0 886109 450003

88-61-09-45
(2.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Зазепина Егора

Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 13:01 - Вернулся 13:04

Дата
«14» Февраля 2025 года

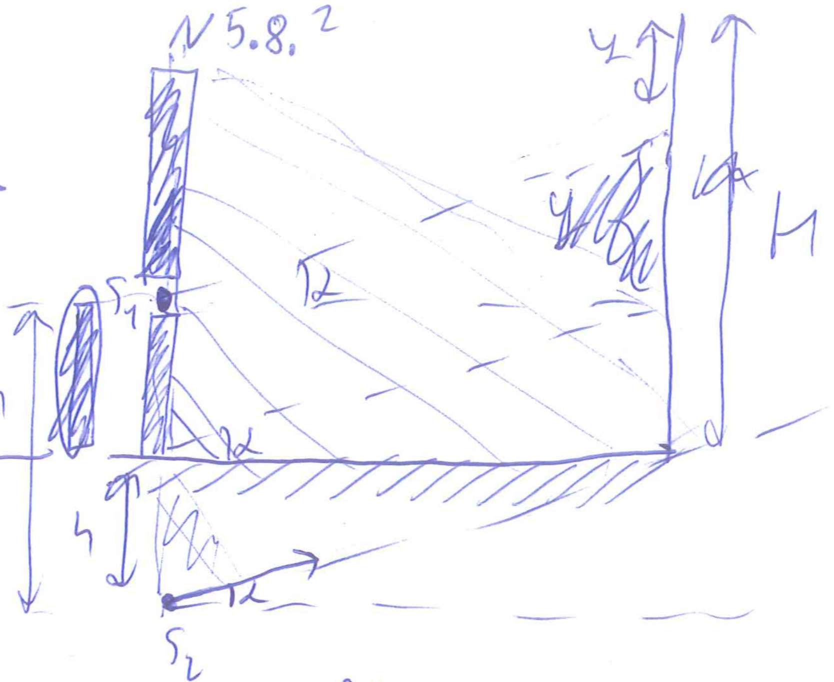
Подпись участника

№5.8.2

Дано:

$\lambda = 0{,}5$ мкм
$h = 1$ мм
$N = 100$ шт
$H = 5$ см

L — ?



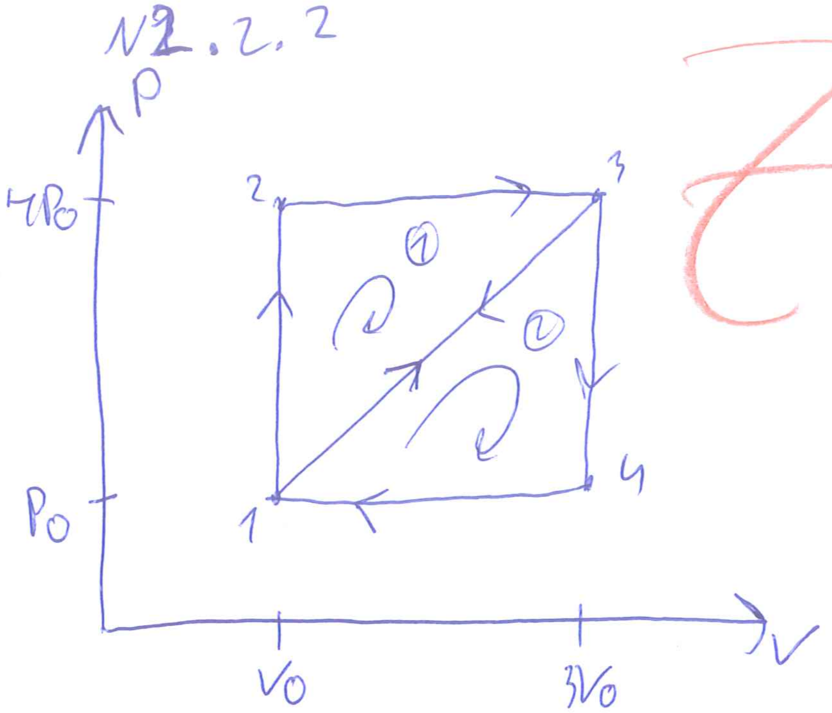
По принципу Гюйгенса-Френеля в щели создаётся точечный (так как щель — маленькая) источник света S_1. Он отражается в зеркале, его отражение — S_2. Заштрихованная область — область видимости S_2. В неё полностью входит экран 2. Интерференционные полосы наблюдаются из-за интерференции волн, исходящих от S_1 и S_2. ~~Их~~ Будут интерферировать все волны, испущенные под углом $\beta > \alpha$, где $\alpha = \frac{h}{L}$.

