0 317618 760005

31-76-18-76
(2.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

+1 лист Са

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

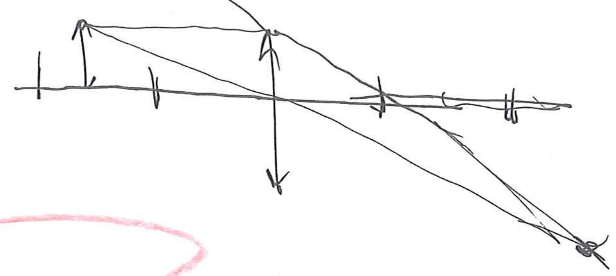
Богдасаряна Александра Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» Февраля 2025 года

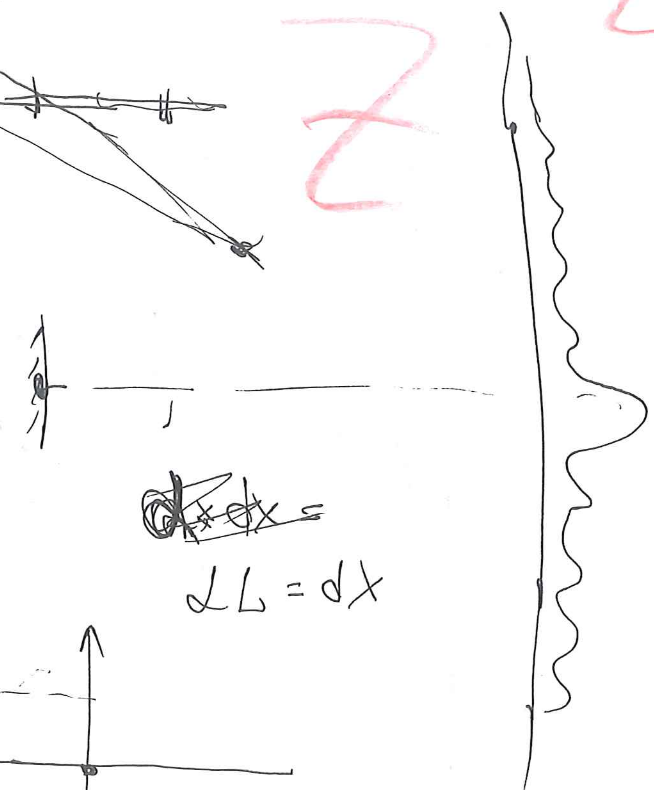
Подпись участника

Черновик

$\frac{2,5}{100} = 0,025$

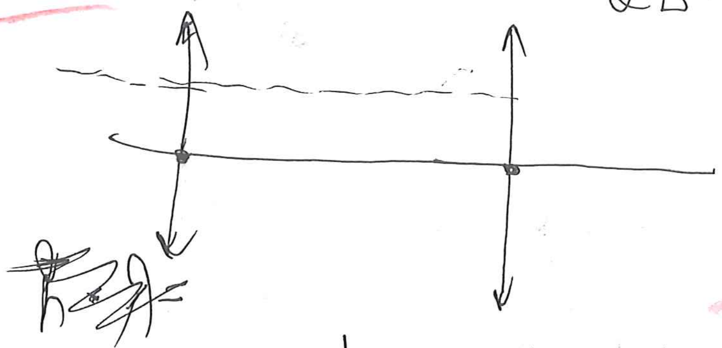


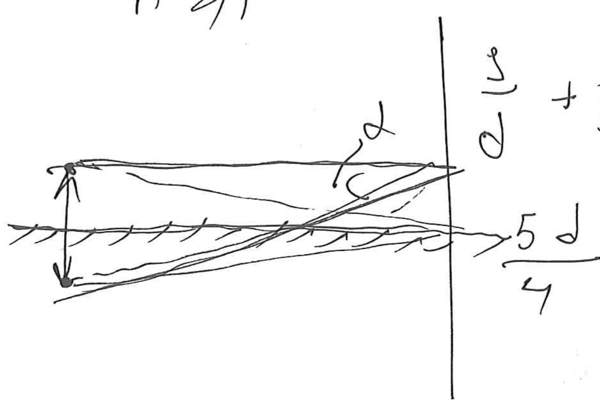
ITл



$\Gamma = 3$

$\angle L = dx$





$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{f}$, => $f = \frac{3d}{4}$

