0 958387 330008

95-83-87-33
(1.7)

Вышла 15⁵³
Вернулась 15⁵⁶

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Ерановой Марты Витальевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

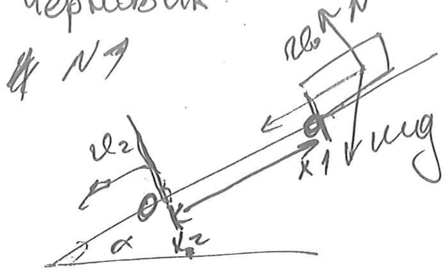
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

95-83-87-33 (1.7)

№	1	2	3	4	5	Σ
	10	20	20+5	20+5	1	81

Черновик:

№1



по II з. Ньютона:

$ma = mg\sin\alpha$

$$\begin{cases} b = v_0\tau_1 + \dfrac{a\tau_1^2}{2} \quad (1) \\ b = v_2\tau_2 + \dfrac{a\tau_2^2}{2} \quad (2) \end{cases}$$

Дано:
$\sin\alpha = 0{,}5$
$b = 0{,}1$
$\tau_1 = 2,\ \tau_2 = 1$
$g = 10$

$$\times\begin{array}{r}255\\2\\\hline 0{,}510\end{array}$$

$(1) \Rightarrow v_0 = \dfrac{b - \dfrac{a\tau_1^2}{2}}{\tau_1} = \dfrac{b}{\tau_1} - \dfrac{a\tau_1}{2}$

$(2) \Rightarrow v_2 = \dfrac{b}{\tau_2} - \dfrac{a\tau_2}{2}$

$x_1 - x_2:\ \tau = \dfrac{v_2 - v_0}{a}$, $a\tau = \Delta v$.

$$\tau = \frac{1}{g\sin\alpha}\left(\frac{b}{\tau_2} - \frac{g\sin\alpha\,\tau_2}{2} - \frac{b}{\tau_1} + \frac{g\sin\alpha\,\tau_1}{2}\right)$$

$$\tau = \frac{1}{5}\left(\frac{0{,}1}{1} - \frac{10\cdot 1}{4} - \frac{0{,}1}{2} + \frac{10\cdot 2}{4}\right) =$$

$= \dfrac{1}{5}\left(0{,}1 - 2{,}5 - 0{,}05 + 5\right) = \dfrac{1}{5}\left(2{,}5 + 0{,}05\right) =$

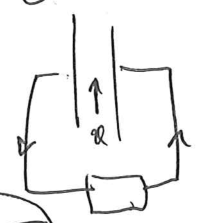
$= \dfrac{2{,}55}{5}$ ← внимание! могла не сосчитать нормально

$\dfrac{5{,}1}{10} = 0{,}51\ c$

$$\begin{array}{r|l}2550 & 500\\ -2500 & 0{,}51\\ \hline 500 & \end{array}$$

$$\times\begin{array}{r}2{,}55\\0{,}2\\\hline 0{,}510\end{array}$$

№3



$\mathcal{E}_и = BVd$

Кирхгоф: $\mathcal{E}_и = I(R + r)$, r-сопротивление источника

$I = \dfrac{\mathcal{E}_и}{R + r}$

$P_p = I^2 \cdot R = \dfrac{\mathcal{E}_и^2}{(R+r)^2}\cdot R$ ← ищу максимум.

$P_p' = \mathcal{E}_и^2\,\dfrac{(R+r)^2 - 2(R+r)R}{(R+r)^4} = 0$

$R^2 + \cancel{2rR} + r^2 - 2R^2 - \cancel{2rR} = 0$

$r^2 = R^2 \Rightarrow r = R$ — при этом соотн. мощность максимальная.