Ширина интерференционных полос $x = \frac{\lambda L}{S_1S_2} = \frac{\lambda L}{2h}$

88-61-09-45 (2.3)

1	2	3	4	5	Σ
9	20	12	20	19	80

№2.2.2



Для цикла 1: тепло подводится на уч-ках 1-2 и 2-3, а отводится на уч-ках 3-1.

Для цикла 2: тепло подводится на уч-ке 1-3, а отводится на уч-ках 3-4 и 4-1.

$\eta_i = 1 - \frac{Q_{отв\,i}}{Q_{подв\,i}}$ — КПД цикла ($i^{ого}$)

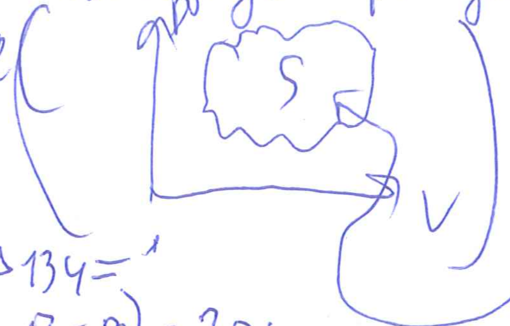
$$\begin{cases} \eta_1 = 1 - \frac{Q_{13}}{Q_{12}+Q_{23}} \\ \eta_2 = 1 - \frac{Q_{34}+Q_{41}}{Q_{13}} \end{cases}$$

, здесь я пользуюсь тем, что $|Q_{31}| = |Q_{13}|$ — (в обратном пр-се $Q_{подв} = Q_{отв}$ — в изн. пр-се)

Q_i — модуль теплоты подведённой или отведённой в пр-се i (подв. или отв. зависит от направления пр-сса).

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{(Q_{12}+Q_{23}-Q_{31})\cdot Q_{31}}{(Q_{12}+Q_{23})(Q_{31}-Q_{34}-Q_{41})}$$

Заметим, что $A_1 = Q_{12}+Q_{23}-Q_{31}$ − р-та газа в цикле 1, а $A_2 = Q_{31}-Q_{34}-Q_{41}$ − р-та газа в цикле 2. С другой стороны A_i − площадь pV диаграммы i-ого цикла (



$A=S$ − площадь этой фигуры)

Т.к. $S_{\Delta 123} = S_{\Delta 134} = \frac{1}{2}(3V_0-V_0)(4P_0-P_0) = 3P_0V_0$, то $A_1 = A_2$,

значит $Q_{12}+Q_{23}-Q_{31} = Q_{31}-Q_{34}-Q_{41}$, тогда

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{Q_{31}}{Q_{12}+Q_{23}} \Rightarrow \boxed{\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{Q_{12}+Q_{23}}{Q_{31}}}$$

Посчитаем Q_{12}; Q_{23}; Q_{31}

(I н.т.) $Q_{12} = C_V(T_2-T_1)\cdot\nu = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) =$
$= \frac{3}{2}(P_2V_2-P_1V_1) = \frac{9}{2}P_0V_0$

ур-сост. ид. газа для 1иг

$Q_{23} = C_p(T_3-T_2)\cdot\nu = \frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2) =$
$= \frac{5}{2}(P_3V_3-P_2V_2) = \frac{5}{2}(4P_0\cdot 3V_0 - 4P_0V_0) = 20P_0V_0$

1) $R_ж \ll R$ ← $V_т$ скорость жидкости

2) $V_т \gg V_ж$ − скорость тока в жидкости

Оба эти предположения справедливы, если жидкость − вода. Т.к. там ток передаётся след. образом:

H^+ сочится на след. мол-лу H_2O, а т.к. все эти пр-ссы происходят б.б., то $V_т \gg V_ж$ (вода естественно не дистиллированная). (доп. более подробные объяснения приведены в конце р-ты)

Тогда запишем закон э-м индукции Фарадея: $\frac{d\Phi}{dt} = IR$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = B\frac{dS}{dt} = Bv\cdot d$$

т.к. $I = const$.

