0 698481 870009

69-84-81-87
(4.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Рябикина Алексея Антоновича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«9» февраля 2024 года

Подпись участника

69-84-81-87 (4.5)

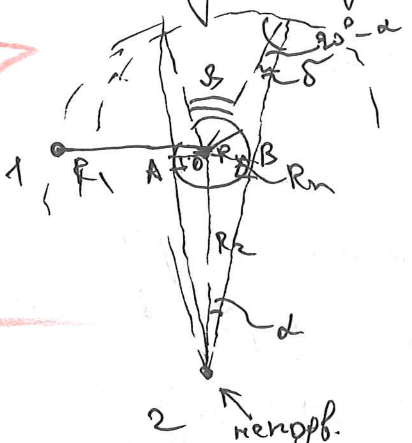
Чистовик

№1.4.2

Перейдём в СО более далёкого от планеты корабля. Понятно что из-за движения кораблей навстречу друг другу их угловые скорости складываются. А значит, „относительный" период — период повторения одинаковых положений кораблей относительно друг друга это: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$ (из $\omega_0 = \omega_1 + \omega_2$)

где S — и есть этот период (в астрономии его называют синодическим). $S = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$.

Нарисуем эту ситуацию.



Пусть радиус планеты — $R_п$. Так как он составляет несколько тысяч километров, то его можно считать ~~...~~ малым относительно R_1 и R_2.

$\sin\alpha = \frac{R_п}{R_2} \Rightarrow \alpha \approx \frac{R_п}{R_2}$ ~~Т.к. α мал, значит AOB практически на одной прямой~~ $\beta = 180^\circ - 2\cdot(90^\circ - \alpha - \delta) = 2(\alpha + \delta)$ $\sin\delta \approx \delta = \frac{R_п}{R_1}$

$\beta = 2\cdot R_п\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$\tau = \frac{S}{2\pi}\cdot\beta$ — время, когда планета перекрывает лазерный луч.

Вспомним третий закон Кеплера: $\frac{T^2 \gamma M}{a^3} = 4\pi^2$ и формулу для уск. свободного падения: $g = \frac{\gamma M}{R_п^2}$. Тогда, $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{g R_п^2}$. В общем случае a — большая полуось орбиты, в нашем случае это просто радиус орбиты. $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{g R_п^2}}$

$$S = \frac{\frac{4\pi^2}{g R_п^2}\cdot R_2 R_1\sqrt{R_1 R_2}}{\frac{2\pi}{\sqrt{g} R_п}\cdot(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2})}$$

продолж. на сл. стр.

Чистовик

№1.4.2 (продолжение)

$$S = \frac{2\Pi R_1 R_2 \sqrt{R_1 R_2}}{R_n \sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2})}$$

~~Подставив в формулу для времени τ:~~

$$\cancel{\tau = \frac{2R_1\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1}+R_2\sqrt{R_2})} = \frac{2\cdot 6{,}4\cdot 10^4\cdot 10^3\sqrt{6{,}4\cdot 10^7\cdot 10^8}}{\sqrt{g}\cdot(6{,}4\cdot 10^4\sqrt{64\cdot 10^6} + 10^8\sqrt{10^8})} = 2257\,с}$$

$$\tau = \frac{2\Pi R_1 R_2\sqrt{R_1R_2}}{R_n\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1}+R_2\sqrt{R_2})}\cdot\frac{R_n}{\Pi}\cdot\frac{R_1+R_2}{R_1R_2} =$$

$$= \frac{2\sqrt{R_1R_2}\,(R_1+R_2)}{\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1}+R_2\sqrt{R_2})} \approx 5785\,с$$

№2.5.2

Изначально давление в трубке было равно давлению атмосферы p_0, причём содержало две „компоненты": сухой воздух и пар.

$$p_0 = p_{св1} + p_{нас}, \quad p_{нас} = p_{п1}$$

Проверим, является ли в конце процесса пар насыщенным? $p_{п1}\cdot l S = p_{п2}\cdot\left(\frac{l}{2}+h\right)S$, где S – площадь трубки.

$$p_{п2} = p_{п1}\cdot\frac{l}{\frac{l}{2}+h} = p_{нас}\cdot\frac{100\,см}{95\,см} > p_{нас}$$

Значит, пар в конце до сих пор насыщенный.

