МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

вариант № 6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ (11 класс)

МАТЮХИН НИКИТА ДМИТРИЕВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	**Σ**
В	**4**	**5**	**4**	**4**	**97**
З	**20**	**20**	**20**	**20**	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 97 (девяносто семь)

Чистовик.

Задание 2.

Вопрос.

При данной температуре давление насыщенного пара $p_{н.п.}$ (при $T = 373K$) $\approx 10^5$ Па (1 атм.) $p_0 = 0,4$ атм. (по усл.)

Т.к. $T = const$, то $p(V) = \frac{\alpha}{V} \Rightarrow \frac{p_{нач.}}{p_0} = \frac{V_1}{V_2} = 3$

$p_{нач.} = 3p_0 = 1,2$ атм.

Но $p_{нач.} > p_{н.п.}$ (при $T = 373K$) $\Rightarrow$ часть пара будет конденсироваться до тех пор, пока $p_{конеч.}$ не станет равным $p_{н.п.}$

Ответ: $p_{конеч.} = p_{н.п.}$ (при $T = 373K$) $= 1$ атм. $\approx 10^5$ Па

Задача.

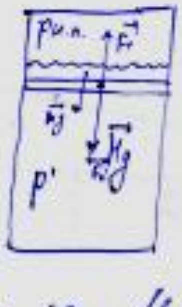
Дано: $M; S; p; T; \mu; z; R; g;$

$\frac{|Q_n|}{|Q_{не}|}$?

Решение:

I:

II:



1) $pS = p_{н.п.}S + Mg$ (II з-Н)

2) $m_{конденсата} \ll M \Rightarrow p = p' \Rightarrow p = const$

3) $|Q_{не}| = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A$; $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$

$|Q_{не}| = \frac{3}{2}p\Delta V + p\Delta V = \frac{5}{2}p\Delta V$

4) $\begin{cases} p_{н.п.}V = \nu RT \\ p_{н.п.}(V - \Delta V) = (\nu - \Delta\nu)RT \end{cases} \Rightarrow p_{н.п.}\Delta V = \Delta\nu RT$

$\Delta\nu = \frac{p_{н.п.}\Delta V}{RT}$

5) Из п. 1) $p_{к.п.} = \frac{pS - Mg}{S}$

6) $|Q_п| = 2m_{водорода} = 2\mu_0 \nu = 2\mu \cdot \frac{p_0 V}{RT} \cdot \frac{pS - Mg}{S}$

$|Q_п| = \frac{2\mu_0 V(pS - Mg)}{RTS}$

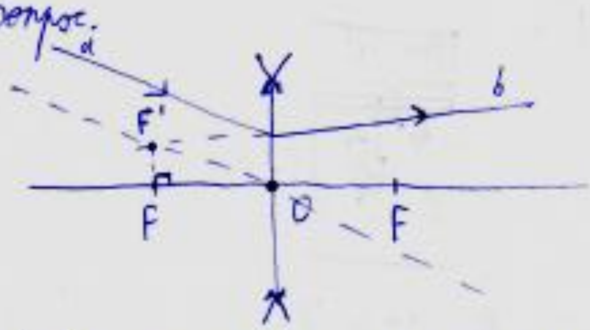
7) $\frac{|Q_п|}{|Q_{не}|} = \frac{2\mu_0 \cancel{V}(pS - Mg)}{RTS} \cdot \frac{2}{5p_0\cancel{V}}$

$\frac{|Q_п|}{|Q_{не}|} = \frac{2\mu 2(pS - Mg)}{5pRTS}$

Ответ: $\frac{|Q_п|}{|Q_{не}|} = \frac{2\mu 2(pS - Mg)}{5pRTS}$

Задание 4.

Вопрос.



1) Через оптический центр линзы O проводим прямую, параллельную падающему на линзу лучу a. Данная прямая является побочной оптической осью линзы.

2) Из переднего фокуса F проводим перпендикуляр к главной оптической оси линзы.

3) Точка пересечения побочной оптической оси линзы и проведённого перпендикуляра является побочным фокусом линзы F'.

4) Через побочный фокус F' и точку преломления луча а проводим прямую.

5) Из точки преломления луча а проводим за линзой преломлённый луч b параллельно проведённой в пункте 4) прямой.

Таким образом получим b – продолжение произвольного параксиального луча, падающего на поверхность тонкой рассеивающей линзы.

Задача.