$const = I = \frac{Bvd}{R}$, а $P = I^2R$, значит

$$P = \frac{(Bvd)^2}{R} \to \boxed{B = \frac{\sqrt{PR}}{vd}}$$

$$B = \frac{\sqrt{4\cdot 10^{-4}}\ Тл}{10\cdot 10^{-2}\cdot 4\cdot 10^{-1}} = \frac{2\cdot 10^{-2}}{4\cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2}\ Тл$$

Ответ: $B = \frac{1}{2}$ Тл

См. прим. на посл. стр. решений всех задач

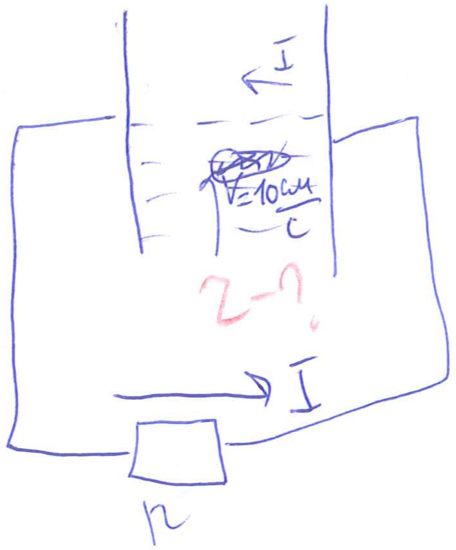
$$25\left(\frac{mg}{k}\right)^2 = \left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}$$

$$\Rightarrow \boxed{h = 24\frac{mg}{k} = 24\text{ см}}$$

Ответ: $h = 24$ см

N 3.3.2

Дано:	
$R = 0{,}4\ \Omega$	
$d = 40$ см	
$V = 10\ \frac{см}{с}$	
$P_m = 1$ мВт	
$B - ?$	



Перейдём в С.О. жидкости. В ней ток будет течь ⊥ пластинам

j – плотность тока ($j = \frac{dI}{dS}$) Тогда в нашей С.О. эти линии тока будут ~~как бы~~ двигаться со скоростью $\vec{V}$.

Так как $P_n \to max$, то это нам позволит сделать два предположения

88-61-09-45 (2.3)

C_p – удельная теплоёмкость изобарного расширения для одноатомного идеального газа

C_V – удельная теплоёмкость изохорного расширения для одноатомного идеального газа:

$C_V = \frac{1}{2}R$; $C_p = C_V + R$

1НТ: $Q_{31} = |\Delta U_{31}| + |A_{31}|$

$$|\Delta U_{31}| = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) = \frac{3}{2}(P_3V_3 - P_1V_1) =$$

ур-е сост. в т.3 и т.1

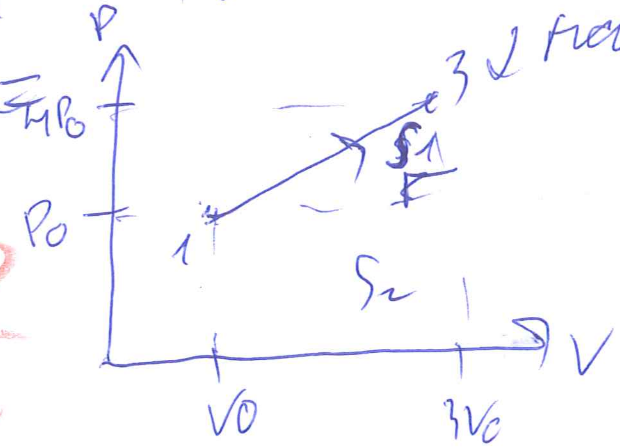
$$= \frac{3}{2}(12P_0V_0 - P_0V_0) = \frac{33}{2}P_0V_0$$

$|A_{31}| = \int P dV$ р-та в процессе – площадь под графиком в P-V координатах

$|A_{ij}| = S$ – работа в процессе ij.

$A_{ij} > 0$, если $V_j > V_i$.

