0 146931 030003

14-69-31-03
(1.5)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Кукина Георгия Евгеньевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 15:45-15:50
Вышел 17:12-17:13

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Кукин

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

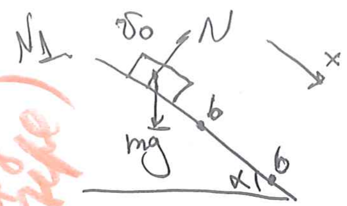
Выполнять задания на титульном листе запрещается!

14-69-31-03 (1.5)

1	2	3	4	5	Σ
10	20	12+5	20+5	12	84

черновик

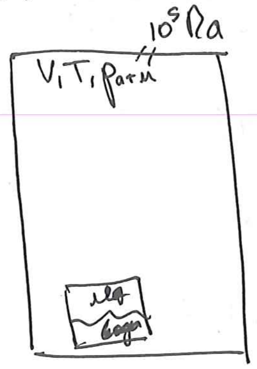
№1.



$a = g\sin\alpha = 5$

$b = \frac{a\tau_2^2}{2} + v_0'\tau_2$

№2.



№3. $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -Bvd$

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

$P_{max} = I_{max}^2 R = \frac{(Bvd)^2 R}{R^2\left(1+\frac{r}{R}\right)^2} = \frac{(Bvd)^2}{R} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{r}{R}\right)^2}$

$|\mathcal{E}| = \frac{d\Phi}{dt} = B\frac{dS}{dt} = vBd$

$\left(\frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^2}\right)$

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

$P = \frac{\left(\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}r}{R+r}\right)^2}{R} = \frac{\left(\frac{\mathcal{E}R}{R+r}\right)^2}{R} =$

$\frac{\mathcal{E}^2}{R+r} - \frac{\mathcal{E}^2 r}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}^2}{R+r}\left(1 - \frac{r}{R+r}\right) = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2} = P(r)$

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

$r = 0;\ P = \frac{\mathcal{E}^2}{R}$

$d = 0{,}2$ м

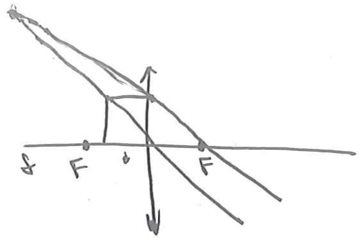
$0{,}4 \cdot 10^{-3} = 0{,}01 \cdot d^2$

черновик

№2.

$p_0 V = \nu_0 RT$

$\nu_0 = \frac{p_0 V}{RT}$



ν_0, T, p_0, V

$p_1 = p_0 + p_{нас}$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

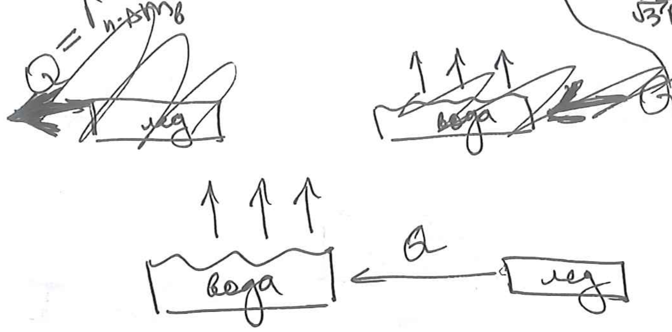
$\frac{2}{\sqrt{3}F} + \frac{1}{f} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}F}$

$\frac{1}{f} = \frac{\sqrt{3}-2}{\sqrt{3}F}$

$|f| = \frac{\sqrt{3}F}{2-\sqrt{3}} =$

$= \sqrt{3}(2+\sqrt{3})F$

$F(2\sqrt{3}+3)$



$\frac{101325}{611} = \frac{61100}{611} + \frac{40225}{611} = 100 + \frac{36660}{611} + \frac{3565}{611} =$

