0 547902 550009

54-79-02-55
(4.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 2

Место проведения Москва
город

дешифр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Ахмедовой Сабины Эльмаровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 14:53 Кон
вход 14:57 Кон

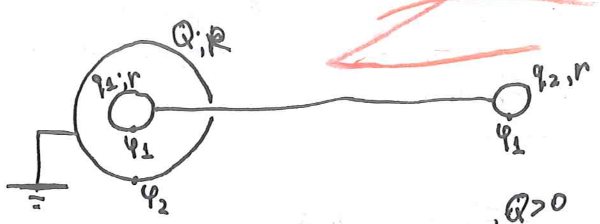
Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

54-79-02-55
(4.3)

Задача № 3,10,2



потенциалы шаров равны, т.к. они соединены проводом, система пришла в равновесие, тока нет.

+

, Q>0

Пусть заряд оболочки равен Q, потенциал маленьких шаров – φ_1, потенциал оболочки – φ_2. Предположим, что заряд шара внутри заземл. сферы – q_1, а шара снаружи – q_2

1) $\varphi_2 = 0$, т.к. оболочка заземлена

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{R} = 0 \Rightarrow Q = -q_1$$

$$\varphi_1 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{r} \quad \text{– для шара 1}$$

$$\varphi_1 = \frac{kq_2}{r} \quad \text{– для шара 2}$$

$$\frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{r} \quad | \cdot Rr$$

$$kQr + kq_1R = kq_2R$$

$$Qr + q_1R = q_2R$$

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

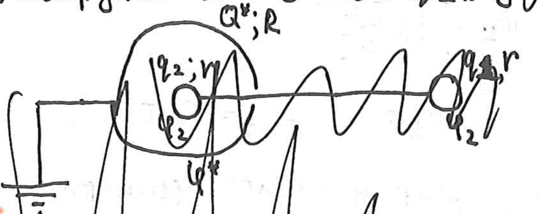
$$r = \frac{R(q_2-q_1)}{-q_1}$$

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

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

~~$r = 3см \cdot \left(1 - \frac{7{,}5\cdot10^{-10}Кл}{2{,}5\cdot10^{-10}Кл}\right)$ $r = 3см(1-3) < 0$ – предположение неверно~~

~~r < 0, сл. предположение неверно. Заряд шара внутри оболочки – q_2, а снаружи оболочки – q_1. Пусть заряд оболочки равен Q^*, $Q^* > 0$~~