В конце давление в трубке: $p_0 + \rho g h = p_{нас} + p_{св2}$

Для сухого воздуха верен закон Бойля-Мариотта:

$$p_{св1}\cdot l S = p_{св2}\cdot\left(\frac{l}{2}+h\right)S \Rightarrow p_{св2} = p_{св1}\cdot\frac{1}{0{,}45+0{,}5} = \frac{20}{19}p_{св1}$$

см. сл. стр

69-84-81-87 (4.5)

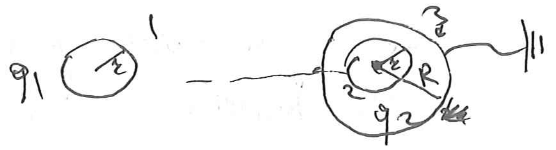
№2.5.2 (продолжение)   чистовик

$$\begin{cases} p_0 = p_{нас} + p_{ев1}\cdot\frac{20}{19} \\ p_0 + \rho g h = p_{нас} + \frac{20}{19} p_{ев1} \end{cases} \Rightarrow p_0 = 19\rho g h + p_{нас} = \boxed{100 кПа}$$

№3.10.2

Так как в задаче не сказано какие заряды скопились на каких именно шарах, разберём оба варианта:

(1)



Заземление означает, что потенциал на шаре 3 равен нулю, то есть $\frac{kq_2}{R} + \frac{kQ}{R} = 0 \Rightarrow Q = -q_2$

То, что шары соединили проводом означает то, что их потенциалы становятся равными.

Удаление шаров 1 и 2 друг от друга говорит о том, что они не влияют на потенциалы друг друга:

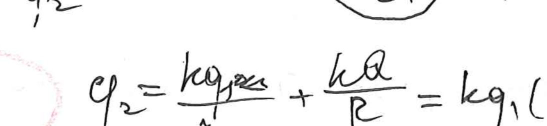
$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r}\ ;\ \varphi_2 = \frac{kq_2}{r} + \frac{kQ}{R} = kq_2\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

$$\frac{kq_1}{r} = kq_2\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

$$\frac{q_1}{r} - \frac{q_2}{r} = -\frac{q_2}{R} \Rightarrow \frac{q_1 - q_2}{r} = -\frac{q_2}{R} \Rightarrow r = R\cdot\frac{q_2 - q_1}{q_2} < 0$$

Значит, такого случая быть не могло.

(2)



Аналогично, $Q = -q_1$

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

$$\varphi_2 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kQ}{R} = kq_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

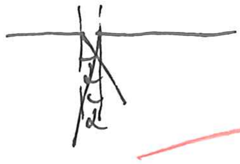
$$q_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) = \frac{q_2}{r}$$

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

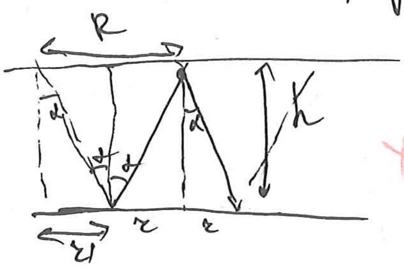
№4.10.2 Чистовик

Рассеянность света означает то, что в отверстие какой-~~либо~~то пучок света попадает под углом преломления в 90° и испытывает явление полного внутреннего отражения.

$$\sin 90° = n\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$$



так как отверстие мало, можно считать, что лучи почти сразу пересекаются и далее идут до дна, попадая на плоское зеркало и образуя пятно на зеркале радиусом $r = h\,tg\alpha$