$\frac{5d}{4}$

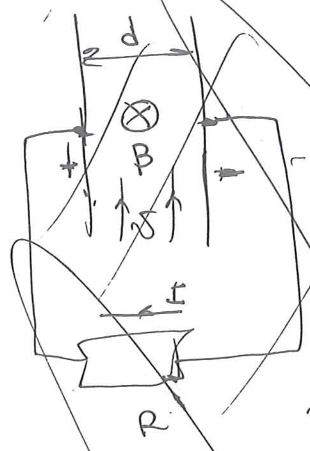
$\frac{3d}{4} + \frac{d}{2}$

31-76-18-76
(2.1)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	20	15	95

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№3



В установившемся режиме ток в цепи постоянен,

~~при этом заряд на конденс.~~
~~так же постоянен.~~

Запишем равенство сил на группу электр. с зарядом q:

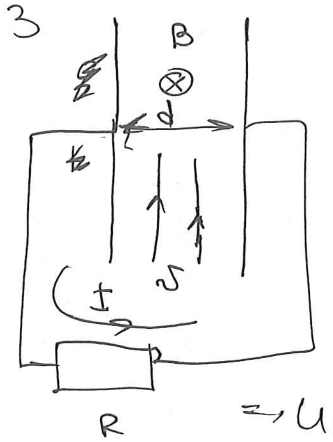
$vBq = Eq$, => $E = vB$ (E – напряженность, которую создаёт конденсатор.

~~при этом заряд на конденс. постоянен.~~

$P_m = \frac{U_m^2}{R}$ => $U_m = \sqrt{R P_m}$ (U_m – макс. напряж. на резисторе.)

~~Т.к. d – очень велико, то нам мы тики не пр~~

№3



~~Система представляет из себя конденсатор, внутри~~ которого течёт вода.

$P_m = \frac{U_m^2}{R}$, => (U_m – максим. напряж. на резисторе.)

=> $U_m = \sqrt{P_m R}$

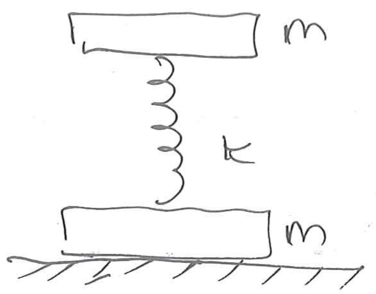
~~Пусть конденс. заряжается до напряж.~~ заряда

* Рассм. маленькую „полосочку" водн.
(продолж. на доп бланке)

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

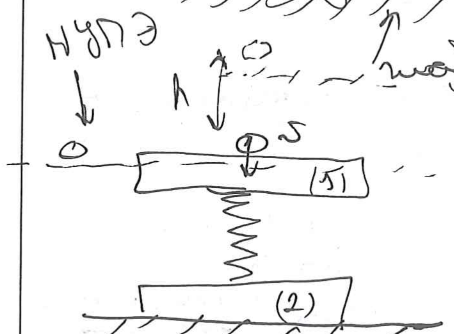
№1 Отв

~~Колебания~~ перестанут быть гармонич., если нижний брусок будет отрываться.



~~Перейдём в альтернативн. задачу~~:

~~Можно перейти в новое полож. пружины, тогда изменение потенц. эн. можно не учитывать~~



$v = \sqrt{2gh}$ — скорость шарика около 1-ого бруска. ~~шарика~~.

Запишем ЗСЭ с учётом того, что изменен. потенц. энерг. (1) в поле тяжести + изменен. потенц. эн. пружины = изменен. потенц. энергии пружины, с новым положением равновесия

$$\left(\delta A = \delta W = -mg\,dx + kx\,dx = -mg\,dx + (kx_0 + k\Delta x)dx = k\Delta x\,dx\right) \Rightarrow W = \frac{k\Delta x^2}{2}$$

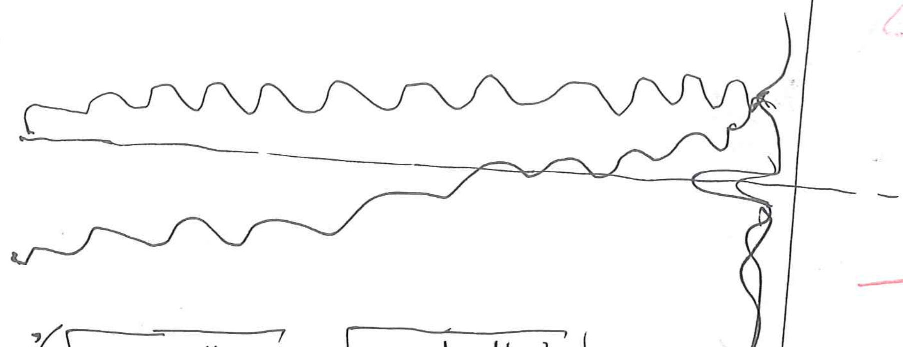
(x_0 — начальн. удлин. пружины; Δx — удлин. пружины относ. нового полож. равн.)

