tg\beta$

$R = 2h\,tg\beta$



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

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

$h = \sqrt{1{,}5^2-1} \cdot 4см$

$h = \sqrt{2{,}5 - 0{,}5} \cdot 4 =$

$= \sqrt{2{,}5 - 0{,}05} \cdot 4 =$

$= 20 - 0{,}05 =$

$= 2 \cdot \sqrt{5} = 2 \cdot 2{,}2 = 4{,}5см$

N2

$p = p_0 - p_{ин}$

$p l S = p'(\frac{l}{2} + h)S$

$p_1 = \frac{pl2}{l+2h}$

$p_1 = \frac{(p_0 - p_{ин})2l}{l+2h}$

2,3 · 2,2 = 4,4 · 4,4 = 4,8 4

2,125 · 2,125 = 1125, 450, 4250, 4,515625

2,125 · 2,125 = 1125, 450, 450, 5,0645

2,125 − 2 = 4,156

$10 \cdot 4{,}5 = 45 \quad 4{,}5 \cdot 9 = 40{,}5$

9 − 4,5 = 4,05

40,5 + 4,5 = 88,5 + 14,5 = 100

$= 10^3(14{,}5 \cdot 4{,}5 \cdot \frac{1{,}9}{0{,}1}$

$= 10^3(14{,}5 + 4{,}5 \cdot 19$

$p_1 + p_{ин} = p_0 + \rho g h$

$p_0\frac{2l}{l+2h} + p_{ин}\frac{2l}{l+2h} + p_{ин} = p_0 + \rho g h$

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

$p_{ин} + \rho g h\frac{(l+2h)}{l-2h}$

~~$p_0 = p_{ин} + \frac{l+2h}{2l}\rho g h = 14{,}5 \cdot 10^3 + \frac{1+0{,}9}{1}$~~

$14{,}5 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45\frac{1+0{,}9}{1-0{,}9}$