далее свет отражается от зеркала под углом α

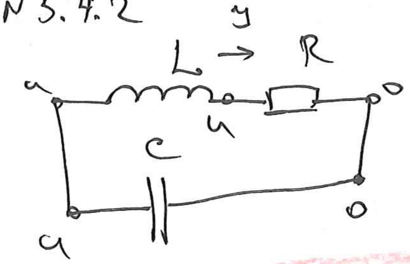
$$r' = h\,tg\alpha$$

$$R = 2h\,tg\alpha \Rightarrow h = \frac{R}{2tg\alpha}$$

$$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

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

№5.4.2



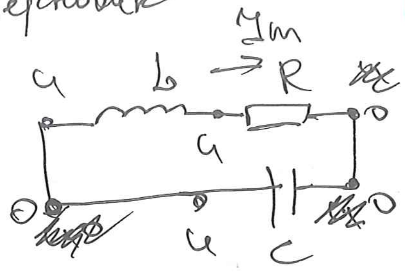
В локальном максимуме тока, напряжение на катушке равно нулю, а значит в данный момент ток

$$I = \frac{U}{R}$$

Понятно, что один период равен $T = 2\pi\sqrt{LC}$, так как колебания слабо затухающие. Будем считать, что всё это время на резисторе постоянная мощность. тогда, $Q = I^2RT = \frac{U^2}{R}T \Rightarrow R = \frac{U^2T}{Q} = \frac{U^2\cdot 2\pi\sqrt{LC}}{Q} \approx \boxed{1 \text{ Ом}}$

Черновик

+1



$\oint J = 0$

$U = I_m R \Rightarrow$

$I_m = \frac{U}{R}$ +4

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

+4

$0{,}3 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 9 \cdot 10^{-6}$

$Q = I^2 R T$?

$Q = \left(\frac{U}{R}\right)^2 \cdot R \cdot T = \frac{U^2}{R} T$

$\frac{0{,}04 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot \cancel{10^{-3}}}{0{,}38 \cdot \cancel{10^{-3}}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 3}{38} =$

$= \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3}{19}$

$3{,}14 \times 6 = 18{,}84$

$18{,}84 : 19 = 0{,}99$

-171

-174

1

Черновик

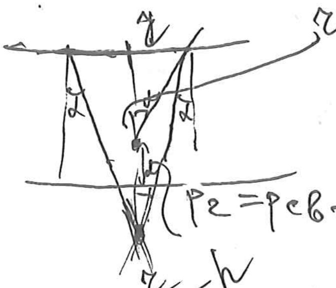
№2.5.2

$p_0 = p_{св_1} + \cancel{p_{нас}}\, n_1$ $= p_{нас}$

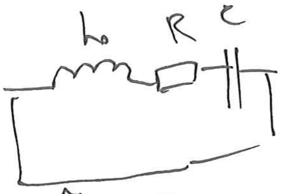
$p_{нас} \cdot L = p_{нг} \cdot (\frac{L}{2} + h)$

$r\,ctg\alpha = \frac{r}{tg\alpha}$ $\quad p_{нг} = p_{нас} \cdot \frac{1}{0{,}95}$

$\frac{r}{tg\alpha} - h$



$p_2 = p_{св_2} + p_{нас} = p_0 + \rho g h$



№3.10.2

$\frac{r}{tg\alpha} - h$

$p_{св_1} \cdot L = p_{св_2} \cdot (\frac{L}{2} + h)$

$h - \frac{r}{tg\alpha} + h = 2h - \frac{r}{tg\alpha}$

$p_{св_1} \cdot 1\,м = p_{св_2} \cdot 0{,}95\,м$

q_1

$p_{св_2} = \frac{20}{19} p_{св_1}$

$\frac{kq_2}{R} + \frac{kQ}{R} = 0 \quad Q = -q_2$

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

$\frac{kq_1}{r}$

$p_0 = p_{св_1} + p_{нас} \quad 1 \cdot \frac{20}{19}$

$10^4 \cdot 0{,}45 = 4500$

$p_0 + \rho g h = \frac{20}{19} p_{св_1} + p_{нас}$

$\boxed{2h\,tg\alpha - r = R}$

$\frac{kq_1}{r} = \varphi_1$

$\varphi_2 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_2}{r} = kq_2(\frac{1}{r} - \frac{1}{R})$