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

$$r = 3см\left(1 - \frac{2{,}5\cdot10^{-10}Кл}{7{,}5\cdot10^{-10}Кл}\right)$$

~~1) $\varphi^* = \frac{kQ^*}{R} + \frac{kq_2}{R} = 0$, т.е. $Q^* = -q_2$~~

~~$\varphi_2 = \frac{kQ^*}{R} + \frac{kq_2}{r}$ – для шара внутри оболочки~~

~~$\varphi_2 = \frac{kq_1}{r}$ – для шара снаружи от оболочки~~

~~$\frac{kQ^*}{R} + \frac{q_2}{r} = \frac{q_1}{r}$~~

~~$Q^*r = (q_1 - q_2)R$~~

~~$r = \frac{(q_1-q_2)R}{Q^*}$~~

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

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

$$r = 3см\left(1 - \frac{1}{3}\right)$$

$$r = 3см \cdot \frac{2}{3}$$

$$r = 2см$$

$\boxed{\text{Ответ: радиус шаров r равен 2 см.}}$

+

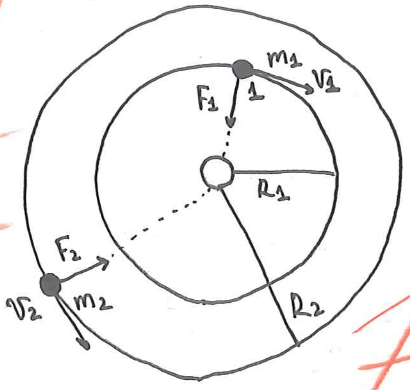
1	2	3	4	5	Σ
9	20	20	14	20	83

восемьдесят три

Задача № 1,4,2

1) $mg = \gamma \frac{mM}{R^2}$, где M; R – радиус и масса планеты

$$\boxed{g = \gamma \frac{M}{R^2}}$$



$$F_1 = \gamma \frac{m_1 M}{R_1^2} = m_1 a_1$$

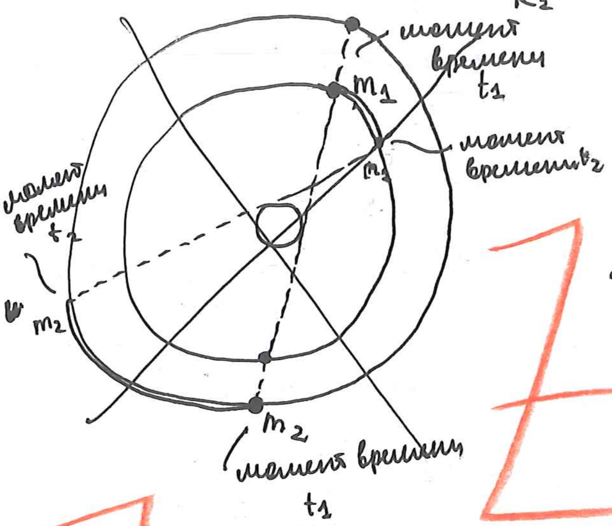
$$a_1 = \gamma \frac{M}{R_1^2} \qquad a_1 = \underbrace{\frac{\gamma M}{R^2}}_{g} \cdot \frac{R^2}{R_1^2}, \text{ т.е.}$$

$$\underline{a_1 = g \cdot \frac{R^2}{R_1^2}} \qquad a_1 = \omega_1^2 R_1, \ \omega_1 = \sqrt{\frac{a_1}{R_1}}$$

$$\underline{\omega_1 = \sqrt{\frac{gR^2}{R_1^3}}}$$ (+)

$$F_2 = \gamma \frac{m_2 M}{R_2^2} = m_2 a_2 \Rightarrow \underline{a_2 = g\left(\frac{R}{R_2}\right)^2}$$

$$~~\omega_2~~ \ a_2 = \omega_2^2 R_2 \qquad \omega_2^2 = \frac{a_2}{R_2} = \frac{gR^2}{R_2^3}, \text{ т.е. } \underline{\omega_2 = \sqrt{\frac{gR^2}{R_2^3}}}$$



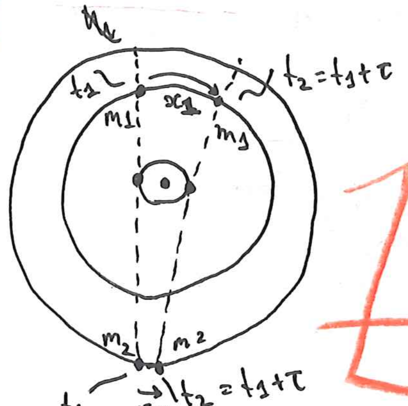
$$\left[\begin{array}{l} a_1 = g \frac{R^2}{R_1^2} \\ a_2 = g \frac{R^2}{R_2^2} \end{array}\right.$$