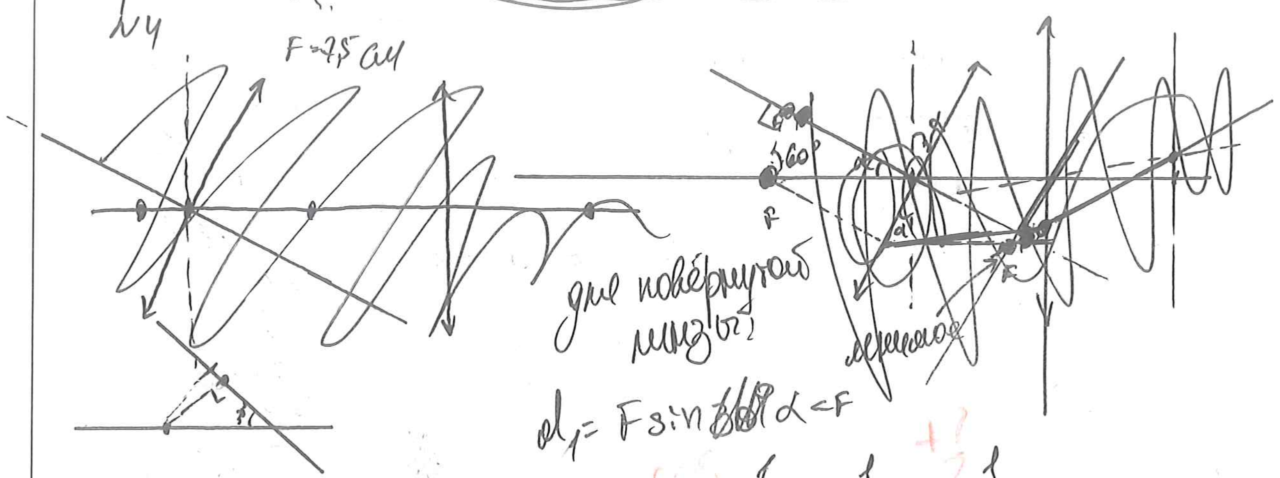
$P_{max} = \dfrac{\mathcal{E}_и^2}{4R^2}\cdot R = \dfrac{B^2V^2d^2}{4R} \Rightarrow d = \dfrac{2\sqrt{P_{max}R}}{BV}$

$d = \dfrac{2\sqrt{10^{-3}\cdot 0{,}4}}{0{,}1\cdot 1} = \dfrac{2}{0{,}1}\cdot 10^{-2}\cdot 2 = 40\cdot 10^{-2} = 0{,}4$ м

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

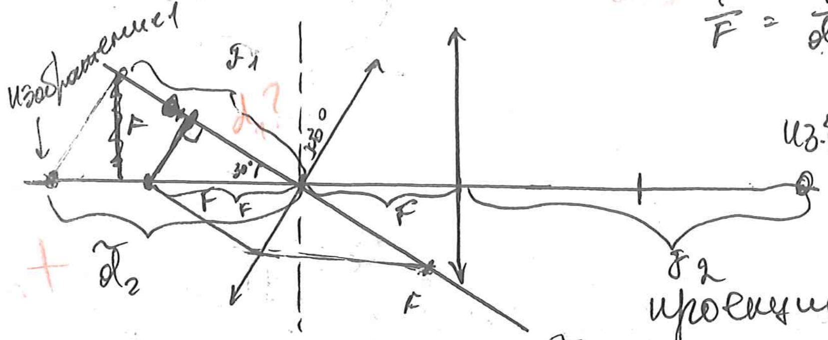
черновик: ~~ответ: $x = 30 - 3{,}75 = 26{,}25$ см~~

№4



$d_1 = F\sin\alpha < F$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1}$



из 2: $\frac{1}{f_1} = \frac{F-d_1}{d_1F}$

$f_1 = \frac{d_1F}{F-d_1} = \frac{F^2\sin\alpha}{F(1-\sin\alpha)} = \frac{F\sin\alpha}{1-\sin\alpha}$

проекция f_1 на г.о.о.