$|A_{31}| =$



$$A_{13} = S_1 + S_2 = \frac{1}{2}(3V_0 - V_0)(4P_0 - P_0) + P_0(3V_0 - V_0) =$$

$$= 3P_0V_0 + 2P_0V_0 = 5P_0V_0,\ \text{тогда}$$

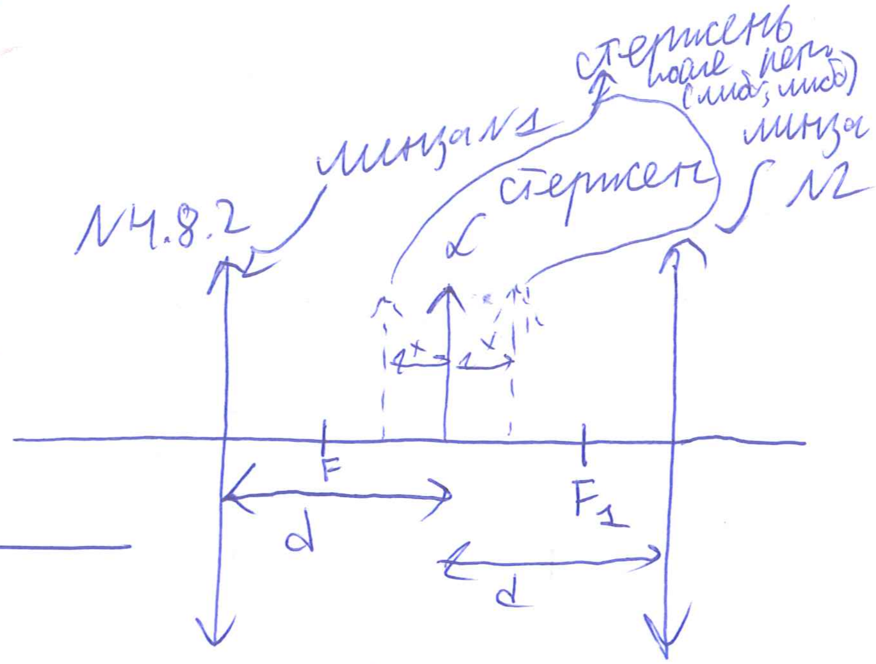
$$|Q_{31}| = \frac{33}{2}P_0V_0 + 5P_0V_0 = \frac{43}{2}P_0V_0$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{Q_{12}+Q_{23}}{Q_{13}} = \frac{\frac{9}{2}R\nu T + \frac{40}{2}R\nu_0}{\frac{43}{2}R\nu_0} = \frac{49}{43}$$

ф-ла в рамочке

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{n_2}{n_1} = \frac{49}{43}}$$

№4.8.2



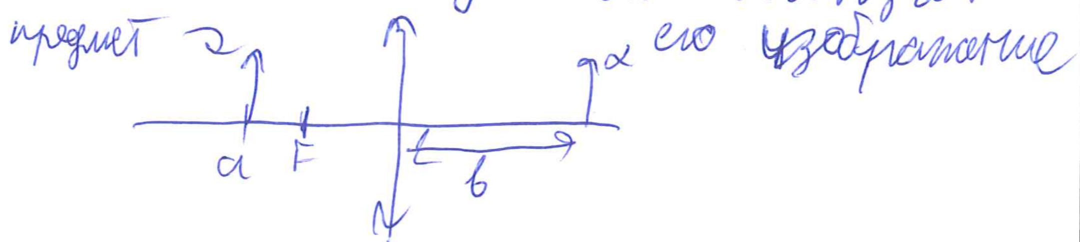
Дано:	
$\Gamma = 3$	
$x = 5$ см	
d – ?	

F — фокус левой линзы

F_1 — фокус правой линзы

левая линза даёт изображение с увеличением 1. Это может быть только если предмет находится в её двойном фокусе (в случае собир. линзы). $\Rightarrow$ $\boxed{d = 2F}$

Выведем ф-лу ув. соб. линзы



y — максимальное сжатие пружины

Δx — начальное сжатие пружины

II 3.Н. для верхнего груза до соуд.:

$k\Delta x = mg \Rightarrow \Delta x = \frac{mg}{k}$

подставим Δx_0 и v_1 в 3(?):

$$k\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + 2m\left(\frac{gh}{2}\right) = ky^2$$

$$y = \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}}$$

Теперь найдём сжатие пружины в пол. равновесия (Δx_p)