ЗСЭ: $Hmg + \dfrac{kH^2}{2} = E_0$

(расст момент наибольшего подъёма 1 плиты относит. нового полож. равновес.)

Черновик (1)

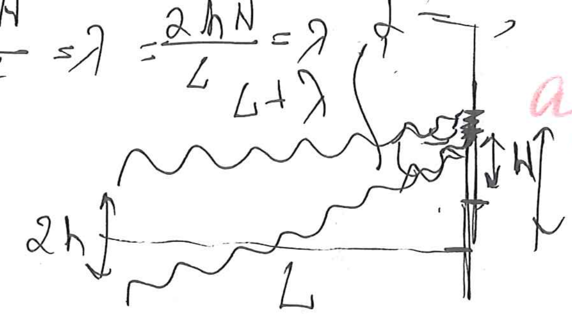
Тут $(Z = H)$

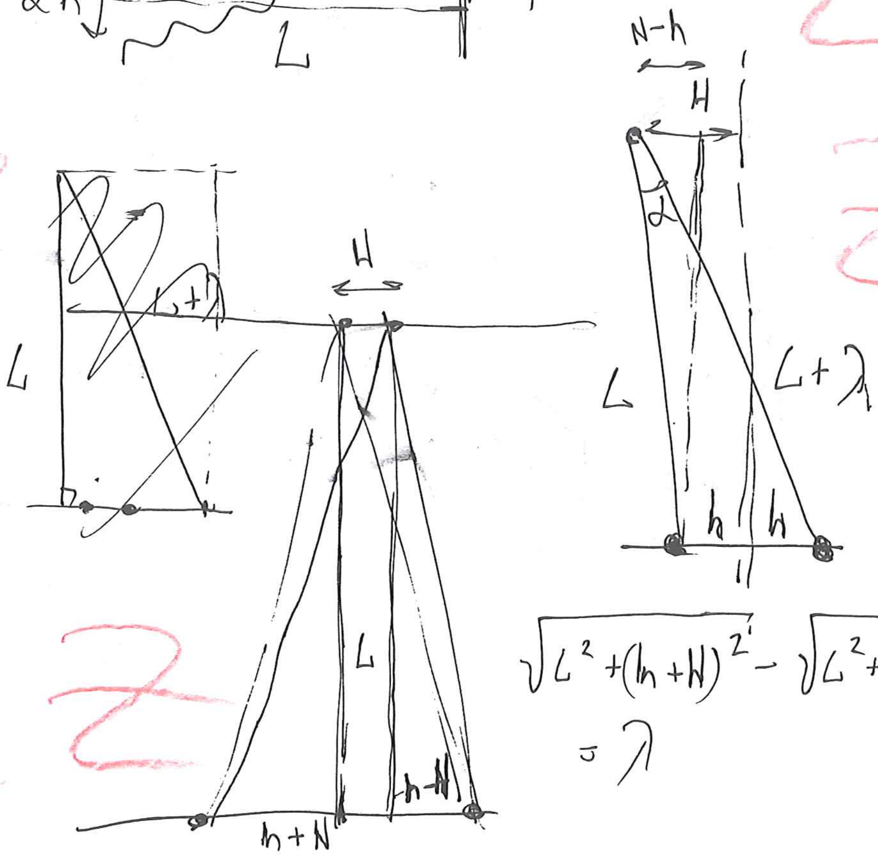


$$L\left(\sqrt{1+\left(\frac{h+H}{L}\right)^2} - \sqrt{1+\left(\frac{h-H}{L}\right)^2}\right) = L\left(1 + \frac{(h+H)^2}{L^2 \cdot 2} - 1 - \frac{(h-H)^2}{L^2 \cdot 2}\right) =$$

$$= L \times \frac{2hH}{L^2} = \lambda \qquad \frac{2hH}{L} = \lambda \qquad H \neq \alpha = \lambda$$

а порядок интерференции?





$$\sqrt{L^2 + (h+H)^2} - \sqrt{L^2 + (h-H)^2} = \lambda$$

По известной формуле ~~НЗЛ~~ $Z \times \alpha = \lambda$? откуда известно

(её „вывод" есть в черновике, там подписан как $\boxed{\text{черновик (1)}}$) (т.к. $\alpha \ll 1$; $\frac{h}{L} \ll 1$)

что такое Z?