$= \cancel{1810} \; 166 - \frac{401}{611} \approx 165{,}8$

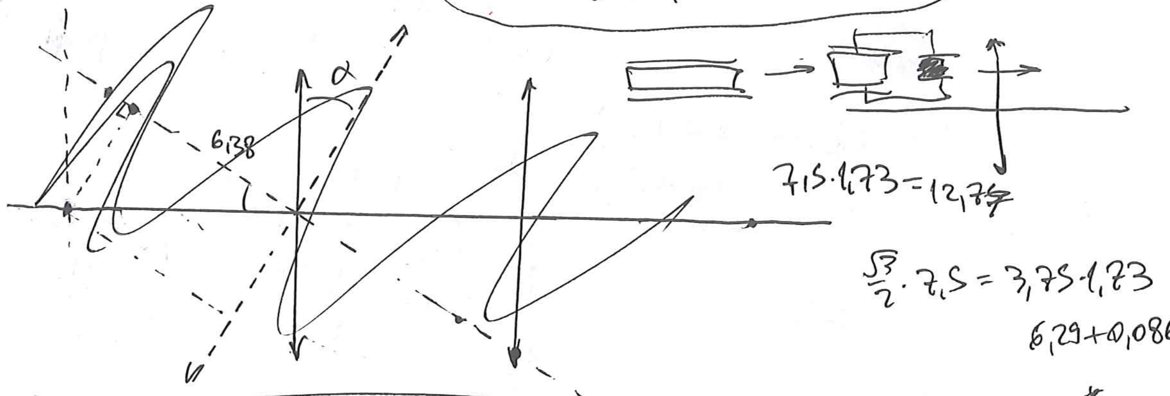
17:20

$\frac{1}{2-\sqrt{3}} = \frac{2+\sqrt{3}}{4-3} =$

$= 2+\sqrt{3}$

$145{,}8 \cdot 2{,}3 = 291{,}6 + 43{,}74 =$

$= 335{,}34$



$7{,}5 \cdot 1{,}73 = 12{,}975$

$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7{,}5 = 3{,}75 \cdot 1{,}73$

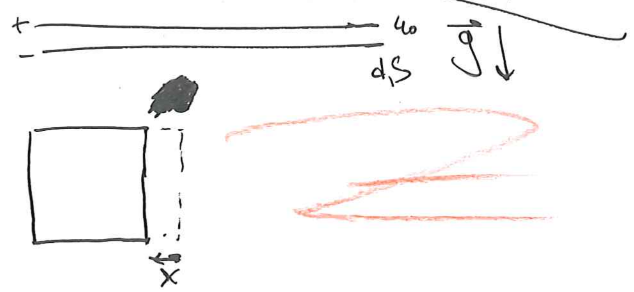
$6{,}29 + 0{,}08656$

$6{,}37$

№5.

$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

$q = CU_0$



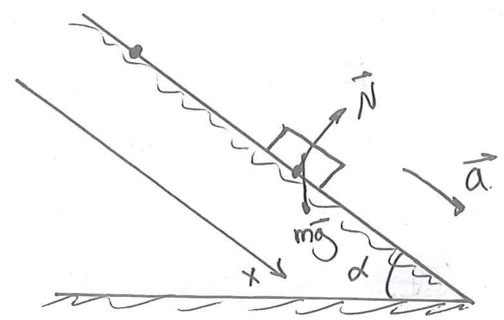
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

14-69-31-03 (1.5)

Чистовик

№ 1.



$Ox:\ mg\sin\alpha = ma_x$ (II з. Н.)

$a_x = g\sin\alpha = 5\,\frac{м}{с^2}$

$\Delta x_1 = v_{01x}\tau_1 + \frac{a_x\tau_1^2}{2}$

∃ при перекрытии первого элемента брусок движется только вниз; тогда $\Delta x_1 = b$

$v_{01x} = \frac{\Delta x_1 - \frac{a_x\tau_1^2}{2}}{\tau_1} = \frac{0{,}1 - \frac{5\cdot 2^2}{2}}{2} = -4{,}95\,\frac{м}{с} < 0 \Rightarrow$ брусок вначале двигался вверх $\Rightarrow$ не подходит, значит брусок изначально двигался вверх $\Rightarrow \Delta x_1 = 0$, т.к. брусок начал и закончил затемнять фотоэлемент в одной точке

$v_{01x} = -\frac{a_x\tau_1}{2} = -5\,\frac{м}{с}$

$\Delta x_2 = v_{02x}\tau_2 + \frac{a_x\tau_2^2}{2}$

Аналогичные рассуждения со вторым элементом:

$v_{02x} = \frac{\Delta x_2 - \frac{a_x\tau_2^2}{2}}{\tau_2} = \frac{0{,}1 - \frac{5\cdot 1^2}{2}}{1} = -2{,}4\,\frac{м}{с} < 0 \Rightarrow$ брусок вначале двигался вверх

$v_{02x} = -\frac{a_x\tau_2}{2} = -2{,}5\,\frac{м}{с}$

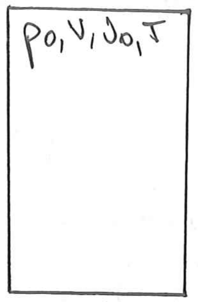
Значит, искомое время - время, за которое скорость бруска уменьшится с $5\,\frac{м}{с}$ до $2{,}5\,\frac{м}{с}$ при подъеме вверх.

