0 032507 950007

03-25-07-95
(4.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Вековцевой Екатерины Владиславовны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

03-25-07-95 (4.3)

1	2	3	4	5	Σ
15	20	20	20	13	88

1, 4, 2 Чистовик

$R_1 = 6{,}4\cdot10^4$ км

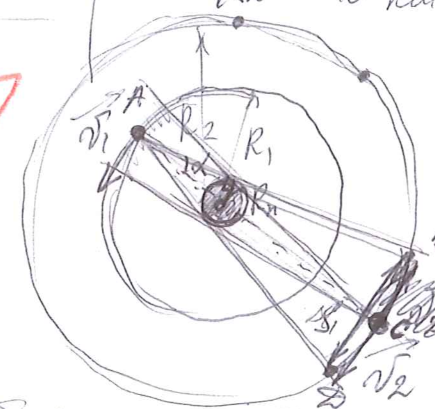
$R_2 = 10^5$ км

$g = 9\ \frac{м}{с^2}$

$\tau - ?$

$F_{тяж} = mg = G\frac{m\cdot M}{R_п^2}$

$$\boxed{R_п = \sqrt{\frac{GM}{g}}}$$



т.к. $R_п \sim 10^3$ км, то $R_п \ll R_1, R_2$

$\to$ в СО одного из кораблей тогда в это СО $v_2 = v_1 + v_2$.

Слепая зона корабля на орбите 1 больше, чем у корабля на орбите 2

для 1-го: Δl_1

$\tau = \frac{\Delta l}{v}$ $\qquad \frac{(R_1+R_2)\cdot 2}{\Delta S_1} = ctg\,\alpha.$ $\quad \sin\alpha = \frac{R_п}{R_1} \ll 1 \Rightarrow$

т.к. $\alpha \ll 1$, то $AB \approx AC$, тогда $\Rightarrow \sin\alpha \approx tg\,\alpha \approx \alpha.$

$\Delta l_1 \approx (R_1+R_2)\cdot 2\alpha$

$\alpha = \frac{R_п}{R_1}$ т.е. $\Delta l_1 \approx (R_1+R_2)\cdot 2\frac{R_п}{R_1}$

Аналогично $\Delta l_2 \approx \frac{(R_1+R_2)\cdot 2R_п}{R_2}$

т.е. слепая зона, когда не могут получить сообщение

длится: $\tau = \frac{\Delta l_2}{v_1+v_2} = \frac{(R_1+R_2)\cdot 2R_п}{(v_1+v_2)\cdot R_2}$

$\frac{ma_{ц}}{R_1} = G\frac{mM}{R_1^2} = m\frac{v_1^2}{R_1}$ $\qquad R_1 = \frac{GM}{v_1^2}$ $\qquad R_2 = \frac{GM}{v_2^2}$

mg

$v_1^2 = \frac{GM}{R_1}$ $\qquad g = \frac{v_п^2}{R_п}$ $\quad R_п =$

$v_2^2 = \frac{GM}{R_2}$ $\qquad$ т.е. $v_1 + v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}} + \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$

это радиусы! а не орбиты!

Восходящие восходы

Кругловые

Полеты!!

Глобально

Чистовик

$$\tau = 2\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)\cdot\frac{\sqrt{\frac{gM}{g}}}{\sqrt{gM}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}}+\frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)} = \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{R_2\sqrt{g}\cdot(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2})} =$$

$$\frac{м^2}{\frac{\sqrt{м}}{с^2}\cdot\sqrt{м}} = \frac{м}{м} = с^2$$

$$= \frac{2\cdot(6{,}4+10)\cdot10^4\cdot10^3\cdot\sqrt{6{,}4\cdot10}\cdot10^4\cdot10^3}{10^5\cdot10^3\cdot3\cdot(10^2\sqrt{6{,}4}+10^2\sqrt{10})} \approx 21\cdot10^3\,с.$$

Ответ: $\approx 21\cdot10^3$ с.

№ 2,5,2

$l = 1$ м
$h = 0{,}45$ м
$T = const$
$p_н = 14{,}5$ кПа
$\rho_0 = 10^3$ кг/м^3
$g = 10$ м/с^2
$p_0 = ?$