$Z \times \alpha = \lambda$, $\Rightarrow$ т.к. $\alpha = \frac{2h}{L}$, то

$$Z \times \frac{2h}{L} = \lambda = \frac{N}{N} \times \frac{2h}{L} = \lambda, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{N}{N} \times \frac{2h}{\lambda} + \cong \frac{0{,}05\,м}{200} \times \frac{2 \times 0{,}001\,м}{0{,}5 \times 10^{-6}\,м} =$$

$$= \frac{\cancel{5}^{10} \times 10^{-2} \times \cancel{2} \times 1 \times 10^{-3}}{\cancel{2} \times 10^{2} \times 0{,}5 \times 10^{-6}}\,м = \frac{10}{10}\,м = 1\,м$$

Итак, $L = 1\,м \gg H$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ расстоян. между интерференц. полосами $\cong$ Const.

$\boxed{\text{Ответ: } L = 1\,м}$ +

31-76-18-76
(2.1)

Удар шарика ~~Аhеу~~ Анеу, $\Rightarrow$ $mv = 2mu$, $\Rightarrow$

$$\Rightarrow u = \frac{v}{2}, \Rightarrow E_0 = \frac{2m v^2}{2 \times 4} = \frac{m v^2}{4}.$$

(u - ск. бруска 1 с шар. после удара)

(E_0 - нач. энерг. системы)

$$mgH + \frac{kH^2}{2} = \frac{mv^2}{4} = \frac{m \cdot 2gh}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mgH + \frac{kH^2}{2} = \frac{mgh}{2}$$

$$\frac{H^2 k}{2} + mgH - \frac{mgh}{2} = 0$$

$$H = \frac{-mg \pm \sqrt{m^2g^2 + mghk}}{k}$$

очев, что берём знак +, т.к. мы ищем ~~вы~~ макс. высоту подъёма над новым полож. равновес.

(H - макс высот. подъёма, очев, что когда брусок, на высоте H его ск. = 0)

$X_0 = \frac{mg}{k}$; чтоб нижний ~~брусок~~ не отрыв. нужно, чтоб $(H - X_0)k \le mg$, $\Rightarrow$ (сила тяги не будет отрывать нижнюю плиту)

$$\Rightarrow \left(-\frac{mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}} - \frac{mg}{k}\right)k \le mg$$

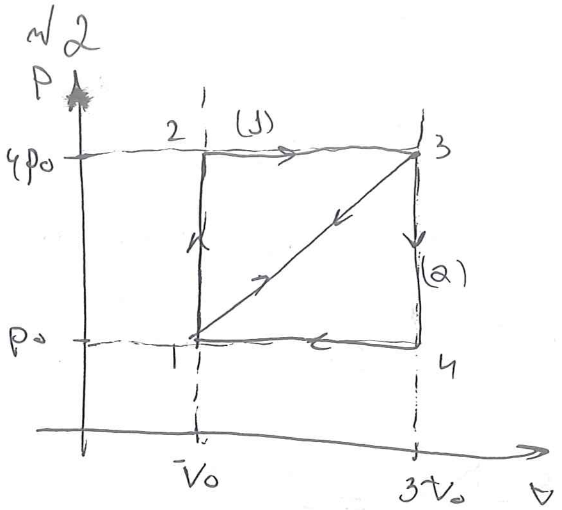
$$\sqrt{(mg)^2 + mghk} \le 3mg, \Rightarrow m^2g^2 + mghk \le 9m^2g^2, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8mg \ge hk, \Rightarrow \boxed{h \le \frac{8mg}{k}}$$

Очевидно, что если увелич. h, H может будет расти, $\Rightarrow$ $\boxed{h_m = \frac{8mg}{k} = 8\,см}$

№2

Перерис. ~~по~~ диаграмму



Работу циклов можно посчитать как площ. ~~под гр~~ „внутри" цикла.

