0 934658 320008

93-46-58-32
(1.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Скауна Андрея Сергеевича
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!

Черновик

$\sqrt{1-\frac{1}{4}} = 1 - \frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\cdot\frac{1}{8} = 1 - \frac{1}{8} + \frac{1}{32} = 1 + \frac{3}{32}$

$= 1 - 0{,}1$

$\sim 0{,}9$

$2b - a_x T_1^2 = 0{,}2 - 5\cdot 1 < 0 \rightarrow a_x T_2^2 > 2b$

$98 + 15 = \dots$ 490 1470

$\sin\alpha + \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = 2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2} + \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = 2\sin\frac{\alpha}{2}$

$273 : 3 = 91$ $\quad (\frac{1}{3}x^3)' = x^2$

$831 : 3 = 277$ $\quad 1 - 2\sin^2\alpha = \sin^2\alpha$

$\frac{611\cdot 4{,}6}{277\cdot 91\cdot 11}$ $\quad \frac{47\cdot 13\cdot 4{,}6}{2{,}77\cdot 7\cdot 13\cdot 11}$ $\quad \frac{21}{21}$ $\quad 91 = 13\cdot 7$

$\frac{47\cdot 4{,}6}{2{,}77\cdot 77}$ $\quad 4{,}6 = \dots$ $\quad 611 : 13 = 47$

$\sqrt{2} = \sqrt{4 + (4 - \frac{1}{4})} = 2\dots$

$0{,}883$

$216200 : 213{,}29 = 1{,}01\dots$

$2{,}77 + 77 = 1939$; $1939 + 1939 = 213{,}29$; $47 \cdot 4{,}6 = 216{,}2$

$\cos 2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1 = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha =$

$\frac{1}{r^2} = r^{-2}$

$r^{-2} = \dots \quad (r^{-1})' = -1\cdot(r^{-2}) \quad r^{-2} = (r^{-2})'$

$1 - 2\sin^2\alpha = \sin^2\alpha + \cos^2\alpha - 2\sin^2\alpha = \sin^2\alpha - \cos^2\alpha$

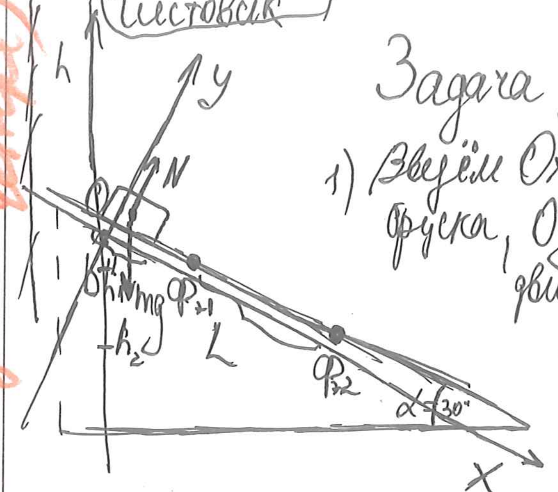
$(r^{-1})' = -1\cdot r^{-2}$

$kn =$

93-46-58-32 (1.3)

1	2	3	4	5	Σ
10	20	20+5	1~~X~~+5	7	84
Тимофеева	Маркина М.Н.	Плаксина	Щербаков	Козырин	Воеводина

Чистовик



Задача 1

1) Введём Ox, вдоль траектории движения бруска, Oy – перпендикулярно плоскости движения.

Запишем II з-н Ньютона в проекции на OX: $mg\sin\alpha = ma_x$

$\underline{a_x = g\sin\alpha}$

(на OY: $N - mg\cos\alpha = ma_y (=0)$)

Рассмотрим движение брусков во время перекрывания фотоэлементов:

$Ф_{Э1}: X_1 = X_{0.1} + \upsilon_{0.1}T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} = X_0 + b \Rightarrow b = \upsilon_{0.1}T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2}$

$Ф_{Э2}: X_2 = X_{0.2} + \upsilon_{0.2}T_2 + \frac{a_x T_2^2}{2} = X_{0.2} + b \Rightarrow b = \upsilon_{0.2}T + \frac{a_x T_2^2}{2}$

2) Свяжем $\upsilon_{0.1}$ и $\upsilon_{0.2}$: Введём вертикальную ось OH, пусть $h_{ФЭ2} = h_0$; $h_{ФЭ1} = h_1 = h_0 + \Delta h$