$$\frac{v_1^2}{R_1} = a_1 \qquad v_2 = \sqrt{g\frac{R^2}{R_2}}$$

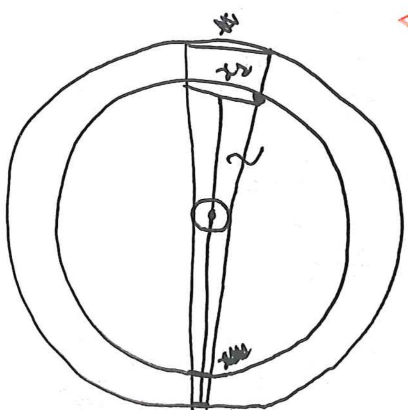
$$v_1^2 = a_1 R_1$$

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

$$x_1 = v_1 \tau \qquad x_2 = v_2 \tau$$



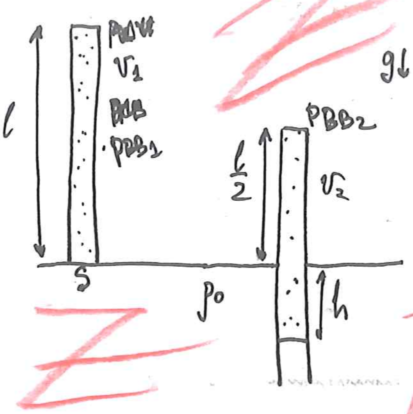
Т.к. размер планеты примерно в 100 раз меньше диаметров орбит, то время τ – маленькое, а дуги x_1 и x_2 можно считать отрезками прямых.



54-79-02-55
(4.3)

(М) дешифр

Задача № 2,5,2



1) $\underbrace{p_{вв1}}_{\text{давление вл. воздуха вначале}} = \overbrace{p_{св1}}^{\text{давление с. воздуха}} + \underbrace{p_{нас}}_{\text{давление пара}} = p_0$

$p_{нас} l S = \nu_1 RT$, где ν_1 – кол-во в-ва пара вначале

2) $p_{вв2} = p_{св2} + p_{нас}$

$\underbrace{p_{св1} = p_0 - p_{нас}}$ $\qquad p_{вв2} = p_0 + \rho_0 g h$, т.е.

$p_{св2} = p_{вв2} - p_{нас}$

$\underbrace{p_{св2} = p_0 + \rho g h - p_{нас}}$

Для сухого воздуха верен закон Бойля - Мариотта, т.к. его кол-во в-ва неизменно.

$p_{св1} V_1 = p_{св2} V_2 \qquad V_1 = lS \quad V_2 = (\frac{l}{2} + h)S$

пусть $p = p_0 - p_{нас}$

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

$p l S = (p + \rho_0 g h)(\frac{l}{2} + h) S$

$p l = \frac{pl}{2} + ph + \rho_0 g h (\frac{l}{2} + h)$

$p(l - \frac{l}{2} - h) = \rho_0 g h (\frac{l}{2} + h)$

$p(\frac{l}{2} - h) = \rho_0 g h (\frac{l}{2} + h)$

$p = \rho_0 g h \left(\frac{l/2 + h}{l/2 - h}\right)$

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

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

Расчёты:

$\frac{1}{2}l + h = 50см + 45см = 95см$ $\qquad \frac{95}{5} = \frac{50}{5} + \frac{45}{5} = 10 + 9 = 19$

$\frac{1}{2}l - h = 50см - 45см = 5см$

$\rho_0 \cdot g h = 10^3 кг/м^3 \cdot 10м/с^2 \cdot 0{,}45м = 10^3 \cdot 4{,}5 = 10^2 \cdot 45 = 10^1 \cdot 450 =$

4500 $\quad \rho_0 g h = 4{,}5кПа$

$\rho_0 g h \cdot \left(\frac{1/2 l + h}{\frac{1}{2}l - h}\right) = 4{,}5кПа \cdot 19 = 85{,}5кПа$

45×19: 405, 45, 855

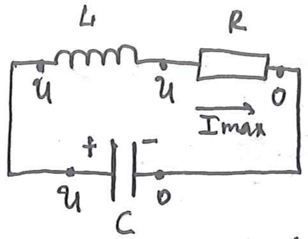
$p_0 = 14{,}5кПа + 85{,}5кПа = 100кПа = 10^5 Па = 1атм$

$855 + 145 = 1000$

Ответ: $p_0 = 100кПа$.

54-79-02-55 (4.3)

Задача № 5,4,2



метод потенциалов

1) Рассмотрим момент времени $t_0 = 0$ в котором

$I_0 = I_{max}$, $I_0' = 0$

$U_L = LI' = 0$

$I_{max_0} = \frac{U-0}{R} = \frac{U}{R}$ +4

$W(t_0) = 0 + \frac{CU^2}{2}$ $\underline{W(t_0) = \frac{CU^2}{2}}$

Промежуточный момент времени t

ЗСЭ за короткий период времени, за который можно пренебречь выделением тепла на резисторе.