Дано:

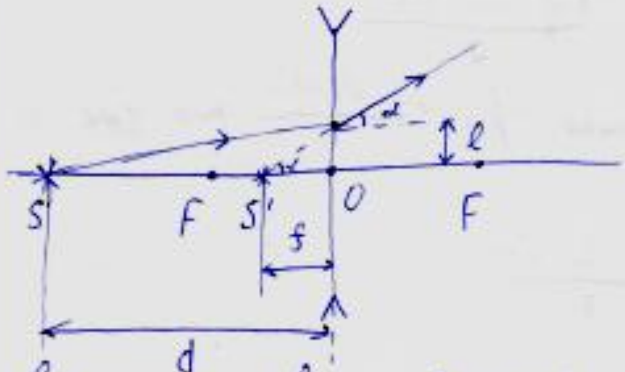
$l = 2$ см

$\alpha = 6°$

$F = 25$ см

$d - ?$

Решение:



1) $tg\,\alpha = \frac{l}{f} \Leftrightarrow f = \frac{l}{tg\,\alpha} = l\,ctg(\alpha)$

2) $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$ (тонкая рассеивающая линза)

$$\frac{1}{d} = \frac{F-f}{Ff}; \quad d = \frac{Ff}{F-f} = \frac{F\,l\,ctg(\alpha)}{F - l\,ctg(\alpha)}$$

~~α малый угол ⇒ $\alpha_{рад} = tg\,\alpha$; $tg\,\alpha = \frac{6°\cdot\pi}{180°} = \frac{\pi}{30}$ рад~~

$$\cancel{d = \frac{50\,см^2\cdot\frac{30}{\pi}\,рад^{-1}}{25\,см - 2\,см\cdot\frac{30}{\pi}\,рад^{-1}} = \frac{1500\cdot\pi}{\pi\cdot(25\pi - 60)} = \frac{1500}{25\pi - 60}\ см}$$

$$d = \frac{50\,ctg(6°)}{25 - 2\,ctg(6°)}\ см \leftarrow \text{Ответ}$$

Задание 3.

Вопрос.

Т.к. $U(t) = \alpha t + U_0$

$$A = \frac{1}{t}\int_t^0 q\,U(t)\,dt = \frac{q}{t}\left(\frac{\alpha t^2}{2}\right)\Big|_t^0 = \frac{q}{t}\left(\frac{U_0 t - U_1 t}{2}\right) =$$

$$= \frac{q(U_0 - U_1)}{2}$$

$$A = Q \Rightarrow Q = \frac{q(U_0 - U_1)}{2}$$

Также можно объяснить $A = \frac{q(U_0 - U_1)}{2}$ тем, что $U(t)$ зависит линейно.

Ответ: $Q = \frac{q(U_0 - U_1)}{2}$

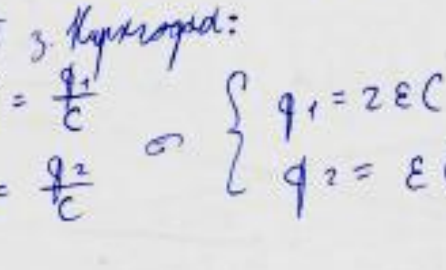
Задача.

Дано:
$C = 10^{-6}$ Ф
$\varepsilon = 12$ В
$n = 3$

Q_R - ?

Решение:

I:

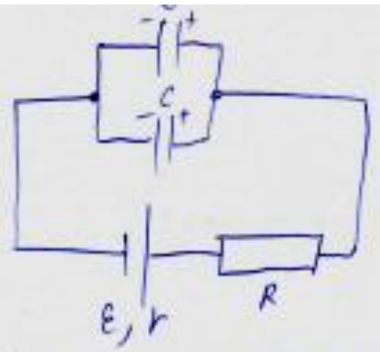


Ток отсутствует.

По II з. Кирхгофа:

1) $\begin{cases} 2\varepsilon = \frac{q_1}{C} \\ \varepsilon = \frac{q_2}{C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 2\varepsilon C \\ q_2 = \varepsilon C \end{cases}$

II :



Ток отсутствует, режим установился

2) $C' = 2C$ (параллельное соединение)

$q' = 2C\varepsilon$

3) $\Delta q = q_1 + q_2 - q'$ (З.С.З.)

$\Delta q = 3C\varepsilon - 2C\varepsilon = C\varepsilon$

4) (по З.С.Э.):

$$\frac{4C^2\varepsilon^2}{2C} + \frac{C^2\varepsilon^2}{2C} = \Delta q\varepsilon + Q + \frac{4C^2\varepsilon^2}{2C}$$

$$Q = \frac{5C\varepsilon^2 - 2C\varepsilon^2}{2} - C\varepsilon^2 = \frac{3C\varepsilon^2 - 2C\varepsilon^2}{2} = \frac{C\varepsilon^2}{2}$$

5) Мгновенно:

$$\begin{cases} \Delta Q_R = I^2 R \Delta t \\ \Delta Q_r = I^2 r \Delta t \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta Q_R}{\Delta Q_r} = \frac{R}{r} \Rightarrow Q_r = Q_R \frac{r}{R} = Q_R \frac{1}{n}$$

6) $Q_R\left(1 + \frac{1}{n}\right) = \frac{C\varepsilon^2}{2} \Rightarrow Q_R = \frac{nC\varepsilon^2}{2(n+1)}$

$$Q_R = \frac{3 \cdot 10^{-5}\,Ф \cdot 12^2\,В}{2(3+1)} = \frac{3}{8} \cdot 144 \cdot 10^{-5}\,Дж = 5{,}4 \cdot 10^{-5}\,Дж$$

Ответ: $Q_R = 5{,}4 \cdot 10^{-6}$ Дж

Задание 1.