$V_0 = lS$ Для воздуха ур-е М-К:

$$p_в V_0 = \nu RT$$

$p_н = p_{нас}$

$p_{in} = p_н + p_в$

т.е. $p_A = p_н + p_в = p_B = p_0$

$$\boxed{p_0 = p_н + \frac{\nu RT}{V_0}}$$

$$V_1 = \left(\frac{l}{2}+h\right)S$$

Для воздуха ур-е М-К:

$$p_в' V_1 = \nu RT \Rightarrow \boxed{\frac{p_в'}{p_в} = \frac{V_0}{V_1} = \frac{l}{\frac{l}{2}+h}}$$

$$p_D = p_C = p_0 + \rho g h$$

$$p_D = p_{in}' = p_в' + p_н \quad \text{т.е.} \quad \boxed{p_0 = p_в' + p_н - \rho g h}$$

$$\begin{cases} p_в = p_0 - p_н \\ p_в' = p_0 + \rho g h - p_н \end{cases} \Rightarrow \frac{p_в'}{p_в} = \frac{l}{\frac{l}{2}+h} = \frac{p_0+\rho g h - p_н}{p_0 - p_н}$$

$$lp_0 - lp_н = \frac{l}{2}p_0 + p_0 h + \frac{l\rho g h}{2} + \rho g h^2 - \frac{p_н l}{2} - p_н h$$

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

$$p_0 = p_н + \frac{\rho g h\left(\frac{l}{2}+h\right)}{\left(\frac{l}{2}-h\right)} = 14{,}5\,кПа + \frac{10^3\cdot10\cdot0{,}45\cdot0{,}95}{0{,}05} =$$

03-25-07-95
(4.3)

Черновик

$= 10^4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{45 \cdot 95}{5} = 10^2 \cdot 9 \cdot 95 + 14{,}5 \cdot 10^3 =$

$14{,}5 \cdot 10^3 + ...$

$= (855 + 145) \cdot 10^2 = 10^5$ Па

95
×9
855
+145
100

Ответ: $p_0 = 100$ кПа.

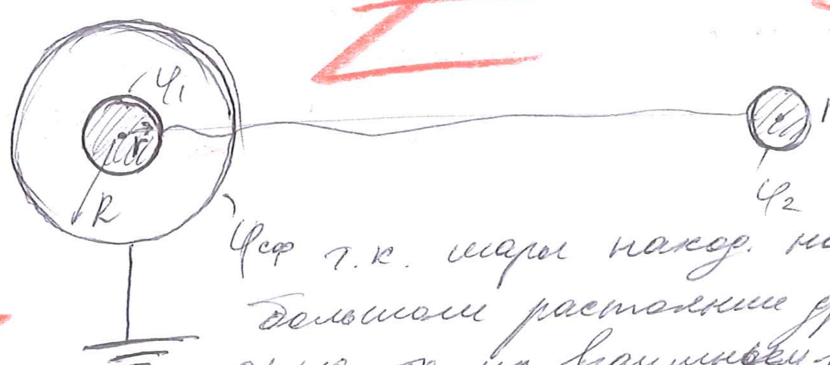
№3

$R = 3$ см

$q_1 = 7{,}5 \cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5 \cdot 10^{-10}$ Кл

$r = ?$



$\varphi_{сф}$ т.к. шары наход. на очень большом расстоянии друг от друга, то их взаимное влияние друг на друга можно пренебречь. (Заряды до соединения q)

Тогда до соединения:

$$\varphi_{сф} = 0 = \frac{kq}{R} + \frac{kQ}{R} \qquad Q = -q.$$

Из ЗСЗ: $q_1 + q_2 = 2q \qquad q = \frac{q_1 + q_2}{2} = 5 \cdot 10^{-10}$ Кл.

После соединения:

$$\varphi_{сф}' = 0 \qquad \varphi_1' = \frac{kq_1'}{r} + \frac{kQ}{R} = \varphi_2' = \frac{kq_2'}{r}$$

$$\varphi_{сф} = 0 = \frac{kq_1'}{R} + \frac{kQ'}{R} \qquad Q' = -q_1'$$

т.е. $\frac{kq_1'}{r} - \frac{kq_1'}{R} = \frac{kq_2}{r} \qquad \frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{q_1'}{R}$

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

Ответ: 2 см.

P.S. Ясно, что итоговый заряд на шаре внутри сферы больше, т.к. по усл. $q > 0$ => на сфере будут индуцироваться отрицательные заряды, которые будут умень-

Чистовик

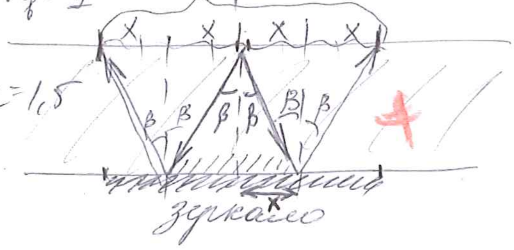
шать итоговый потенциал шара внутри сферы, а значит положит. заряд шара 1 должен быть больше положит. заряда шара 2, на который сторонние тела не оказывают влияние.