$\frac{20}{19} p_0 = p_{св_1} \cdot \frac{20}{19} + \frac{20}{19} p_{нас}$

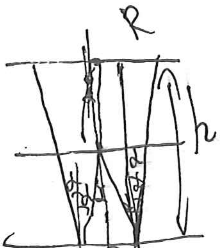
$p_0 + \rho g h = \frac{20}{19} p_{св_1} + p_{нас}$ $\quad \frac{8}{4}$

$kq_2(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}) = kq_1 \cdot \frac{1}{r}$

$\frac{1}{19} p_0 - \rho g h = \frac{1}{19} p_{нас}$

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

$p_0 = 19 \rho g h + p_{нас}$



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

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

$45 \times 19 = 405 + 45 = 855$

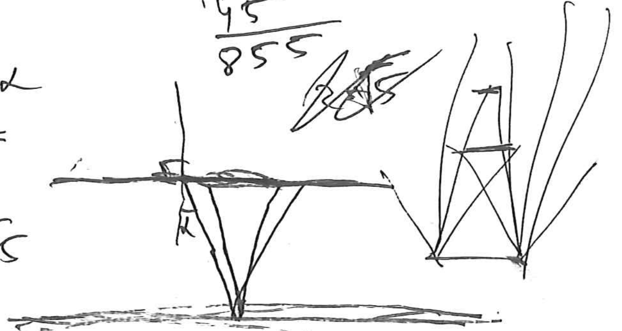
$85500 + 14500 = 100000$

$\sin 90° = n?$

$\sin 90° = 1 = n \sin\alpha$

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

$2\sqrt{5}$



$\sqrt{5\,00\,00\,00\,00} = 2$

4

100

Черновик

$$\frac{2\cdot 6,4\cdot 10^7\sqrt{64\cdot 10^{14}}}{3\cdot(6,4\cdot 10^7\cdot 8\cdot 10^3+10^8\cdot 10^4)} = \frac{2\cdot 6,4\cdot 10^7\cdot 8\cdot 10^7}{3\cdot(8\cdot 6,4\cdot 10^{10}+10^{12})} =$$

$$\sqrt{5'00'00'00} \qquad = \frac{2\cdot 6,4\cdot 8\cdot 10^4}{3(8\cdot 6,4+100)} =$$

$223\cdot 223 = 49729$

$4000+480+56 = 4480+56 = 4500+36$

$164\cdot 16$

$\frac{328}{567}\cdot 10^4$

$151,2\cdot 3 = 453,6$

$\frac{10,2,4\cdot 10^4}{453,6}$

$1000 = 2\cdot 500 = 2\cdot 2\cdot 250 = 2^3\cdot 125$

$$\frac{1024}{4536} = \frac{512}{2268} = \frac{256}{1134} = \frac{128}{567}$$

$443\cdot 3 = 1329$

$4536 : 2 = 2268$, $2268 : 2 = 1134$, $1134 : 2 = 567$

$223\cdot 2 = 4,46$

$\frac{3}{\sqrt5}$ $\quad \frac{2}{\sqrt5}$

$64 = 2^6$

$1512\cdot 3 = 4536$

$1280000 : 567 = 2257$ (ост. 281)

$125+64 = 189$

$189\cdot 3 = 567$

$281\cdot 2 = 562$

$$\frac{2^4\cdot 164\cdot 10^4}{3(2^9+2^3\cdot 125)} = \frac{164\cdot 10^4\cdot 2}{3\cdot(2^6+125)}$$

$$\frac{2\sqrt{6,4\cdot 10^7\cdot 10^8}\,(6,4\cdot 10^7+10^8)}{3\cdot(6,4\cdot 10^7\sqrt{6,4\cdot 10^7}+10^8\sqrt{10^8})} =$$

$$= \frac{2\cdot 8\cdot 10^7\cdot(64\cdot 10^6+10^8)}{3\cdot(6,4\cdot 10^7\cdot 8\cdot 10^3+10^{12})} = \frac{16\cdot 10^7\cdot 10^6(64+100)}{3\cdot(64\cdot 8\cdot 10^9+10^{12})} =$$

$$= \frac{16\cdot 164\cdot 10^{13}}{3\cdot(64\cdot 8\cdot 10^9+10^{12})} = \frac{16\cdot 164\cdot 10^4}{3\cdot(64\cdot 8+1000)} = \frac{16\cdot 164\cdot 10^4}{4536}$$