Т.к. 12 и 34 – изохоры; а 23 и 14 – изобары, то 1234 – прямоуг., => площ △123 = площ.△134, =>

=> работа A_1 = работе $A_2 = A$ (A_i – работа в i-ого цикла)

$|Q_{-1}| = Q_{13}$

$|Q_{+2}| = Q_{13}$ } =>

Q_{+i} – подводимое тепло к газу в i-ом ~~процессе~~ цикле

Q_{-i} – отвод. тепло в i-ом цикле.

=> $\eta_1 = \frac{A_1}{|Q_{-1}|+A_1} = \frac{A}{Q_{13}+A}$

η_i – КПД ~~в~~ i-ого процесса

$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_{+2}} = \frac{A}{Q_{13}}$, =>

=> $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{Q_{13}+A}{Q_{13}}$ $\qquad Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13}$

$Q_{13} = \frac{3}{2}(3V_0\cdot 4p_0 - p_0V_0) + A_{13} = \frac{3}{2}\cdot 11p_0V_0 + 2V_0\cdot\frac{1}{2}\cdot 5p_0 = \frac{33}{2}p_0V_0 + 5p_0V_0 = \boxed{\frac{43p_0V_0}{2}}$, =>

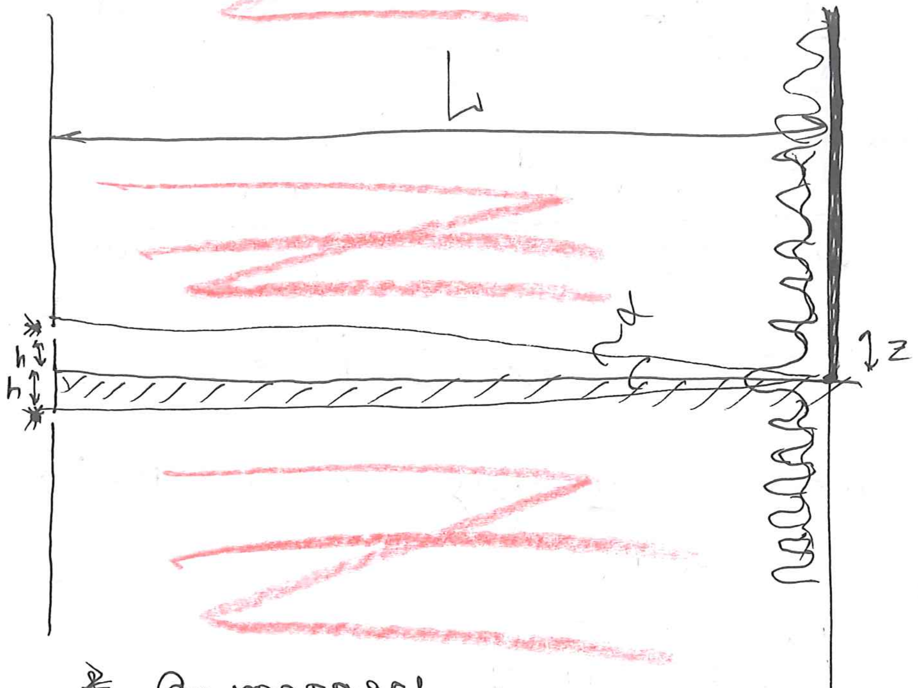
=> $d\Gamma - 2x\Gamma = (\Gamma+1)x + d$, =>

=> $d = \frac{2x\Gamma + (\Gamma+1)x}{\Gamma-1} = \frac{3x\Gamma + x}{\Gamma-1} = 5x =$

= 25 см.

$\boxed{\text{Ответ: } d = 25 \text{ см}}$

№5



~~Во~~ Отражаясь от зеркала источник как будто создаёт 2 когерентных источника, расположенных на расстоянии 2h друг от друга. Они создают интерференционные полосы, ~~т.к. угол α << 1 (в по усл. h << L)~~.