Запишем З-н сохранения энергии:

$mgh_0 + \frac{m\upsilon_{0.2}^2}{2} = mg(h_0 + \Delta h) + \frac{m\upsilon_{0.1}^2}{2}$

отсюда: $(\upsilon_{0.2}^2 - \upsilon_{0.1}^2) = 2g\Delta h$, заметим, что $\Delta h = L\cos\alpha$

$\upsilon_{0.2}^2 = \upsilon_{0.1}^2 + 2gL\cos\alpha.$

3) Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} b = \upsilon_{0.1}T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} \\ b = \upsilon_{0.2}T_2 + \frac{a_x T_2^2}{2} \\ \upsilon_{0.2}^2 - \upsilon_{0.1}^2 = 2gL\,\cancel{\cos\alpha}\ \sin\alpha \\ a_x = g\sin\alpha \end{cases}$$

$\upsilon_{0.1} = \frac{b - \frac{a_x T_1^2}{2}}{T_1} = \frac{2b - a_x T_1^2}{2T_1}$

$\upsilon_{0.2} = \frac{2b - a_x T_2^2}{2T_2}$

$(\upsilon_{0.1} - \upsilon_{0.2})(\upsilon_{0.2} + \upsilon_{0.1}) = \left(\frac{2b - a_x T_1^2}{2T_1} - \frac{2b - a_x T_2^2}{2T_2}\right)\cdot\left(\frac{2b - a_x T_1^2}{2T_1} + \frac{2b - a_x T_2^2}{2T_2}\right) = \frac{2bT_2 - a_x T_1^2 T_2 - 2bT_1 + a_x T_2^2 T_1}{2T_1T_2}.$

продолжение на след. стр.

преобр.: Черновик

$$\frac{2bT_2 - a_xT_1^2T_2 + 2bT_1 - a_xT_2^2T_1}{2T_1T_2} = \frac{2b(T_2-T_1) + a_xT_1T_2(T_2-T_1)}{2T_1T_2}\cdot$$

$$\cdot\frac{2b(T_2+T_1) - a_xT_1T_2(T_2+T_1)}{2T_1T_2} = \frac{(2b+a_xT_1T_2)(T_2-T_1)(2b-a_xT_1T_2)(T_2+T_1)}{4T_1^2T_2^2} =$$

$$= \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_2^2-T_1^2)}{4T_1^2T_2^2} = v_{1,0}^2 - v_{\cancel{0,2}}^2$$

$$\underbrace{v_{0,2}^2 - v_{0,1}^2 = \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{4T_1^2T_2^2}} = 2mgL\,\cancel{\cos\alpha}\ \sin\alpha$$

$$L = \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{4T_1^2T_2^2\cdot 2\cancel{m}g\cancel{\cos\alpha}\sin\alpha} = \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{8T_1^2T_2^2\cancel{m}g\cancel{\cos\alpha}\sin\alpha} =$$

$$= \frac{(4b^2 - g^2\sin^2\alpha\, T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{8T_1^2T_2^2\cancel{mg}\cancel{\cos\alpha}\sin\alpha}$$

4) $\cancel{L = v_{0,1}T + \ldots}$ $\cancel{L = v_{0,1}T + v_{0,1}T}$

T – время от нач. перекр. первого Ф-а до нач перекр. 2-ого Ф-а.

$$L = v_{0,1}T + \frac{a_xT^2}{2} \qquad a_xT^2 + 2v_{0,1}T - 2L = 0$$

$$\cancel{T = -2v_{0,1}} \quad T = \frac{-v_{0,1} \pm \sqrt{v_{0,1}^2 + 2La_x}}{a_x}$$

Т.к $T > 0$ и $v_{0,1} > 0$,

$$\frac{D}{4} = D' = \sqrt{v_{0,1}^2 + 2La_x}$$

$$T = \frac{\sqrt{v_{0,1}^2 + 2La_x} - v_{0,1}}{a_x}$$

$$(D')^2 = \frac{(2b - a_xT_1^2)^2}{4T_1^2} + \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{4T_1^2T_2^2\cancel{\cdot 2}} =$$

$$= \cancel{(2b\ldots)} \frac{4b^2 + a_x^2T_1^4 - 4ba_xT_1^2}{4T_1^2} + \frac{(4b^2 - a_x^2T_1^2T_2^2)(T_1^2-T_2^2)}{4T_1^2T_2^2} =$$