Черновик

1.4.2

$$\frac{2\cdot 6{,}4\cdot 10^4\cdot 10^3\cdot \sqrt{6{,}4\cdot 10^4\cdot 10^3\cdot 10^5\cdot 10^3}}{\sqrt{g}\cdot (6{,}}$$

$T^2 \frac{M}{a^3} = \frac{4\Pi}{\gamma}$

$90^\circ - \alpha - \frac{R_n}{R_1}$

$180^\circ - 2\left(90^\circ - \frac{R_n}{R_2} - \frac{R_n}{R_1}\right)$

$180^\circ - R_n\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$= 2\cdot$

$\alpha = \arcsin\frac{R_1}{R_2}$

$180^\circ + 2\alpha$

сумма

$9\cdot 10^{-3}$

$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$

$g = \frac{\gamma M}{R_n^2}$

$\sin\alpha = \frac{R_1}{R_2} = \frac{6{,}4\cdot 10^4}{10^5} =$

$= 0{,}64$

$\sin\delta = \frac{R_n}{R_1}$

$\sin\alpha = \frac{R_n}{R_2}$

$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\Pi^2}{\gamma M} = \frac{4\Pi^2}{g R_n^2}$

$\sqrt{30000} = 1{,}73$

$1{,}73$, $0{,}8$, $11\,00$

$\cos\delta = \frac{R_n}{R_1} = \frac{10\cdot 10^3}{6{,}4\cdot 10^4} =$

$= \frac{10}{64} =$

$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\Pi^2}{g R_n^2}$

$\alpha = \frac{R_n}{R_2}$

$= \frac{5}{32} \ll 1$?

$\frac{15}{96}$

$\frac{R_n}{R_1} = \cos\delta$

$R_n =$

сумма: $360^\circ - 2\cdot(90^\circ - \alpha) =$

$= 180^\circ + 2\alpha$

$\cos\delta = \frac{R_n}{R_1}$

$$\tau = \frac{R_n}{\Pi R_2}\cdot \frac{2\Pi R_2 R_1 \sqrt{R_1 R_2}}{R_n\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2})}\,2\alpha \;?$$

$\tau = S\cdot\frac{\text{угол}}{2\Pi}$

$S = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$

$$\frac{2R_1\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2})} = S\cdot\frac{2\alpha}{2\Pi} = \frac{S}{\Pi}\cdot\frac{R_n}{R_2} =$$

$$= \frac{R_n}{\Pi R_2}\cdot \qquad \frac{м^2\cdot c}{м^{1/2}\cdot м^{3/2}}$$

$T_1 = \sqrt{\frac{4\Pi^2}{g R_n^2}\cdot R_1^3}$

$T_2 = \sqrt{\frac{4\Pi^2}{g R_n^2}\cdot R_2^3}$

$$S = \frac{\frac{4\Pi^2}{gR_n^2}\sqrt{R_2^3R_1^3}}{\sqrt{\frac{4\Pi^2}{gR_n^2}}\left(\sqrt{R_1^3} + \sqrt{R_2^3}\right)} = \frac{\frac{4\Pi^2}{gR_n^2} R_2R_1\sqrt{R_1R_2}}{\frac{2\Pi}{\sqrt{g}R_n}\left(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2}\right)} = \frac{2\Pi R_2R_1\sqrt{R_1R_2}}{R_n\sqrt{g}\,(R_1\sqrt{R_1} + R_2\sqrt{R_2})}$$