$\frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = const$ $\quad const' = 0$

$\left(\frac{LI^2}{2}\right)' = L \cdot \dot{I} \cdot I = L\dot{q}\ddot{q}$ $\quad L\dot{q}\ddot{q} + \frac{\dot{q}q}{C} = 0$

$\left(\frac{q^2}{2C}\right)' = \frac{1}{2C} \cdot 2q \cdot \dot{q} = \frac{\dot{q}q}{C}$ $\quad \ddot{q} + \frac{q}{LC} = 0$ − дифф. ур-ие колебаний

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $\underline{T = 2\pi\sqrt{LC}}$ +4

$\cancel{Q_R = R\Sigma I^2(t)dt}$ $\quad Q_R = R\Sigma I^2(t)\Delta t$ +4 за момент времени T

$I = \cancel{I_{max}\sin}\ I_{max}\cos(\omega t)$

$Q = R\int_0^T I^2(t)dt$ $\quad Q = R\int_0^T I_{max}^2 \cos^2(\omega t)dt$ $\quad \cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$

$Q = RI_{max}^2 \int_0^T \cos^2(\omega t)dt$

$\int_0^T \cos^2(\omega t)dt = \int_0^T \frac{1+\cos(2\omega t)}{2}dt = \frac{1}{2}\int_0^T (1+\cos(2\omega t))dt = \frac{1}{2}\left(T + \frac{1}{2\omega}\sin(2\omega t)\right)\Big|_0^T$

$2\omega T = 2\omega \cdot \frac{2\pi}{\omega} = 4\pi$

$\int_0^T \cos^2(\omega t)dt = \frac{1}{2}\left(T + \frac{1}{2\omega}\cdot\overset{=0}{\sin(4\pi)}\right) - \frac{1}{2}\left(0 + \frac{1}{2\omega}\cdot\sin(0)\right) = \frac{1}{2}T$

$Q = RI_{max}^2 \cdot \frac{1}{2}T = \frac{RI_{max}^2 T}{2} = \frac{R \cdot U^2}{2R^2} \cdot T = \frac{U^2 T}{2R}$

$3{,}14 \times 12 = 37{,}68 \approx 38$

$Q = \frac{U^2T}{2R}$ $\quad 2RQ = U^2T$ $\quad T = 2\pi\sqrt{LC}$ $\quad 0{,}04 = 4 \cdot 10^{-2}$

$\left[R = \frac{U^2T}{2Q} = \frac{U^2 \cdot \pi\sqrt{LC}}{Q}\right]$ +5

Расчёты: $\sqrt{LC} = \sqrt{0{,}3\text{Гн} \cdot 30 \cdot 10^{-6}\text{Ф}} = \sqrt{9 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^{-3}$

$U^2 = 0{,}04$ $\quad Q = 0{,}38 \cdot 10^{-3} = 3{,}8 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-3} = 3{,}8 \cdot 10^{-4}$

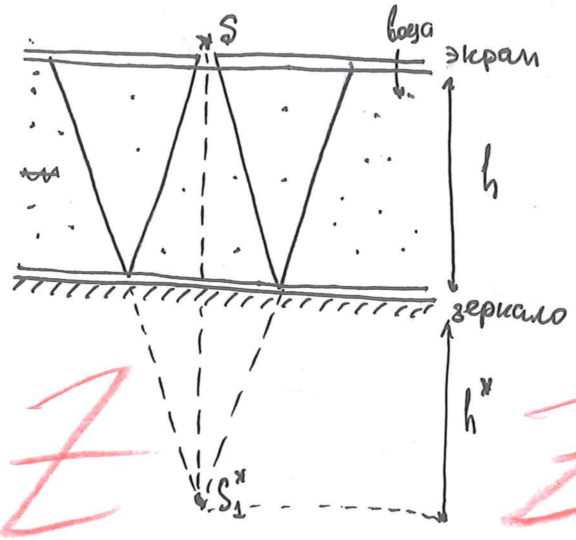
$\left[R = \frac{0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{3{,}8 \cdot 10^{-4}} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-5}}{3{,}8 \cdot 10^{-4}} \approx \frac{38 \cdot 10^{-5}}{3{,}8 \cdot 10^{-4}} = \frac{38 \cdot 10^{-5}}{38 \cdot 10^{-5}} = 1\ \text{Ом}\right]$