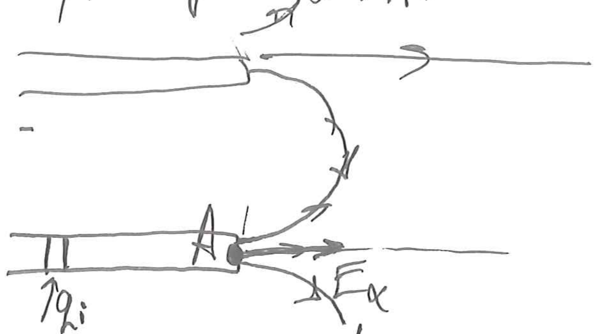
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Черновик

$dF = dq \cdot dE_x = E_{xA} \cdot dq$

3) Найдём E_{xA}.



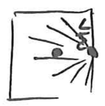
$E_x = \sum E_i = \sum \frac{kq_i}{r_i^2}$, $= \int\limits_0 \cancel{k \, (dr) \, k / dr^2 \cdot dq}$

$\cancel{= \frac{kQ}{L}}$

$\frac{1}{L^2} + \frac{1}{(0.8l)^2} + \frac{1}{(0.8l)}$

$= \cancel{\oint k \cdot Q \cdot \int\limits_0^{1/\alpha} \frac{1}{r^2} \cdot \frac{dr}{l} = \frac{kQ}{l^2} \cdot dq}$

$E_x \approx \frac{kQ}{L^2/4} = \frac{4kQ}{L^2}$



$dq = \frac{dx}{L} \cdot Q$

$F=$

$T = 2\pi\sqrt{CU_0} = 2\pi\sqrt{\frac{S\varepsilon\varepsilon_0}{d} \cancel{U_0}} =$

93-46-58-32
(1.3)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$$= \frac{4b^2 T_2^2 - 4b a_x T_1^2 T_2^2 + a_x^2 T_1^4 T_2^2 + 4b^2 T_1^2 - a_x^2 T_1^4 T_2^2 + a_x^2 T_1^2 T_2^4 - 4b T_2}{4T_1^2 T_2^2}$$

$$= \frac{4b^2 \cancel{T_1^2} - 4b a_x \cancel{T_1^2} T_2^2 + a_x^2 \cancel{T_1^2} T_2^4}{4\cancel{T_1^2} T_2^2} = \frac{(a_x T_2^2 - 2b)^2}{4T_2^2} =$$

$$\sqrt{D} = \frac{|a_x T_2^2 - 2b|}{2T_2}.$$

$$T = \frac{\frac{|a_x T_2^2 - 2b|}{2T_2} - \frac{2b - a_x T_1^2}{2T_1}}{a_x} = \frac{\frac{|a_x T_2^2 - 2b|}{2T_2} + \frac{a_x T_1^2 - 2b}{2T_1}}{a_x} =$$

$$= \frac{T_1(|a_x T_2^2 - 2b|) + T_2(a_x T_1^2 - 2b)}{2T_1 T_2 a_x} =$$

$$= \frac{T_1(|g\sin\alpha \, T_2^2 - 2b|) + T_2(g\sin\alpha \, T_1^2 - 2b)}{2T_1 T_2 \, g\sin\alpha}$$

т.к. по усл. нашей задачи, $g\sin\alpha T_2^2 - 2b > 0$, раскроем модуль.

$$T = \frac{\cancel{T_1 T_2} a_x \cdot T_2 - 2bT_1 + \cancel{T_1 T_2} a_x \cdot T_1 - 2bT_2}{\cancel{2T_1T_2}\, a_x} =$$

$$= \frac{a_x T_1 T_2 (T_2 + T_1) - 2b(T_2 + T_1)}{2T_1 T_2 a_x} = \frac{(T_1 + T_2)(a_x T_1 T_2 - 2b)}{2T_1 T_2 a_x} =$$

$$\boxed{= \frac{(T_1 + T_2)(g\sin\alpha \, T_1 T_2 - 2b)}{2T_1 T_2 \, g\sin\alpha}} = \frac{(2+1)\cdot(10\cdot\frac{1}{2}\cdot 2\cdot 1 - 2\cdot 0{,}1)}{2\cdot 2\cdot 1\cdot 10\cdot\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{3\cdot(10 - 0{,}2)}{20} = \frac{3\cdot 9{,}8}{20} = \frac{1{,}5\cdot 9{,}8}{10} = \boxed{1{,}47\,c}$$

Ответ: 1,47 с.