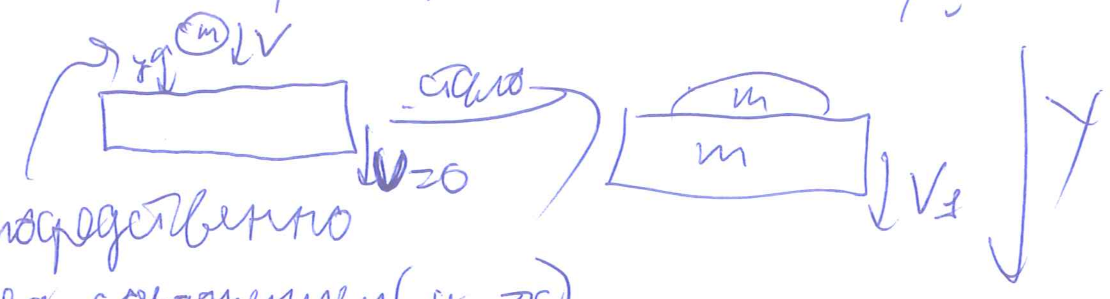
$2mg = k\Delta x_p \Rightarrow \Delta x_p = \frac{2mg}{k}$, после чего найдём амплитуду колебаний груза (A): $A = y - \Delta x_p =$

$= \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}} - \frac{mg}{k}$ Отсюда находим растяжение пружины (1a) в максимум амплитуды: $\Delta x_{max} = A - \Delta x_p =$

$= \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}} - \frac{4mg}{k}$

(1a) т.к. нижний груз в этот мом. не оторв., то $\Delta x_p \le \frac{mg}{k}$ если $h \to h_{max}$, то $\Delta x_p = \frac{mg}{k}$, то есть $\frac{mg}{k} = \Delta x_{max} = \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mgh}{k}} - \frac{4mg}{k}$

ЗСИ в проекции на ось Y!



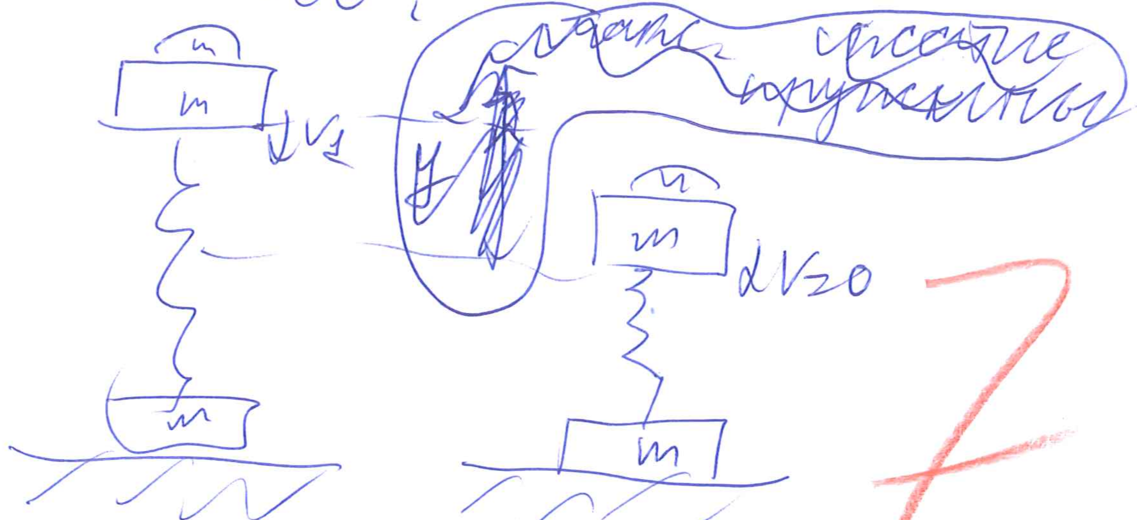
непосредственно пред соударением ($y \to x$)

$mV = 2mV_1 \Rightarrow V_1 = \frac{V}{2}$ — скорость после соуд.

V — скорость до соуд. ЗСЭ для пластилина: $mgh = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{2gh}$, +

тогда $\boxed{V_1 = \sqrt{\frac{gh}{2}}}$ (+)

Найдём максимальное сжатие пружины. Оно будет, когда сист. пласт + верхн. брусок не будет иметь скорость (нижний брусок покоится всегда). Запишем для этих сост. ЗСЕ:



$$\frac{k(\Delta x_0)^2}{2} + \frac{2mV_1^2}{2} = \frac{ky^2}{2}$$

2mgh ???