№ 4.10.2

$R = 8$ см

$n = 1{,}5$

$h = ?$



$n_0 \sin\alpha = n \sin\beta$

Свет рассеянный ⇒ $\alpha = 90°$

т.е. $n \sin\beta = 1$

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

При отражении от зеркала световые лучи отразятся под тем же углом, что они упали, т.е под углом β. Тогда из равенства образованных треугольников $R = 2x$

$\frac{x}{h} = tg\beta$ т.е. $R = 2h\,tg\beta$ +

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

$\sin\beta = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$ $\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ +

$tg\beta = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$ +

+ $h = \frac{R}{2tg\beta} = \frac{8\sqrt{5}}{2 \cdot 2} = 2\sqrt{5}$ см.

Ответ: $2\sqrt{5}$ см. + 20 число не нужно

№ 5.4.2

$U = 0{,}2$ В

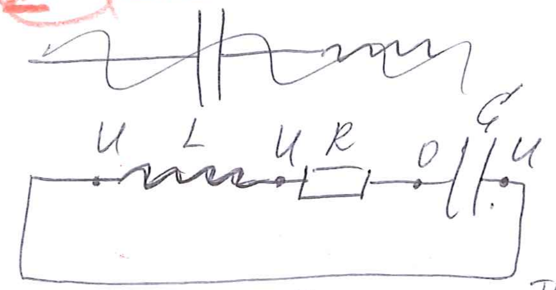
$Q = 0{,}38$ мДж

$\pi = 3{,}14$

$C = 30$ мкФ

$L = 0{,}3$ Гн

$R = ?$



+1

$I = I_m \Rightarrow$

$\dot{I} = 0$ $U_L = \dot{I} L = 0$

тогда используя метод узловых потенциалов расставим потенциалы на картинке.

т.е. $I_m = \frac{U}{R}$ (+1) из ЗСЭ: $A_{ист} = \Delta W + Q$

по усл. $Q \ll W$ $A_{ист} = 0$.

$W_0 = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$ $W_k = \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_1^2}{2}$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ (+1) $P_R = \frac{I_m^2 R}{\sqrt{2}}$ (+1) $I_m = \frac{U}{R}$

−0,5 Чистовик

03-25-07-95 (4.3)

чистовик Теплота на катушке и конденсаторе не выделяется (т.к. они идеальные), тогда $Q = \tau \cdot P_R =$

$= \frac{I_m^2}{\sqrt{2}} \cdot R \cdot 2\pi\sqrt{LC_1} = \frac{U^2}{R\sqrt{2}} \cdot 2\pi\sqrt{LC_1}$

$R = \frac{U^2 \cdot 2\pi\sqrt{LC_1}}{Q\sqrt{2}} \approx \frac{0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{0{,}3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}}{0{,}38 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-3}} =$

$= \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 6{,}28 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{38 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-2}} = \frac{75{,}36 \cdot 10^{-3}}{53{,}2 \cdot 10^{-3}} \approx 1$ Ом.

Ответ: 1 Ом.

62,8 | 14

$38 \times 1{,}4$: 152 + 38 = 53,2

$6{,}28 \times 12$: 1256 + 628 = 75,36

75,36 | 53,2

$\frac{8 \cdot 3{,}14 \cdot 3}{38 \cdot 1{,}4}$

$3{,}14 \times 24$: 1256 + 628 = 75,36

$38 \times 1{,}4$: 152 + 38 = 53,2

Чистовик!

Чистовик

Вывод времени к задаче №5,4,2

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = const$$

$$CU\dot{U} + LI\dot{I} = 0 \qquad U = \frac{q}{C}$$

т.е. $C \cdot \frac{q}{C} \cdot \frac{\dot{q}}{C} + L\dot{q} \cdot \ddot{q} = 0$

диф. ур-е гарм. колеб.

$$L\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0 \qquad \ddot{q}$$

$$\frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega$$

Черновик

$$\frac{(6,4+10)\cdot \cancel{10^4}\cdot \cancel{10^3}\cdot\sqrt{64}\cdot 10^4\cdot 10^3}{10^5\cdot \cancel{10^3}\cdot 3\cdot(\sqrt{6,4}+\sqrt{10})\cdot 10^2} =$$

$$= \frac{2\cdot 16,4\cdot 10^4\cdot\sqrt{10}}{3\cdot(8+10)} = \frac{16,4\cdot 10^4\sqrt{10}}{3\cdot 8} = \frac{10^3\cdot\sqrt{10}\cdot 16,4}{3\cdot 8}\approx$$