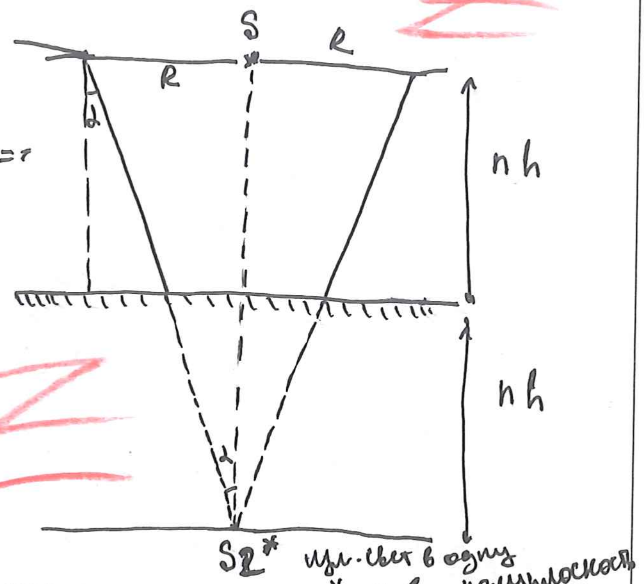
Ответ: R = 1 Ом. +2

Задача № 4,10,2

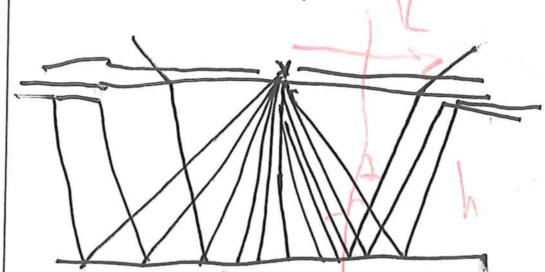
$$\begin{array}{r|l} 87 & 3 \\ -6 & 29 \\ 27 & \end{array}$$

рисунок 1





Отверстие в экране равносильно точечному источнику. В воду проникают все лучи от источника, т.к. $n_{воды} = n = 1,5 > n_{возд} = 1$. Однако, при пересечении границы раздела сред часть лучей испытает полное внутр. отражение, поэтому радиус ~~кольц~~ пятна конечен.



схематичный рисунок

рисунок 2

Пусть на рисунке 1 изображен ход луча, имеющ. макс. угол с нормалью к поверхности, при этом не испыт. полное внутр. отражение

$$n\sin\alpha = 1\cdot\sin\frac{\pi}{2}$$

$$n\sin\alpha = 1, \quad \sin\alpha = \frac{1}{n}, \quad \left[\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{1}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2-1}}{n}\right]$$

$$\frac{R}{2\cdot n\cdot h} = \operatorname{tg}\alpha$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{1}{n}\cdot\frac{n}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$$

$1,25 \approx 1,21$, см.

$\sqrt{1,25} \approx 1,1$

$$h = \frac{R}{2n\cdot\operatorname{tg}\alpha} \qquad \left[h = \frac{R\sqrt{n^2-1}}{2n}\right]$$

$$h = \frac{8см\cdot\sqrt{2,25-1}}{2\cdot 1,5} = \frac{8см\cdot\sqrt{1,25}}{3} \approx \frac{8см\cdot 11}{10\cdot 3} \approx \frac{88}{30} \approx 2,9см$$

14