$\tau = \frac{|v_{01x}| - |v_{02x}|}{a} = \frac{5\,\frac{м}{с} - 2{,}5\,\frac{м}{с}}{5\,\frac{м}{с^2}} = 0{,}5\,с$

$\boxed{\tau = 0{,}5\,с}$

Чистовик

№2. Масса льда увеличивается из-за отведенного от воды количества теплоты, идущего на её парообразование. Так как в задаче ничего не сказано про количество воды и льда, я буду считать, что в сосуде достаточно воды для того, чтобы [redacted] водяной пар в помещении стал насыщенным. Также я буду считать атмосферное давление равным 10^5 Па.



$\overset{10^5\,Па}{p_0}V = \nu_0 RT$ (уравнение Менделеева-Клапейрона) ← количество сухого воздуха

$$\nu_0 = \frac{p_0V}{RT} = \frac{10^5\cdot 30}{8{,}3\cdot 273}\,моль = \frac{10^6\cdot 3}{10^2\cdot 8{,}3\cdot 2{,}73}\,моль = \frac{10^4\cdot 3}{8{,}3\cdot 2{,}73}\,моль = \frac{10^3\cdot 30}{8{,}3\cdot 2{,}73}\,моль \approx \frac{10^3\cdot 11}{8{,}3}\,моль$$ [redacted]

[redacted]

$$p_1V = \nu_1RT$$

$$p_1 = p_0 + p_{нас}$$

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{\nu_1}{\nu_0} = \left(1+\frac{p_{нас}}{p_0}\right) = \left(1+\frac{6{,}11}{10^3}\right)$$

$$\nu_1 = \nu_0\left(1+\frac{6{,}11}{10^3}\right) = \nu_0 + \frac{\nu_0\cdot 6{,}11}{10^3}$$ [redacted]

$$\Delta\nu = \nu_1 - \nu_0 = \nu_0\cdot\frac{6{,}11}{10^3} \approx \frac{\cancel{10^3}\cdot 11}{8{,}3}\cdot\frac{6{,}11}{\cancel{10^3}}\,моль = \frac{11\cdot 6{,}11}{8{,}3}\,моль =$$

$= \frac{67{,}21}{8{,}3}$ моль $\approx 8{,}1$ моль — количество испаривщейся воды

$\Delta m_в = \Delta\nu\cdot\mu$; $\Delta Q_в = \Delta m_в\cdot r_п$ — необходимое количество теплоты

$$\Delta Q_в = \Delta m\cdot\lambda_к;\ \Delta m = \frac{\Delta m_в\cdot r_п}{\lambda_к} = \frac{\Delta\nu\cdot\mu\cdot r_п}{\lambda_к} = \frac{8{,}1\cdot 18\cdot 10^{-3}\cdot 2{,}3\cdot 10^6}{3{,}3\cdot 10^5}\,кг =$$

$$= \frac{8{,}1\cdot 18\cdot 2{,}3\cdot \cancel{10^3}}{3{,}3\cdot 10^{\cancel{5}\,2}}\,кг = \frac{145{,}8\cdot 2{,}3}{330}\,кг \approx \frac{335{,}3}{330}\,кг \approx \underline{1{,}02\,кг}$$

$$\boxed{\Delta m = 1{,}02\,кг}$$

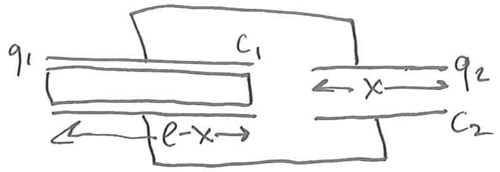
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