2

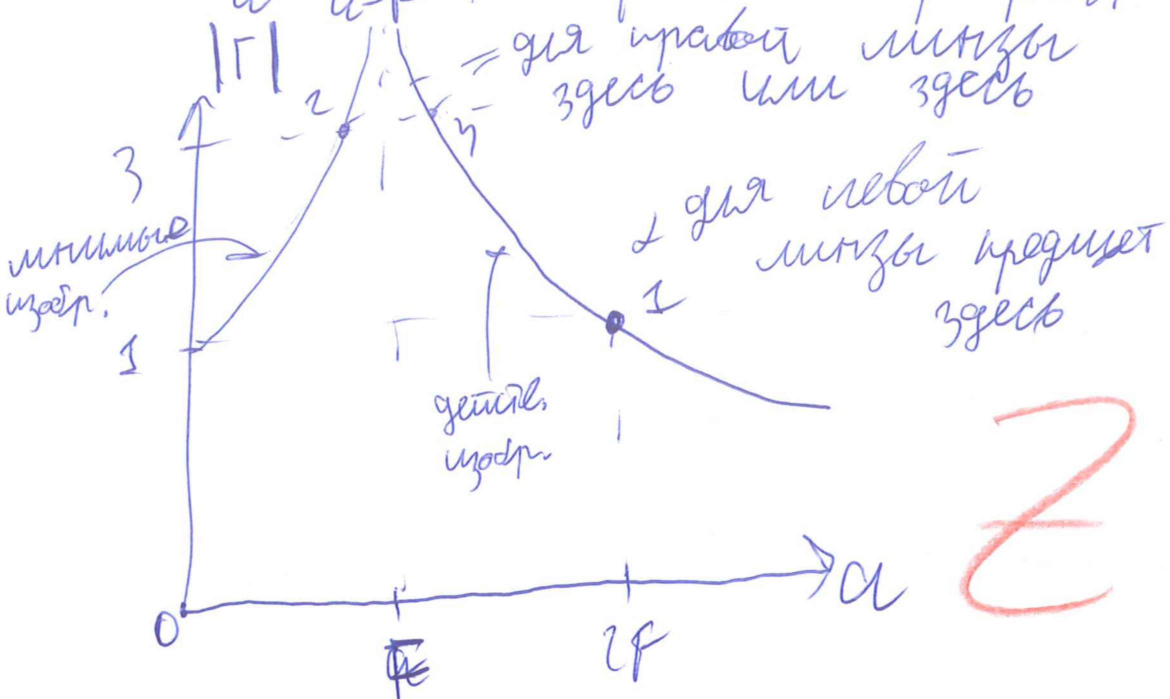
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

88-61-09-45 (2.3)

$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ — ф-ла тонкой линзы

$\boxed{\Gamma = \frac{b}{a}}$ $\Rightarrow$ $\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a}$, или $b = \frac{aF}{a-F}$

$\Gamma = \frac{b}{a} = \frac{F}{a-F}$, построим график:



2

Т.к. изображение во всех линзах действительное, то для правой линзы предмет находится в т. 3. Если мы отодвинем от левой линзы пах, то тогда т. 1 поедет вниз по графику, а т. 3 — вверх, тогда ув. в левой линзе станет < 1, а в правой > 3 — не подходит (даже если изображение станет мнимым то $\Gamma_{пр\,min} = 1$), а в левой $\Gamma < 1 \Rightarrow$ предмет придвинули к левой линзе.

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

$Г = \frac{F_1}{d-F_1}$ – ф-ла тонкой линзы для правой линзы до передвижения

$F_{σ} = \frac{F}{(d-x)-F} = \frac{F_1}{d+x-F_1}$ – ф-лы тонких линз после передвижения предмета

$Г_σ$ – общее увеличение в обеих линзах,

$d=2F$ – получено ранее $\Rightarrow F = \frac{d}{2}$, подставим.

$$\begin{cases} Г = \frac{F_1}{d-F_1} \Rightarrow d = F_1\left(\frac{Г+1}{Г}\right) \\ Г_σ = \frac{d/2}{d-x-d/2} = \frac{F_1}{d+x-F_1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{d}{d-2x} = \frac{F_1}{d+x-F_1} \\ F_1 = d\cdot\frac{Г}{Г+1} \end{cases}$$ – подставим сюда