Расстоян. между полосами = $\frac{H}{N}$ = 0,025 см = = 0,25 мм = z

(~~Прдо~~ Тут я представляю, что L >> H, тогда расстоян. между. интерференц. полос = const, ~~и~~ получив ответ я покажу, что L >> H)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d-x} - \frac{1}{\tilde\Gamma(d-x)} = \frac{\tilde\Gamma - 1}{\tilde\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{4}{3d} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\tilde\Gamma(d+x)} =$$ (очевидно, что изобр. в линзе 2 осталось действит.)

$$= \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d+x)}$$

$$\cancel{\tilde\Gamma d - d} = 2\tilde\Gamma d - 2\tilde\Gamma x$$

$$\tilde\Gamma d = 2\tilde\Gamma x - d, \Rightarrow \tilde\Gamma = \frac{d}{2x-d}$$

$$\frac{4}{3d} = \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d+x)}, \Rightarrow 4\tilde\Gamma d + 4x\tilde\Gamma = 3d\tilde\Gamma + 3d$$

$$\tilde\Gamma(d+4x) = 3d, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d}{2x-d}(d+4x) = 3d, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6x - 3d = d + 4x, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2x = 4d, \Rightarrow x = 2d,$$ но $x < d$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ такой случай нам не подходит, стержень не может пройти сквозь линзу. ?

Итак, $\Rightarrow d = 5x$.

Получим уравн. для d в общем виде:

$$\frac{\Gamma+1}{\Gamma d} = \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d+x)}, \Rightarrow \cancel{(\Gamma+1)d\tilde\Gamma + \tilde\Gamma(d+x)}$$

$$\Rightarrow (\Gamma+1)\tilde\Gamma d + (\Gamma+1)\tilde\Gamma x = \tilde\Gamma\Gamma d + \Gamma d$$

$$\tilde\Gamma d + \Gamma\tilde\Gamma x + \tilde\Gamma x = \Gamma d, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tilde\Gamma = \frac{\Gamma d}{(\Gamma+1)x + d} = \frac{d}{d-2x}, \Rightarrow$$

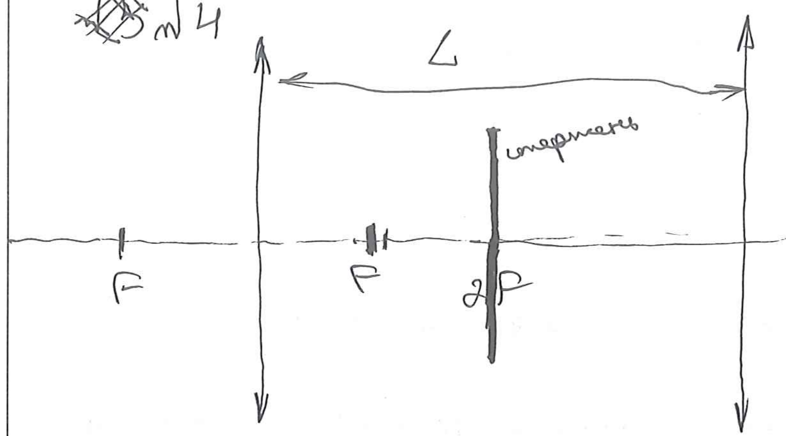
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

31-76-18-76
(2.1)

$\Rightarrow$ т.к. $A = \frac{3p_0 \times 2V_0}{2} = 3p_0V_0$, то

$$\frac{\eta_{12}}{\eta_{21}} = \frac{\frac{43}{2} + 3}{\frac{43}{2}} = \boxed{\frac{49}{43}}$$

№4



Т.к. 1-ая линза даёт изображение без увеличения, то стержень находится на двойном фокусном расстоянии от 1-ой линзы (или 2-ой, это не имеет значения), $\Rightarrow$ расстояние между линзами L равно $4F$.

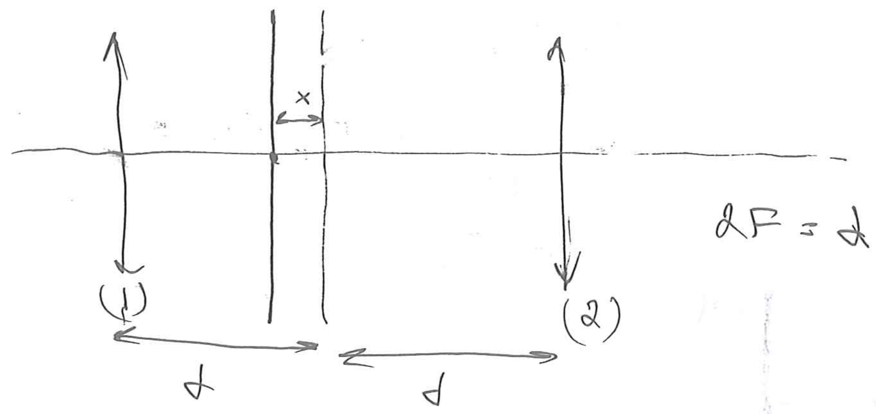
Если сместить стержень вправо, то изобр. от 1-ой линзы — уменьшится, и т.к. $\Gamma = 3$ у 2-ой линзы, то $\Rightarrow$ стержень находится (т.к. линзы дают действит. изображения) ближе двойного фокусного расст. ~~от~~ 2-ой линзы, но дальше фокуса, $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ~~изобр. стержня во 2-ой линзе~~