$\tilde d_2 = \frac{f_1}{\sin\alpha} = \frac{d_1F}{F-d_1}\cdot\frac{1}{\sin\alpha} =$

$d_2 = \tilde d_2 + F = \frac{d_1F}{(F-d_1)\sin\alpha} + F = \frac{F}{1-\sin\alpha} + F = \frac{F(2-\sin\alpha)}{1-\sin\alpha} = \frac{F}{1-\sin\alpha}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{Fd_2}{d_2-F} = \frac{F^2}{1-\sin\alpha}\cdot\frac{1}{\frac{F}{1-\sin\alpha}-F} = \frac{F^2}{1-\sin\alpha}\cdot\frac{1-\sin\alpha}{F\sin\alpha} = \frac{F}{\sin\alpha}$

$x = f_2 + 2F = 2F + \frac{Fd_2}{d_2-F} = 2F + F\left(\frac{d_1F}{(F-d_1)\sin\alpha}+F\right)$?

$\cdot\frac{1}{\frac{d_1F}{(F-d_1)\sin\alpha}} = 2F + \frac{F(F-F\sin\alpha)\sin\alpha}{d_1F}\left(\frac{F\sin\alpha\cdot F}{(F-F\sin\alpha)\sin\alpha}+F\right) =$

$= 2F + \frac{F(1-\sin\alpha)\sin\alpha}{F\sin\alpha}\left(\frac{F^2}{F(1-\sin\alpha)}+F\right) = 2F + F(1-\sin\alpha)\cdot$

$\cdot F\left(\frac{1+1-\sin\alpha}{1-\sin\alpha}\right) = 2F + F(2-\sin\alpha) = 4F - F\sin\alpha$

$x = \frac{F}{\sin\alpha} + 2F = f_2 = \frac{F^2(2-\sin\alpha)}{1-\sin\alpha}\cdot\frac{(1-\sin\alpha)}{2F-F\sin\alpha-F+F\sin\alpha} = \frac{F^2(2-\sin\alpha)}{F} = 2F - F\sin\alpha$

ВНИМАНИЕ К СИНУ!!!

$x = f_2 + 2F = 4F - F\sin\alpha = 26{,}25$ см

подставить могла криво.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

95-83-87-33
(1.7)

№2 черновик

$Q_{\text{охлаждения}} = Q_{\text{парообразования}}$.

найдём кол-во пара:

$$P_{\text{нп}} V = \frac{m_п}{M} RT \Rightarrow m_п = \frac{P_{\text{нп}} V M}{RT}$$

$18 \times 2{,}3 = 54 + 36 = 41{,}4$

$$Q_{\text{парообразование}} = m_п \cdot r_п$$

$$Q_{\text{охлаждения}} = \Delta m \cdot \lambda_к$$

$$\frac{611 \cdot 41{,}4}{1{,}1 \cdot 8{,}3 \cdot 273} \qquad \frac{611 \cdot 41{,}4}{8{,}3 \cdot 300{,}3}$$

$273 \times 1{,}1 = 273 + 273 = 300{,}3$

$6110 : 3003 = 2{,}03463$

$$\Delta m \lambda_к = m_п \cdot r_п$$

$$\Delta m = \frac{m_п r_п}{\lambda_к} = \frac{r_п}{\lambda_к} \cdot \frac{P_{\text{нп}} \cdot V M}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{2{,}3 \cdot 10^6}{3{,}3 \cdot 10^5} \cdot \frac{611 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 273} = \frac{2{,}3 \cdot 611 \cdot \cancel{3} \cdot 18}{1{,}1\,\cancel{3} \cdot 8{,}3 \cdot 273} \cdot 10^{-1}$$

пусть кто-то досчитывает

№5 ? ? итог счёт: очень примерно.

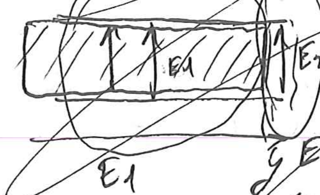
$2{,}03463 \cdot \cancel{\frac{41{,}4}{8{,}3}}$

$2{,}03463 \cdot 4{,}98$

$414 : 83 = 4{,}98$

≈ 10

В любой момент:



$E = E_{\text{конд}} E_{\text{поля}} + E_{к\,\text{пластины}}$

нет поля

$E_{\text{поля}}$ $(u_0 = E_2 \cdot d) \Rightarrow E_2 = \frac{u_0}{d}$

(хороший ли это ход?)