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

Чистовик Задача 2

1) В помещение с сухим воздухом внесли воду. Вода начнёт испаряться, причём пока пар не достиг состояния насыщенного пара, испаряться будет больше, чем конденсироваться.

Когда пар будет насыщен, система достигнет ~~теплового равнов~~ состояния равновесия ~~термодинамич~~ (конденсируется столько же, сколько испаряется.)

2) Рассмотрим это состояние, чтобы найти массу воды, которая будет находиться в воздухе в виде пара. Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона.

$P_{нас}V = \nu RT$ $\quad P_{нас}V = \frac{m_п}{\mu}RT$ $\quad \underline{m_п = \frac{\mu P_{нас}V}{RT}}$

3) При испарении вода отдаёт теплоту и охлаждается.

$|Q_{исп}| = r_п \cdot m_п = \frac{\mu P_{нас} V r_п}{RT}$

4) При охлаждении ниже 0°С или 273 К вода замерзает => теплота, которую отдала вода будет компенсирована теплотой, выделившейся при замерзании Δm кг воды.

5) $Q_{зам} + Q_{исп} = 0$ или $|Q_{зам}| - |Q_{исп}| = 0$

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

$$\Delta m = m_п \cdot \frac{r_п}{\lambda_к} = \boxed{\frac{\mu P_{нас} V r_п}{\lambda_к R T}} = \frac{18\cdot 10^{-3}\cdot 611\cdot 30\cdot 2,3\cdot 10^{6}}{8,31\cdot 273\cdot 3,3\cdot 10^{5}} =$$

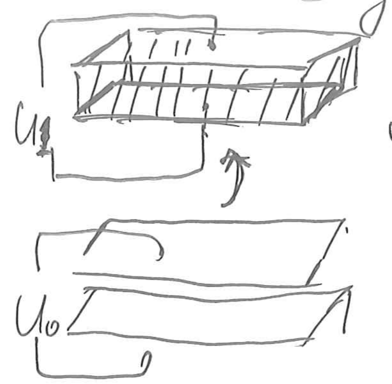
(* Температура будет оставаться постоянной = T.)

$$= \frac{18\cdot 611\cdot 3\cdot 2,3}{8,31\cdot 273\cdot 33} = \frac{27\cdot(611\cdot 2\cdot 2,3)}{27\cdot 2,77\cdot 91\cdot 11} = \boxed{1,01\ кг}$$

Ответ: $\boxed{\Delta m = 1,01\ кг}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик Задача 5



1) Найдём напряжение U_1 между обкладками конденсатора с пластиной.

Из з-на сохр. заряда:

$q_0 = q_1$;

$q_0 = C_0 U_0$; $q_1 = C_1 U_1 = C_0 U_1 \varepsilon$

$C_0 = \frac{S\varepsilon_0}{d}$

$C_1 = \frac{S\varepsilon\varepsilon_0}{d} => C_1 = \varepsilon \cdot C_0$

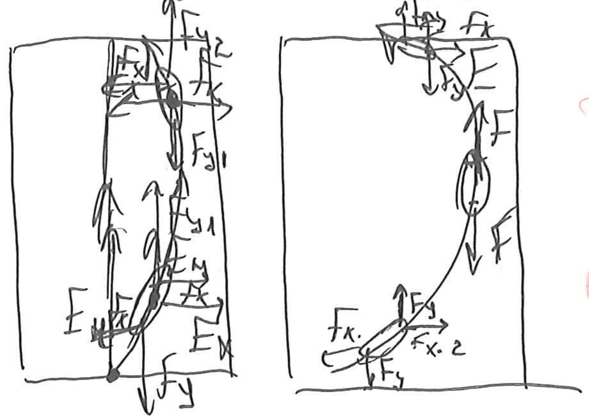
$C_0 U_0 = C_0 U_1 \varepsilon$

$=> \boxed{U_1 = \frac{U_0}{\varepsilon}}$

2) Рассмотрим малое смещение пластины δx. Т.к. $dx << d << L$, $\underline{U = U_1}$.

диэлектрик поляризуется.