— ~~...~~, и если подвинуть стержень ко 2-ой линзе, то ~~...~~ изображение увеличится, $\Rightarrow$ изображ. одинак. размера стать не могут, $\Rightarrow$

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

=> стержень подвинут от линзы, которая даёт изобр. с увеличением = 3.



$2F = d$ (*)

Предположим, что изобр. ~~в~~ стержня в линзах осталось действит; ~~(в изобр. стержня в л. 2 — мнимое)~~.

Запишем ФТЛ:

(1): $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{\tilde\Gamma(d-x)} = \frac{1}{F} = \frac{2}{d}$, =>

=> $\frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d}$ $\quad\tilde\Gamma$ — новое увеличение обеих линз

(2): До: $\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{f}$ (f — фокусн. расст 2-ой линзы)

~~"+" — т.к. выяснили, что изобр. мнимое~~.

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{\tilde\Gamma(d+x)} = \frac{1}{f} = \frac{\Gamma+1}{d\Gamma} = \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d+x)}$

Имеем 2 уравнения, 2 неизвестных, решим систему:

$$\begin{cases} \frac{4}{3d} = \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d+x)} \\ \frac{\tilde\Gamma+1}{\tilde\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d} \end{cases}$$

$d\tilde\Gamma + d = 2d\tilde\Gamma - 2x\tilde\Gamma$

$d + 2x\tilde\Gamma = d\tilde\Gamma$, => $\boxed{\tilde\Gamma = \frac{d}{d-2x}}$, =>

=> $4d\tilde\Gamma + 4\tilde\Gamma x = 3d\tilde\Gamma + 3d$, ~~$d\tilde\Gamma - 2x\tilde\Gamma = 3d$~~

~~=> изобр. стержня в 1 из линз стало мнимым, либо в 1 из линз стало действит.~~

~~(действительно, если изобр. в 1 линзе — мнимое, а в 2л~~

$d\tilde\Gamma + 4x\tilde\Gamma = 3d$, =>

=> $\frac{d}{d-2x}\cdot(d+4x) = 3d$, =>

=> $d+4x = 3d-6x$, => $\boxed{d = 5x}$

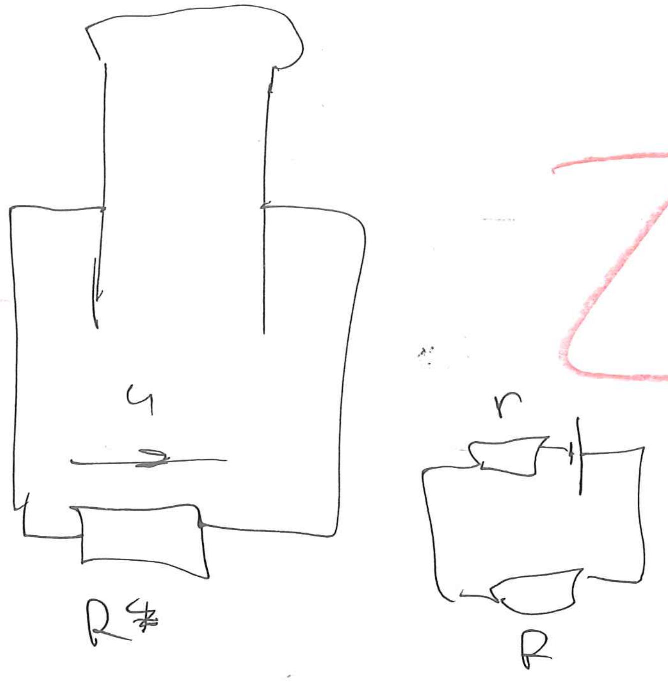
Если предположить, что изобр. в линзе 1 стало мнимым, то это означает, что x должно быть больше F (ведь раньше стержень находился на расст. 2F от линзы, чтоб изобр. стало мнимым, стержень должен попасть в область от 0 до F (не включая края)), =>