словно 2 конд. подключённых параллельно. $(u_1 = u_2 = u_0)$

$$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_1}{d}, \; S_1 = l(l-y), \; C_2 = \frac{\varepsilon_0 S_2}{d}, \; S_2 = l \cdot y$$

$$W_1 = \frac{C_1 u_0^2}{2} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 l(l-y)}{d\,2} \cdot u_0^2 \qquad W_2 = \frac{C_2 u_0^2}{2} = \frac{u_0^2}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 l y}{d}$$

$$E_{к\,\text{пластины}} = \frac{m v^2}{2} = \frac{m (\dot y)^2}{2}$$

$$E = const, \; E = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 l (l-y) u_0^2}{2d} + \frac{\varepsilon_0 l y u_0^2}{2d} + \frac{m (\dot y)^2}{2}$$

$$E' = 0 = -\frac{\varepsilon \varepsilon_0 l u_0^2}{2d} \dot y + \frac{\varepsilon_0 l u_0^2}{2d} \cdot \dot y + \frac{m}{2} \cdot 2 \dot y \cdot \ddot y = 0 \quad \Big| \cdot \frac{1}{\dot y}$$

минимум потенц. и максимум кин. энергии

$$E = E_к + \frac{C u_0^2}{2} = E_к + \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S u_0^2}{2d} = E_к + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^2 u_0^2}{2d}$$

Ответ: $2{,}03463 \times 4{,}98$

перерасчёт:

черновик

$\frac{1}{10}\cdot\frac{2,3\cdot 611\cdot 18}{1,1\cdot 8,3\cdot 273} =$

$18 \times 2,3$: 54, 36, $41,4$

$273 \times 1,1$: 273, 273, $300,3$

$= \frac{1}{10}\cdot\frac{41,4\cdot 611}{8,3\cdot 300,3} = 1$ кг

$3,85 \times 7,5$: 1925, 2695, $28,875$

$4,35$ с

$2,5(3+\frac{\sqrt{3}}{2})$

$\sqrt{3}\approx 1,7$

$\frac{1,7}{2} = 0,85$

$7,5\cdot 3,85$

№5

$W_{эл.} = const$

$ma = F_к$

Энергия:

$E = W_п + E_к + E_{пружина}$

$7,5\cdot(4-0,85) = 7,5\cdot 3,15$

$3,15\times 7,5$: 1575, 2205, $23,625$

$E' = E_к' + E_{пружина}' = 0$

$E_{пружина} \sim x^2$ (наверное)

$\sqrt{(\frac{a}{2})^2+d^2}$

$F_к =$

$q_0 = \frac{x}{V}\, q$

$q_0 = \frac{x}{\ell^2 d}\cdot q$

$V = \ell^2 d$

$+q$

поле ед. заряда

$F_к = 2E\cos\alpha\cdot q_0$

$\sin(90-\alpha)\approx 90-\alpha$

$\cos\alpha = \frac{\pi}{2}-\alpha$

$\alpha = \frac{2x}{d}$

на расстоян. $\frac{\ell}{2}+x$: $F_к = 2\cdot E\cdot\frac{2x}{d}\cdot q\cdot\frac{x}{\ell^2 d} = \frac{4x^2}{\ell^2 d^2}$

$E = \frac{kq}{(x+\frac{\ell}{2})^2}$

$F_к = 2E\cdot q_0 = 2\cdot\frac{kq}{\ell^2 d}\cdot\frac{kq}{(x+\frac{\ell}{2})^2} =$

$= \frac{2q^2 kx}{\ell^2 d}\cdot\frac{1}{(x+\frac{\ell}{2})^2} \approx \frac{2q^2 kx\cdot 4}{\ell^2 d\cdot \ell^2} = \frac{8q^2 kx}{\ell^4 d}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

черновик:

$F_к = \frac{8q^2 kx}{d\ell^4}$

$m\cdot\ddot{x} = -\frac{8q^2 kx}{d\ell^4}$

$\ddot{x} = -\frac{2q^2}{\pi\varepsilon_0 d\ell^4 m}\cdot x$

$\omega = \sqrt{\frac{2q^2}{\pi\varepsilon_0 d\ell^4 m}}$

$q = U_0 C$, $q = \frac{\varepsilon_0 S\varepsilon U_0}{d}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{\pi\varepsilon_0 d\ell^4 m}{2q^2}}$