Задача.

Дано:

$\omega_1 = 7$ рад/с

$l = 37$ см

$d = 24$ см

$T_1 = 49$ Н

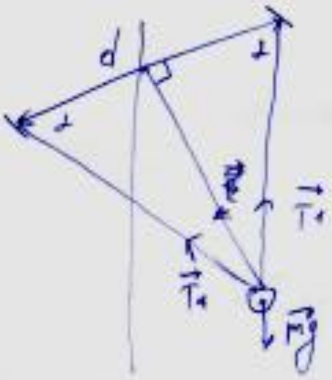
$\omega_2 = 6$ рад/с

$\omega_3 = 5$ рад/с

$T_2, T_3 - ?$

Решение:

$g \approx 9{,}8$ м/с²



$\alpha = const$

Энергия вращения стержней не учитывается, т.к. их масса равна нулю.

1) $\cos\alpha = \frac{0{,}5d}{L} = \frac{12}{37}$

2) $\begin{cases} m a_n = R \sin\beta \ (\text{II з. Н.}) \\ R = 2T_1 \sin\alpha; \\ a_n = \omega_1^2 r = \omega_1^2 \sqrt{l^2 - \frac{d^2}{4}} \sin\beta \end{cases}$

3) $m\omega_1^2 \sqrt{L^2 - \frac{d^2}{4}} \cancel{\sin\beta} = 2T_1 \sqrt{1-\cos^2\alpha}\, \cancel{\sin\beta}$

4) Аналогично с предыдущим:

$m\omega_2^2 \sqrt{l^2 - \frac{d^2}{4}} = 2T_2\sqrt{1-\cos^2\alpha}$

5) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} = 49 \cdot \frac{36}{49}$ Н $= 36$ Н

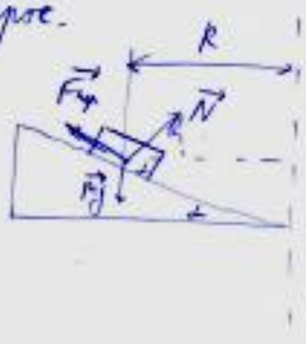
6) Аналогично:

$m\omega_3^2\sqrt{l^2 - \frac{d^2}{4}} = 2T_3\sqrt{1-\cos^2\alpha}$

7) $\frac{T_1}{T_3} = \frac{\omega_1^2}{\omega_3^2} \Rightarrow T_3 = T_1\frac{\omega_3^2}{\omega_1^2} = 49 \cdot \frac{25}{49}$ Н $= 25$ Н

Ответ: $T_2 = 36$ Н, $T_3 = 25$ Н.

Вопрос.



$R_{закр.} = 40 м$
$\upsilon = 30 м/с$
$g = 10 м/с^2$
$\mu = 1$

α - ?

$$\begin{cases} m a_н = N \sin\alpha - F_{тр} \cos\alpha \ (\text{II з. Н}) \\ mg \sin\alpha = N \ (\text{I з. Н}) \\ F_{тр} = \mu N \end{cases}$$

μ сразу заменим единицей.

$$\cancel{m} \frac{\upsilon^2}{R} = \cancel{m} g \sin^2\alpha - \cancel{1}\, \cancel{m} g \sin\alpha \cos\alpha$$

Автомобиль не пройдёт поворот в том случае, если $R > R_{закр.}$

Значит, min α при $\frac{\upsilon^2}{R_{закр.}} = g \sin^2\alpha - g \sin\alpha \cos\alpha$

$$\cancel{\frac{\upsilon^2}{g R_{закр.}} = \sin^2\alpha - \sin\alpha \sqrt{1 - \sin^2\alpha}}$$

$$\frac{2\upsilon^2}{g R_{закр.}} = 2\left(\frac{1 - \cos 2\alpha}{2}\right) - \sin 2\alpha$$

$$\frac{2\upsilon^2}{g R_{закр.}} = 1 - \cos 2\alpha - \sin 2\alpha$$

$$\sin 2\alpha + \cos 2\alpha = \frac{g R_{закр.} - 2\upsilon^2}{g R_{закр.}}$$

$$\sqrt{2} \sin(45° + 2\alpha) = \frac{10 \cdot 40 - 2 \cdot 30^2}{10 \cdot 40} = -\frac{1400}{400} = -\frac{7}{2}$$

$$\sin(45° + 2\alpha) = -\frac{7\sqrt{2}}{4} \Rightarrow \frac{\upsilon^2}{R_{закр.}} > g \sin^2\alpha - g \sin\alpha \cos\alpha$$

min $\alpha = 90°$