=> $x > \frac{d}{2}$; при этом $x < d$ (очев)

~~Т.к. $\frac{2}{d}$, Г = 3, то f 2-ой линзы = $\frac{3}{4}d$ (из формулы тонкой линзы), =>~~

Итак, если изобр. в линз 1 стало мнимым, то:

Черновик



$\sqrt{R P_м} = \frac{v B d}{2}$

$B = \frac{2\sqrt{R P_m}}{v \times d}$

$\frac{8\times 0{,}1\times 10}{100} = 8$

$\frac{2\sqrt{R P_m}}{2 v d} = B$

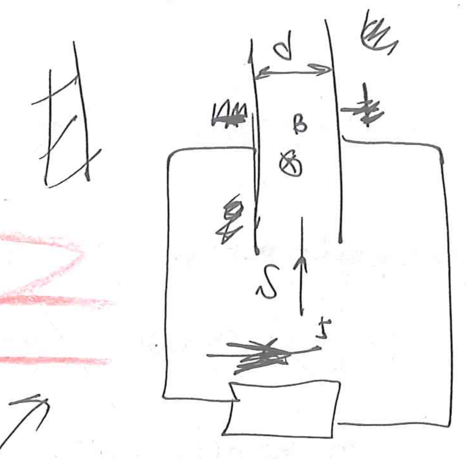
$\frac{2\sqrt{0{,}4\times 0{,}001}}{2\times 0{,}01\times 0{,}4} = \frac{2\times 0{,}02}{0{,}01\times 0{,}4}$

$B = \frac{2\sqrt{R P_m}}{v B}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

31-76-18-76 (2.1)

Она имеет скорость v в магн. поле B, ⇒ ⇒ она создаёт ЭДС индукции, по модулю равную $\mathcal{E}_i = B v d$.



Ток через резистор R равен $\frac{U_m}{R} = I_1$ ⇒

$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{P_m}{R}}$

т.к. d – велико, то это не конденсатор.

~~Представим, что у конденс. ... ёмкость равна C, ⇒ $U_к = \frac{q}{C}$~~

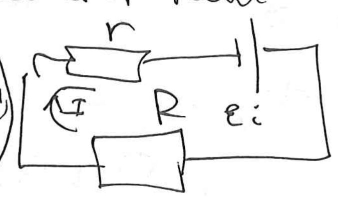
У вода есть какое-то удельное сопротивление. ~~а конденсатор будет разряжаться (с той же скоростью, что и заряжаться в уст. режиме)~~

Т.к. поток воды всегда имеет 1 и ту же скорость, то $\mathcal{E}_i = const$.

Возьмём $\mathcal{E}_i$ как отдельную батарейку, а воду, текущую между пластинами, как резистор ~~воды~~ сопротивления R.

Т.е. эквивалентная схема выглядит так:

(либо просто скажем, заметим что, что переход эквивалентен)



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

$$P_R = \frac{\varepsilon_i^2}{R+2r+\frac{r^2}{R}}$$ (P_R - мощн. на резисторе R)

P_R - max, => $R+2r+\frac{r^2}{R}$ - min

~~Зафиксируем r и будем менять R.~~

~~R у нас зафиксировано, значит относит. r $R+2r+\frac{r^2}{R}$ - парабол. ветви вниз, => минимум в вершине~~

Предположим r - фиксированно, =>

=> нужно минимизировать $(\frac{r^2}{R}+R)$.

=> По нерав. Коши $\frac{r^2}{R}+R$ - минимально, если $\frac{r^2}{R}=R$, => $R=r$, но R у нас определённое, => $R=r=0,4$ Ом.

(r не может быть $=0$, чтобы получить макс. мощность, изначально померили r, а затем подгоняли $R=r$, при таком условии $P=P_m$)"

$P_R=P_m=\frac{\varepsilon_i^2}{4R}$, => $\sqrt{P_m\times R}\times 2=\varepsilon_i=vBd$, =>

$$=> B=\frac{2\times\sqrt{P_m\times R}}{v\times d}=\frac{2\times\sqrt{0,4\times 1\times 10^{-3}}}{0,1\times 0,4}=$$

2б

$$=\frac{2\times 0,02}{0,04}=1 \text{ Тл}$$

$\boxed{\text{Ответ: } B=1 \text{ Тл}}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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