№5. При смещении пластины на x можно конденсатор представить как два конденсатора, один пустой, другой [redacted] заполненный диэлектриком:

$$q_0 = U_0C_0 = U_0\cdot\frac{\varepsilon_0 l^2}{d}$$

$$\begin{cases}\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = U_0\\ q_1+q_2 = q_0\ (ЗСЗ)\end{cases}$$



$$q_2\left(1+\frac{C_1}{C_2}\right) = q_0$$

$$q_2 = q_0\frac{C_2}{C_1+C_2};\ q_1 = q_0\frac{C_1}{C_1+C_2}$$

Запишем ЗСЭ:

$$\frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} = const$$

$$m\dot{x}^2 + \frac{q_1^2}{C_1} + \frac{q_2^2}{C_2} = const$$

$$m\dot{x}^2 + \frac{q_0^2C_1}{(C_1+C_2)^2} + \frac{q_0^2C_2}{(C_1+C_2)^2} = m\dot{x}^2 + \frac{q_0^2}{C_1+C_2} = m\dot{x}^2 + \frac{q_0^2}{C_1+C_2} = const$$

$$C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l(l-x)}{d};\ C_2 = \frac{\varepsilon_0 lx}{d}$$

$$m\dot{x}^2 + \frac{q_0^2}{C_1+C_2} = m\dot{x}^2 + \frac{U_0^2\varepsilon_0^2l^4}{d^2\left(\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l(l-x)}{d} + \frac{\varepsilon_0 lx}{d}\right)} = \frac{U_0^2\varepsilon_0^2 l^4}{d\cdot\varepsilon_0 l(\varepsilon l - \varepsilon x + x)} + m\dot{x}^2 =$$

$$= m\dot{x}^2 + \frac{U_0^2\varepsilon_0 l^3}{d(\varepsilon l - (\varepsilon+1)x)} = m\dot{x}^2 + \frac{U_0^2\varepsilon_0 l^3}{d(\varepsilon(l-x)+x)}$$ [redacted]

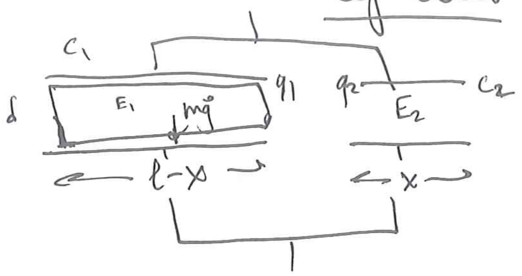
$$\dot{x}^2 + \frac{U_0^2\varepsilon_0 l^3}{md(\varepsilon l - (\varepsilon-1)x)} = const = E$$

При начальном смещении x $\dot{x} = 0$:

$$E = \frac{U_0^2\varepsilon_0 l^3}{md(\varepsilon l - (\varepsilon-1)x)} = \frac{100^2\cdot 9\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}2^3}{0{,}01\cdot 10^{-3}(4\cdot 0{,}2 - (4-1)\cdot 10^{-4})}\,Дж$$

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

Черновик



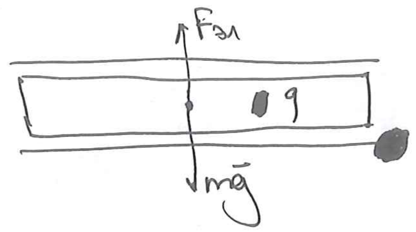
$C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l(l-x)}{d}$ $\qquad q_0 = U_0\frac{\varepsilon_0 l^2}{d}$

$C_2 = \frac{\varepsilon_0 l x}{d}$

$\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}$ $\qquad q_1 = q_0\frac{C_1}{C_1+C_2}$

$q_1 + q_2 = q_0$ $\qquad q_2 = q_0\frac{C_2}{C_1+C_2}$

$q_2(1+\frac{C_1}{C_2}) = q_0$



$E_1 = \frac{q_1}{S\varepsilon_0} =$

$= \dots$

ЗСЭ: $\frac{m\dot{x}^2}{2} + E_{эл} = const$

$E_{эл} = E_c$

$$\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$$

$$\frac{q_0^2 C_1}{2(C_1+C_2)^2} + \frac{q_0^2 C_2}{2(C_1+C_2)^2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$$

$$\frac{q_0^2(C_2^3+C_1^3)}{C_2 2C_1(C_1+C_2)^2}$$

$$\frac{q_0^2}{2(C_1+C_2)} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$$