Рассмотрим силы действующие на диполи наход. в кусочке dx



Заметим, что для малого δx

$E_y \approx E/2$

Рассмотрим 2 диполя в слое:

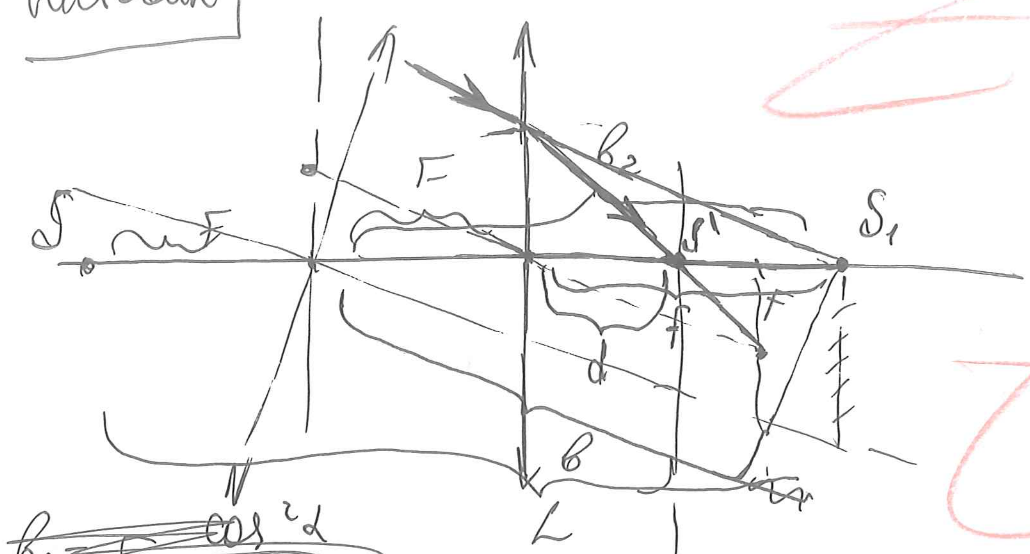
ΣF_i для этих двух диполей:

$F_{равн} = 2\cdot(F_{x1} - F_{x2}) = 2\Delta F_{ix}$

$=> F_{на\ слой} = \Delta F_{x_i} = q_i \Delta E_x$

$=> dF = dq \cdot \Delta E_x$

Чистовик



$\cancel{b_2 = F\frac{\cos^2\alpha}{\cos\alpha - 1}}$

$\cancel{f = b_2 - F = F\left(\frac{\cos^2\alpha}{\cos\alpha-1} - 1\right) = F\left(\frac{\cos^2\alpha - 1}{\cos\alpha - 1}\right)} =$

$\cancel{= F\cdot\frac{\cos^2\alpha - \cos\alpha + 1}{\cos\alpha - 1}}$

$b_2 = b/\cos\alpha = \frac{F}{\cos\alpha - 1}$ $\quad f = b_2 - F = F\left(\frac{1}{\cos\alpha - 1} - 1\right) =$

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

$\left(\cancel{\frac{2\cos\alpha}{\cos\alpha - 1} = \frac{2\cdot\frac{\sqrt3}{2}}{\frac{\sqrt3}{2} - 1} = \frac{\sqrt3}{\sqrt3/2 - 1}} \quad \frac{2 - \cos\alpha}{\cos\alpha - 1} = \frac{2 - \sqrt3/2}{\sqrt3/2 - 1} \sim \frac{1{,}1}{0{,}8} > 1\right)$

$\frac1d - \frac1F = \frac1F \quad \frac1d = \frac1F + \frac1f = \frac1F\cdot\left(\frac{\cos\alpha - 1}{2 - \cos\alpha} + 1\right) = \frac1F\cdot\left(\frac{\cos\alpha - 1 + 2 - \cos\alpha}{\cos\alpha - 1}\right) =$

$= \frac1F\cdot\left(\frac{1}{\cos\alpha - 1}\right) \Rightarrow \cancel{d = \frac{F}{\cos\alpha - 1}} \quad d = F(\cos\alpha - 1)$

$L = \cancel{d + 2F = F\cdot\left(2 + \frac{1}{\cos\alpha - 1}\right)} \Rightarrow L = d + 2F = F(\cos\alpha + 1)$