$T = 2\pi\ell^2\sqrt{\frac{\pi\varepsilon_0 d m}{2}}\cdot\frac{d}{U_0\varepsilon_0 S\varepsilon}$

$T = \frac{2\pi\ell^2 d}{U_0\varepsilon\varepsilon_0\ell^2}\sqrt{\frac{\pi\varepsilon_0 d m}{2}}$

$T = \frac{2\pi\cdot 4\cdot 10^{-3}}{100\cdot 4\cdot 9\cdot 10^{-12}}\sqrt{\frac{\pi\cdot 9\cdot 10^{-3}\cdot 10\cdot 10^{-3}}{10^{12}\cdot 2}}$

$T = \frac{\pi\cdot 10^{7}}{18}\cdot 3\cdot 10^{-9}\sqrt{5\pi} =$

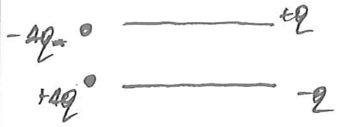
$\sqrt{5\pi}\approx\sqrt{15}\approx 4$

$= \frac{\pi}{6}\cdot 10^{-2}\sqrt{5\pi} = \frac{\pi\cdot 4}{6}\cdot 10^{-2} = 0,02$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

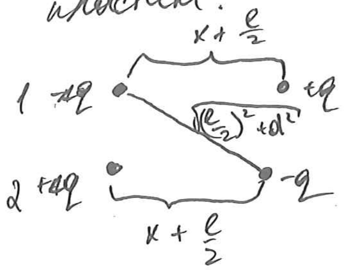
Чистовик №5, продолжение.

Тогда, когда часть пластины находится вне конденсатора, можно представить её в/д с ним как в/д точечных зарядов с конденсатором.



Т.к. поле вне конденсатора неоднородно, представим обе его пластины как точечные заряды, находящиеся в центрах пластин. Вы уверены, что это правомерно?

Тогда ~~в~~ потенциальной энергии в/д каждого из зарядов с конденсатором:



$$E_1 = \frac{kq\Delta q}{\frac{\ell^2}{4}+d^2} - \frac{kq\Delta q}{(x+\frac{\ell}{2})^2} \approx$$

$$\approx \frac{kq\Delta q}{\frac{\ell^2}{4}+d^2} - \frac{kq\Delta q\cdot 4}{\ell^2} = kq\Delta q\left(\frac{\ell^2-\ell^2-4d^2}{\ell^2(\frac{\ell^2}{4}+d^2)}\right) =$$

$$= \frac{-kq\Delta q\cdot 4d^2}{\ell^2(\frac{\ell^2}{4}+d^2)}, \quad E_2 = E_1$$

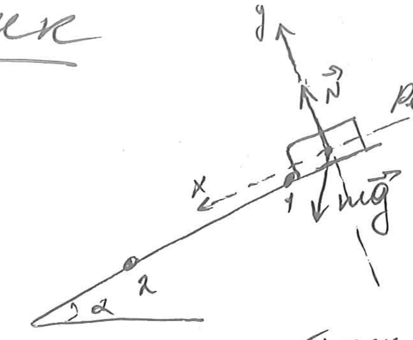
~~Тогда энергия~~

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

95-83-87-33 (1.7)

Чистовик №1

Дано:
$\alpha = 30^\circ$
$b = 0,1$ м
$\tau_1 = 2$с
$\tau_2 = 1$с
$g = 10\ \frac{м}{с^2}$
$\tau - ?$



решение:
по II з. Ньютона:
$m\vec a = \vec N + m\vec g$
в проекции на ось ox:
$ma = mg\sin\alpha$
$a = g\sin\alpha$