$$\frac{q_0^2(C_1+C_2)(C_1^2 - C_2C_1 + C_2^2)}{2C_1C_2(C_1+C_2)^2}$$

$$\frac{q_0^2}{2\frac{\varepsilon_0 l}{d}(\varepsilon l - \varepsilon x + x)} = \frac{q_0^2}{2\frac{\varepsilon_0 l(\varepsilon l - (\varepsilon - 1)x)}{d}}$$

$$\frac{q_0^2(C_1^2 - C_1C_2 + C_2^2)}{2C_1C_2(C_1+C_2)}$$

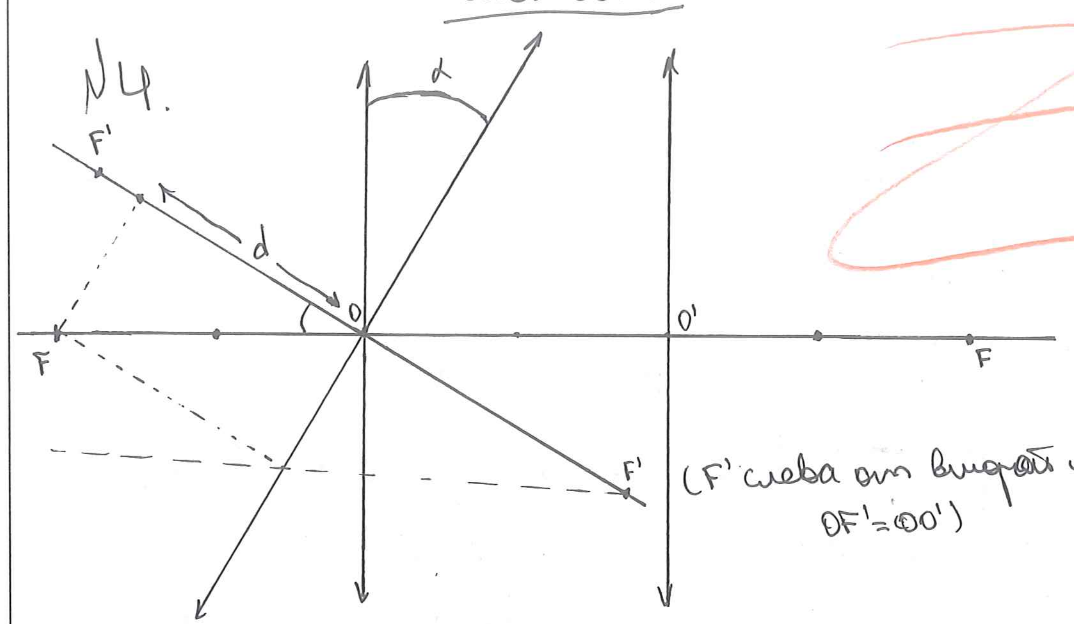
$$\frac{q_0^2}{2}\cdot\frac{\left(\frac{\varepsilon_0 l}{d}\right)^2(\varepsilon^2(l-x)^2 - \varepsilon(l-x)x + x^2)}{\left(\frac{\varepsilon_0 l}{d}\right)^2\varepsilon(l-x)x(\varepsilon(l-x)+x)\frac{\varepsilon_0 l}{d}} = \frac{q_0^2 d}{2\varepsilon_0 l}\cdot\frac{\varepsilon^2(l-x)^2 - \varepsilon x(l-x) + x^2}{\varepsilon x(l-x)(x+\varepsilon(l-x))}$$

$$\frac{q_0^2 d}{2\varepsilon_0 l}\cdot\frac{\varepsilon^2 l^2 - 2\varepsilon^2 lx - \varepsilon lx + \varepsilon^2 x^2 + \varepsilon x^2 + x^2}{}$$

14-69-31-03 (1.5)

Чистовик

№4.



(F' слева от второй линзы, т.к. OF' = OO')

При поворачивании линзы у нее не меняется фокусное расстояние, а просто смещается фокальная плоскость (не относительно линзы).

$OF = OF' = F$

Для удобства построим изображение воображаемого стержня с источником света в вершине и перпендикулярную новой ГОО линзы.