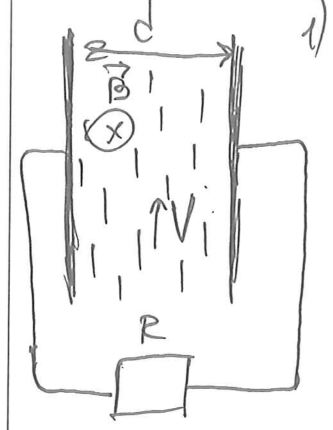
Ответ: $\boxed{L = F(\cos\alpha + 1)} = 7{,}5\cdot\left(\frac{\sqrt3}{2} + 1\right) \approx 7{,}5\cdot 1{,}883 =$

$= \boxed{14{,}12 \text{ см}}$

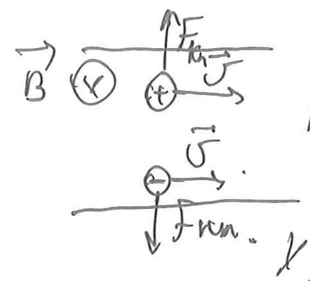
175.

93-46-58-32 (1.3)

Чистовик Задача 3



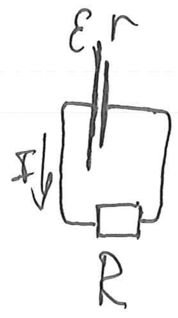
1) Т.к. жидкость проводящая, в ней есть заряженные частицы, под действием кулоновских сил они будут перемещаться к пластинам.



Поэтому между пластинами будет возникать ЭДС $\mathcal{E}$, причём $\mathcal{E} = vBd$.

У жидкости есть своё внутреннее сопротивление.

2) Поэтому, мы можем рассматривать конструкцию из пластин, как источник ЭДС $\mathcal{E}$ и внутренним сопротивлением r.



3) Найдём, когда будет достигнута максимальная мощность.

$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ $\quad P_{(R)} = I^2R = \mathcal{E}^2\cdot\frac{R}{(R+r)^2}$

$P_{max} \Rightarrow P' = 0$

$\left(\mathcal{E}^2\cdot\frac{R}{(R+r)^2}\right)' = 0 \Rightarrow \left(\frac{R}{(R+r)^2}\right)' = 0$

$\cancel{\frac{R\cdot 2(R+r) - (R+r)^2}{(R+r)^4}} \quad \cancel{\frac{1\cdot(2(R+r)) - R\cdot(R+r)^2}{(R+r)^4}} = 0$

$\Rightarrow \cancel{\frac{2R + 2r - R^2 - 2Rr - r^2}{(R+r)^4}} = 0 =$

$\frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^4} = 0 \quad \frac{r^2 - R^2}{(R+r)^4} = 0 \quad \frac{(r-R)(r+R)}{(R+r)^4} = 0$

$\Rightarrow R = r \Rightarrow$ максимальная мощность достигается при $R = r$.

Чистовик.

4) $P_m = I^2 R = \mathcal{E}^2 \frac{R}{(R+r)^2}$, $r = R$ =>

$P_m = \mathcal{E}^2 \cdot \frac{R}{(R+R)^2} = \frac{\mathcal{E}^2}{4R} = \frac{(vBd)^2}{4R}$

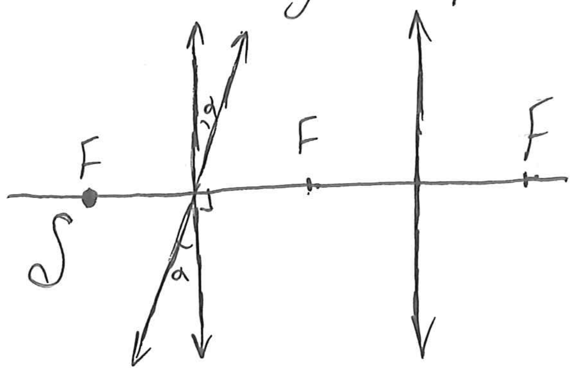
$vBd = 2\sqrt{PR}$ $\boxed{d = \frac{2\sqrt{PR}}{vB}}$