$16,4 \,|\, 24$; 0

$164 \,|\, 24$; 6

$$\approx 6,83\cdot 1,4\cdot 2,2\cdot 10^3 \approx 21\cdot 10^3 \text{ с}.$$

$\sqrt{10}\approx 2,2\cdot 1,4$; $24 \times 6 = 144$

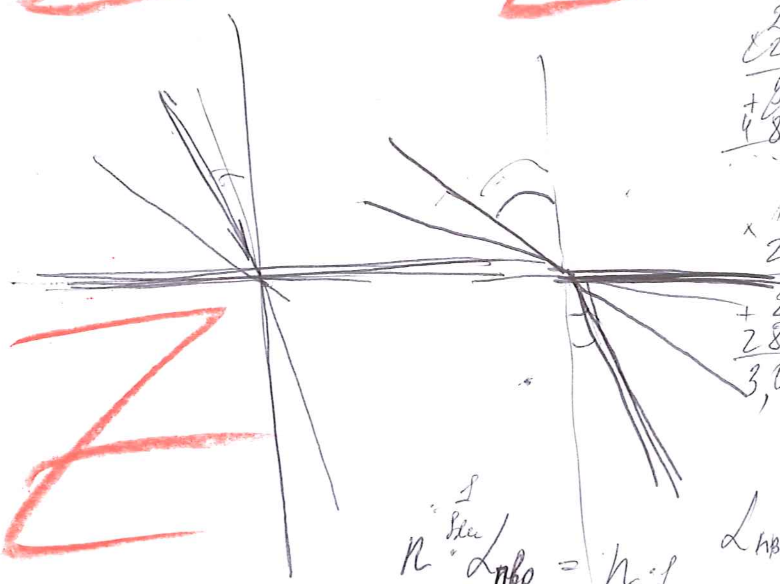
$164 \,|\, 8$; $20,5 \,|\, 3$; 25 ; $6,83\ldots$

$2,2 \times 2,4$; 96 ; 48

$2,2\cdot 1,4$; 10

$1,4 \times 2,2 = 28 + 28 = 3,08$

$6,83 \times 3,08 = 5464 + 2049 = 21,0364$



$n \cdot \sin\alpha_{пво} = n\cdot 1$; $\alpha_{пво} = \frac{1}{n}$

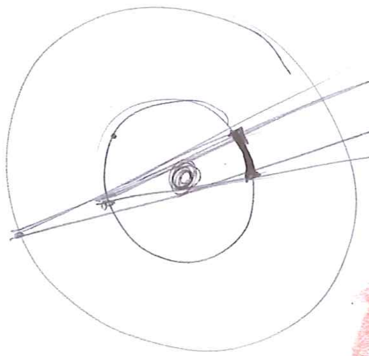
~~$1\cdot \sin\alpha_{пво} = n\sqrt{\ldots}$~~

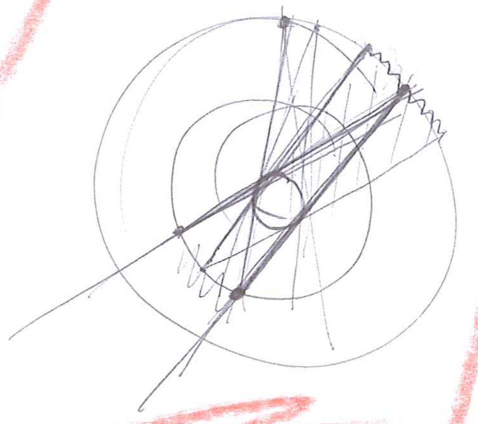
$\frac{n_1}{n_2} =$

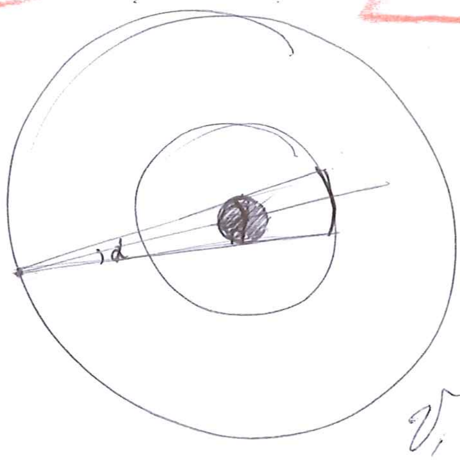
$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$

1.

Черновик







$$\sin\alpha = \alpha = \frac{R_{п}}{R_2}$$

$$\Delta l = (R_1 + R_2)\cdot 2\alpha = \frac{2R_{п}}{R_2}(R_1+R_2)$$

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

$$v_1 + v_2 = \frac{\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}}{\sqrt{R_1R_2}}$$

$$\tau = \frac{2R_{п}}{R_2}\,\frac{(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2})}$$