$\frac{d}{d-2x} = d\cdot\frac{Г}{Г+1}$

$$\frac{d}{d-2x} = \frac{\quad}{d+x-d\cdot\frac{Г}{Г+1}}$$

$$\frac{1}{d-2x} = \frac{Г}{Г+1}\cdot\frac{1}{\frac{d}{Г+1}+x}$$ – перевернём дробь

$$d-2x = \frac{Г+1}{Г}\left(\frac{d}{Г+1}+x\right)$$

$$d-2x = \frac{d}{Г} + x\left(\frac{Г+1}{Г}\right); \quad d = x\,\frac{2+\frac{Г+1}{Г}}{1-\frac{1}{Г}}$$, или

$d = \ldots$ см $= 12{,}5$ см

Ответ: ~~$d=12{,}5$ см~~

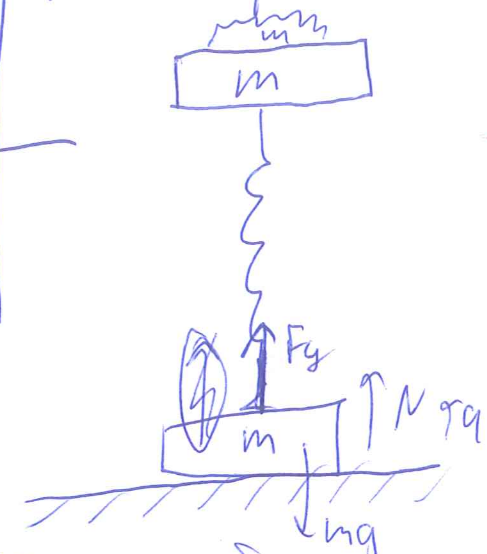
$d = 5x = 25$ см

Ответ: 25 см

№1.1.2

Дано:	
$m = 100$ г	
$k = 100\ \frac{Н}{м}$	
$g = 10\ м/с^2$	
h_{max} – ?	

Колебания будут гармоническими, если нижний ~~груз~~ брусок не оторвётся от пола.



II з. Н. для бруска (нижнего)

$ma = N + F_у - mg$; $N_{min} = 0$ (за то груз) достигается в момент отрыва от пола, значит условие неотрывности нижнего груза от пола выглядит так: $mg \geq F_{упр\,max}$; $F_{упр\,max} \overset{з\text{-}н\ Гука}{=} k\Delta x_{max}$, или $\Delta x_{max} \leq \frac{mg}{k}$ (Δx_{max} – макс. растяжение пружины). Теперь рассмотрим процесс соударения пластилина с ~~шар~~ верхним бруском. Т.к. оно происходит беск. быстро и на систему не действуют ударные силы (внешние); (система = пластилин + верхний брусок), то выполняется

Черновик:

$F = \frac{25}{4}$ } $F_1 = \frac{25}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{75}{8}$

$d = \frac{25}{2}$ $\quad d_{ст} = 20; 30$

$d_1 = \frac{35}{2}$ $\quad \frac{1}{\frac{c}{5} \cdot \frac{3 \cdot 30}{15} - 1} = 5$

$d_2 = \frac{15}{2}$

$L = \frac{2Hh}{N\lambda} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 0{,}05 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-7} \cdot 100} = \frac{10^{-1}}{10^{-4}}$

$H = \frac{N\lambda L}{2h}$

$\Gamma = \frac{\frac{25}{4}}{\frac{15}{2} - \frac{25}{4}} = \frac{1}{1 - \frac{25 \cdot 2}{4 \cdot 15}} = \frac{1}{1 - \frac{5}{6}} = 6$

$\frac{dQ}{dt} = \frac{dU}{dt} + p\frac{dV}{dt} = C_V + p\frac{dV}{dt}$

$\frac{\frac{75}{8}}{\frac{35}{2} - \frac{75}{8}} = \frac{1}{\frac{35 \cdot 4}{75} - 1} = \frac{1}{\frac{7 \cdot 4}{15} - 1} = \frac{75}{13}$

$\frac{\frac{75}{4}}{30 - \frac{75}{4}} = \frac{1}{\frac{30 \cdot 4}{75} - 1}$

$\frac{2 \cdot \frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = 3 + 2 = 5$