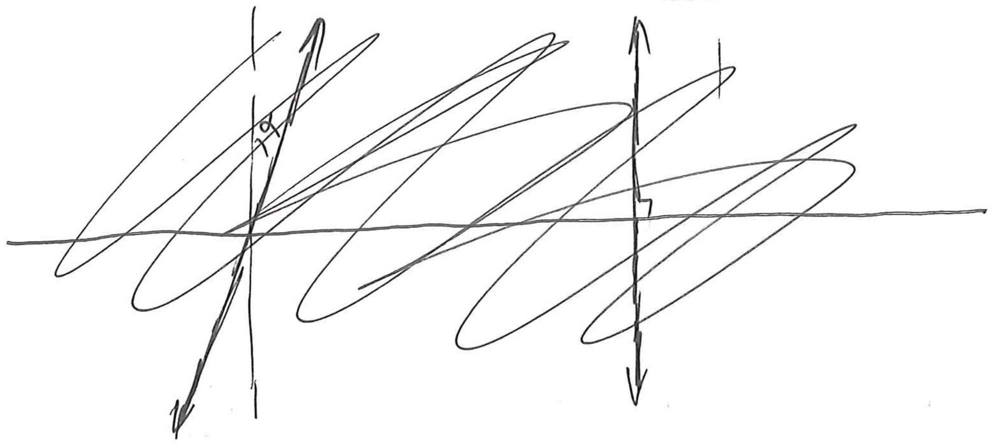
$d = 2\cdot\frac{\sqrt{0{,}4\cdot 1\cdot 10^{-3}}}{0{,}1\cdot 1} = \frac{2\cdot\sqrt{4\cdot 10^{-4}}}{10} = 0{,}4\,м = 40\,см.$

\+ 20Б

Ответ: $d = 40$ см.

Задача 4

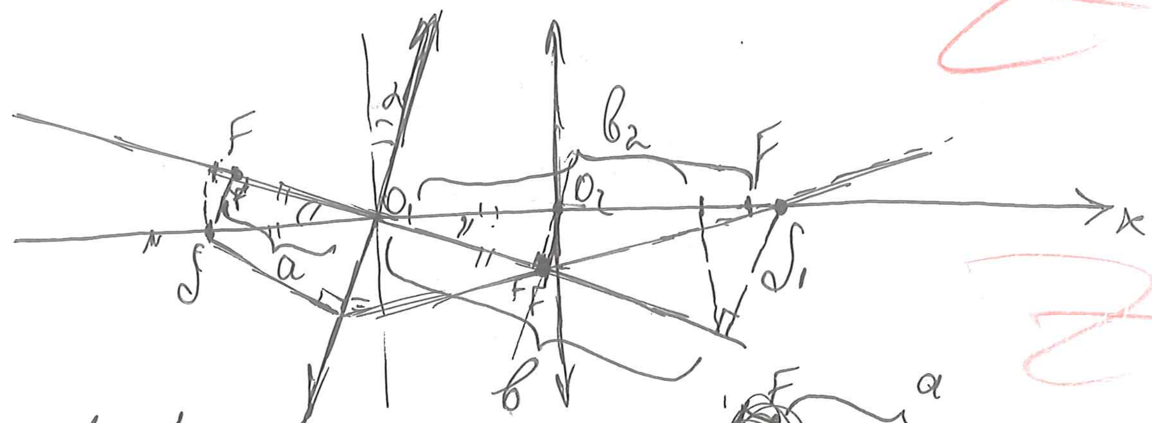




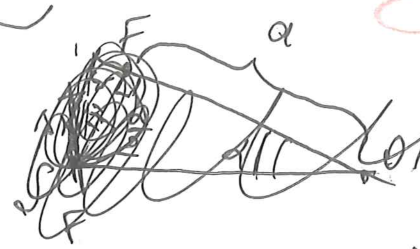
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

1) Построим изобр-е источника S в первой линзе так, как будто бы нет второй линзы.



$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ $a = F - \Delta x$



Найдём Δx

$h = F\sin\alpha$ $\beta = \frac{180° - \alpha}{2} = 90° - \frac{\alpha}{2}$

$\gamma = \frac{\alpha}{2}$

$\Delta x = h\,tg\,\gamma = F\sin\alpha\, tg\frac{\alpha}{2}$

$a = F - \Delta x = F\cdot(1 - \sin\alpha\, tg\frac{\alpha}{2}) = F\cdot(1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2}) = F\cdot\cos(2\cdot\frac{\alpha}{2}) = \cancel{= F\cos\alpha}$

$a = F\cos\alpha$ $\frac{1}{F\cos\alpha} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{b} = \frac{1}{F}\cdot\left(1 - \frac{1}{\cos\alpha}\right) = \frac{1}{F}\cdot\left(\frac{\cos\alpha - 1}{\cos\alpha}\right)$ +

2) Рассмотрим ход лучей во второй линзе. S_1 - мнимый источник.