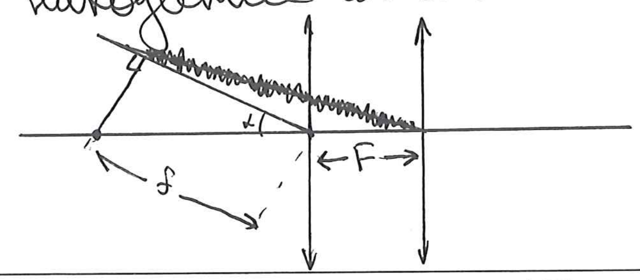
$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ (уравнение тонкой линзы

$d = F\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}F$ +

$\frac{2}{\sqrt{3}F} + \frac{1}{f} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}F}$; $\frac{1}{f} = \frac{\sqrt{3}-2}{\sqrt{3}F}$

$f = \frac{\sqrt{3}F}{\sqrt{3}-2} = -(2+\sqrt{3})\sqrt{3}F = -F(3+2\sqrt{3}) < 0$

$f<0$, значит изображение от первой линзы находится слева от неё и является мнимым.



$d_1 = \frac{f}{\cos\alpha} + F = \frac{\sqrt{3}F(\sqrt{3}+2)}{\sqrt{3}}\cdot 2 + F =$
$= F(1+4+2\sqrt{3}) = F(5+2\sqrt{3})$
расстояние до второй линзы

Чистовик

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

$\frac{1}{F(5+2\sqrt3)}+\frac{1}{f_1}=\frac{5+2\sqrt3}{F(2\sqrt3+5)}$

$\frac{1}{f_1}=\frac{4+2\sqrt3}{F(5+2\sqrt3)}$

$f_1=F\cdot\frac{5+2\sqrt3}{4+2\sqrt3}=F\cdot\frac{(5+2\sqrt3)(4-2\sqrt3)}{4}=F\cdot\frac{20-2\sqrt3-12}{4}=$

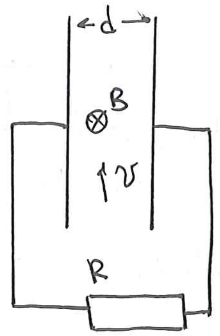
$=F\cdot\frac{8-2\sqrt3}{4}=F\cdot\frac{4-\sqrt3}{2}>0 \Rightarrow$ изображение второй линзы располагается справа от неё.

$x=f_1+2F=F\cdot\frac{4-\sqrt3}{2}+F\cdot\frac{4}{2}=F\cdot\frac{8-\sqrt3}{2}=\frac{7,5\cdot(8-\sqrt3)}{2}$ см $=$

$=\frac{60-7,5\cdot1,73}{2}$ см $\approx\frac{47,2}{2}$ см $\approx 23,6$ см

$\boxed{x=23,6 \text{ см}}$

№3.



Закон электромагнитной индукции:

$\mathcal{E}=-\frac{d\Phi}{dt}=-B\frac{dS}{dt}=Bvd$

$I=\frac{\mathcal{E}}{r+R}$; $P(r)=\frac{\mathcal{E}^2}{(r+R)^2}R$

сопротивление источника

P_{max} при $r=0$ (видно из формулы)

$P_{max}=\frac{\mathcal{E}^2}{R}=\frac{B^2v^2d^2}{R}$

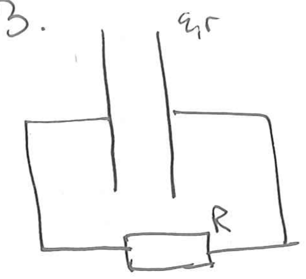
$d=\frac{\sqrt{P_m R}}{Bv}=\frac{\sqrt{10^{-3}\cdot0,4}}{1\cdot0,1}$ м $=0,2$ м

$\boxed{d=0,2 \text{ м}}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

№3.



$\mathcal{E}=-Bvd<0$

$-\mathcal{E}=I(R+r)$

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

$R+r=2R$

$(R+r)^2-2R(R+r)=0$

$\frac{\mathcal{E}^2}{R+r}=P_R+\frac{\mathcal{E}^2 r}{(R+r)^2}$

$\frac{\mathcal{E}^2(R+r)}{(R+r)^2}+\frac{\mathcal{E}^2 r}{(R+r)^2}=P_R$

$P_R^{(r)}=\frac{\mathcal{E}^2(2Rr+R^2)}{(R+r)^2}$

$r=0$

$P(r)=\frac{\mathcal{E}^2(ar+bR)}{(R+r)^2}$

$a\mathcal{E}^2(R+r)^2-2\mathcal{E}^2(ar+bR)(R+r)=0$

$\mathcal{E}(1-x)+x$

$aR+ar=2ar+2bR$

$(a-2b)R=ar$

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