когда брусок проезжает фотоэлемент 1:
$b = v_1\tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2}$, v_1 – скорость, с которой он начинает проезжать на фотоэлемент 1

$$v_1 = \frac{b}{\tau_1} - \frac{a\tau_1}{2}$$

когда он проезжает фотоэлемент 2:
$b = v_2\tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2}$, v_2 – скорость, с которой он начинает проезжать на фотоэлемент 2.

$$v_2 = \frac{b}{\tau_2} - \frac{a\tau_2}{2}$$

$$v_2 = v_1 + a\tau \Rightarrow \tau = \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$\tau = \frac{1}{g\sin\alpha}\left(\frac{b}{\tau_2} - \frac{g\tau_2\sin\alpha}{2} - \frac{b}{\tau_1} + \frac{g\tau_1\sin\alpha}{2}\right)$$

$$\tau = \frac{1}{5}\left(\frac{0,1}{1} - \frac{10}{4} - \frac{0,1}{2} + \frac{10\cdot 2}{4}\right) = 0,2(2,5+0,05) = 2,55\cdot 0,2 = 0,51 (с)$$

ответ: $\tau = 0,51$ с.

№2

Дано:
$V = 30\ м^3$
$T = 273$ К
$P_{нп} = 611$ Па
$M = 18\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$
$\lambda_к = 3,3\cdot 10^5\ \frac{Дж}{кг}$
$r_п = 2,3\cdot 10^6\ \frac{Дж}{кг}$
$R = 8,3\ \frac{Дж}{моль\cdot К}$
$\Delta m - ?$

решение:
Равновесие наступает, когда давление водяного пара в помещении станет равно $P_{нп}$ и вода перестает испаряться.

Найдём массу водяного пара:
$P_{нп}V = \frac{m_п}{M}\cdot RT \Rightarrow m_п = \frac{P_{нп}\cdot V\cdot M}{RT}$ +

~~Тем~~ кол-во теплоты, затраченное на испарение воды массой $m_п$, равно кол-ву теплоты, отданному водой при кристаллизации (по модулю)

$Q_{крист.} = Q_{парооб.}$
$\Delta m\cdot\lambda_к = m_п\cdot r_п$
$\Delta m = \frac{m_п\cdot r_п}{\lambda_к}$ +

$$\Delta m = \frac{r_п}{\lambda_к}\cdot\frac{P_{нп}\cdot V\cdot M}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{2,3\cdot 10^6\cdot 611\cdot 30\cdot 18\cdot 10^{-3}}{3,3\cdot 10^5\cdot 8,3\cdot 273} = \frac{2,3\cdot 611\cdot 3\cdot 18}{3,3\cdot 8,3\cdot 273}\cdot\frac{1}{10} \approx 1 (кг)$$

Ответ: $\Delta m = 1$ кг

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Дано:
$R = 0,4$ Ом
$V = 0,1\ \frac{м}{с}$
$B = 1$ Тл
$P_{max} = 10^{-3}$ Вт
d - ?

№3
Решение: черновик

Рассмотрим какую-нибудь частицу зарядом q в проводящей жидкости. Тогда $F_л$, действующая на неё в направлении, перп. пластинам:

$$F_л = qVB$$

Работа $F_л$: $A = qVB\cdot d$ => разность потенц. между пластинами: $u = \mathcal{E} = \frac{A}{q} = BVd$.

~~по правилу Кирхгофа для~~ по закону Ома для полной цепи:

$$\mathcal{E} = I(R+r),\ r - \text{сопротивление источника тока.}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{BVd}{R+r}$$

Мощность на резисторе:

$$P = I^2\cdot R = \frac{(BVd)^2}{(R+r)^2}\cdot R$$, найдём R_{max}, при котором $P = P_{max}$

$$P' = (BVd)^2\,\frac{(R+r)^2 - R\cdot 2(R+r)}{(R+r)^4} = 0$$

$$R^2 + 2rR + r^2 - 2R^2 - 2rR = 0$$

$$r^2 = R^2$$

$$r = R$$

$$R_{max} = r \Rightarrow P_{max} = \frac{(BVd)^2}{4R^2}\cdot R$$

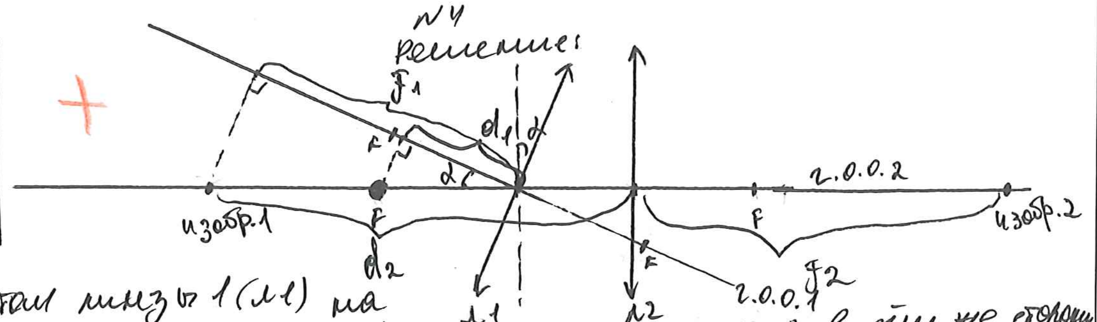
$$P_{max} = \frac{(BV)^2\cdot d^2}{4R} \Rightarrow d = \frac{2\sqrt{P_{max}\cdot R}}{BV}$$

$$d = \frac{2\sqrt{10^{-3}\cdot 0,4}}{1\cdot 0,1} = 20\cdot 10^{-2}\cdot 2 = 0,4\ (м)$$

ответ: $d = 0,4$ м

Дано:
$F = 7,5$ см
$\alpha = 30^\circ$
X - ?

№4
Решение:



С поворотом линзы 1 (Л1) на угол α её г.о.о.1 поворачивается на угол α в ту же сторону. Положение источника на г.о.о.1 (отн. опт. центра Л1): $d_1 = F\cos\alpha < F$ => изображение 1 будет мнимым.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{Fd_1}{F-d_1} = \frac{F^2\cos\alpha}{F(1-\cos\alpha)}$$

№4 (продолжение) черновик

изображение 1 будет также находиться на г.о.о.2

его положение относительно опт. ц. Л2:

$$d_2 = \frac{f_1}{\cos\alpha} + F = \frac{F\cos\alpha}{\cos\alpha(1-\cos\alpha)} + F =$$

$$= \frac{F + F - F\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{F(2-\cos\alpha)}{1-\cos\alpha}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_2F}{d_2-F} = \frac{F^2(2-\cos\alpha)}{1-\cos\alpha}\cdot\frac{(1-\cos\alpha)}{2F - F\cos\alpha - F + F\cos\alpha} =$$

$$= \frac{F^2(2-\cos\alpha)}{F} = F(2-\cos\alpha)$$

изображение 2 будет находиться на г.о.о.2:

$$X = f_2 + 2F = 2F + 2F - F\cos\alpha = 4F - F\cos\alpha = F(4-\cos\alpha)$$

$$X = 7,5\left(4 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 23,6\ (см)$$

ответ: $X = 23,6$ см

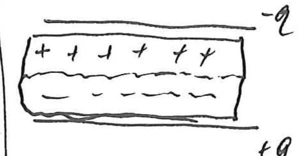
№5

Дано:
$l = 0,2$ м
$u_0 = 600$ В
$d = 10^{-3}$ м
$x = 0,1\cdot 10^{-3}$ м
$m = 10^{-2}$ кг
$\varepsilon = 4$
$\varepsilon_0 = 9\cdot 10^{-12}\ \frac{Ф}{м}$
T - ?

Решение:

Т.к. $x \ll d \ll l$, то $W_{эл.поля} \approx const$.

Когда диэл. пластина выдвигается из конденсатора, на её наэлектризованные части начинает действовать $F_{кулона}$.



Будем условно считать, что верхняя часть пластины заряжена до $+q$, а нижняя - до $-q$. Также будем считать, что бо́льшая часть зарядов $+q$ и $-q$ сконцентрирована в крайних (близких к пластинам конденсатора) частях.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!