$F = \frac{25}{2}, \; d = 25, \; \Gamma = \frac{75}{24}$

$\Gamma = \frac{\frac{25}{2}}{25 - \frac{25}{2}} = 1 \quad \frac{\frac{25}{2}}{20 - \frac{25}{2}} = \frac{25}{40 - 25} = \frac{1}{\frac{24}{15} - 1} = \frac{15}{9} = \frac{5}{3}$

$-\frac{5}{3}$

88-61-09-45 (2.3)

$y = H - h - 2l = H - 2h$ – длина части экрана, на которой появятся интерференционные полосы. ~~Тогда и так как~~ Кол-во промежутков между ними: $N-1$. Тогда $y = (N-1)x = (N-1)\frac{\lambda L}{2h}$ – расстояние между I-ым и последним инт. ~~фаз~~ максимумом.

$H - 2h = (N-1)\frac{\lambda L}{2h}$

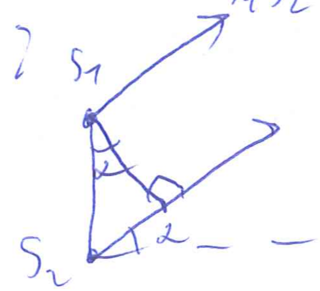
$\Downarrow$

$L = \frac{(H-2h) \cdot 2h}{\lambda(N-1)} = \frac{4{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3}\,м}{5 \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}99 \cdot 10^{3}} =$

$= \frac{9{,}6\,м}{9{,}95} = \frac{32}{33}\,м \quad \frac{32}{33 + \frac{0{,}05}{3}}\,м$

Ответ: ~~$L = \frac{32}{33}\,м$~~. $L = \frac{96}{99{,}5}\,м$

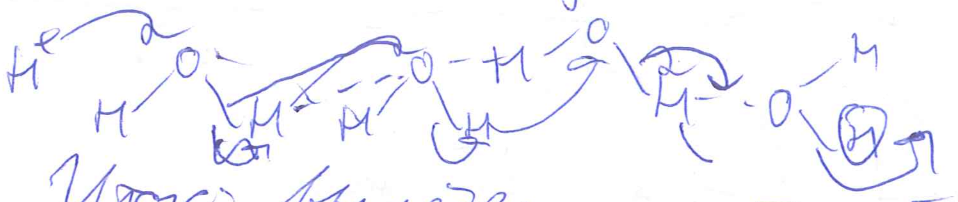
Примечание: кратко опишем „вывод“ ф-лы $x = \frac{\lambda L}{S_1S_2}$ ширины инт. полос:



На картинке будет набл инт. макс., если волны складываются в фазе, то есть $\Delta l = n\lambda$; Δl – разность хода волн; $\Delta l = S_1S_2\alpha$

значит $\alpha = \frac{n\alpha}{S_1 S_2}$, а расстояние
между моне ~~$4\alpha = 4\alpha\cdot 2(n)$~~
$x = L\cdot\alpha(n+1) - \cancel{4\alpha}\, L\cdot\alpha(n) = \frac{\alpha L}{S_1 S_2}$ – ЧТД

Примечание к №3: Важно
1) У нас получается так: сначала протон влетел в воду, а вылетел уже другой протон, находившийся на конце водной цепи.



Итог: вылетел крайний протон, а перенос е-ти без быстрый (там уже есть вод. связи)
2) Написав ф-лу $\frac{d\Phi}{dt} = -I\ldots = BV\cdot d = IR$ мы работали в адиабатическом приближении. (Сток H^+ пробежал, слой сдвинулся, ещё H^+ пробежал, ещё слой чуть-чуть сдвинулся и т.д.)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик: $\frac{45}{2}$

$\frac{a_2}{a_1} = \frac{A_2\cdot b_1}{b_2\cdot A_1} = \frac{b_1}{b_2}$

$\frac{3}{2}(\ldots) + \frac{5}{4}(8\ldots) = \frac{9}{2} + 20 = \frac{49}{2}$

$b_2 = \frac{3}{2}\cdot 11\ldots + 16\cdot 5B = \frac{49}{2}$

$d = \frac{45}{4}$ см $L = \frac{45}{2}$ см

$F = \frac{145}{8}$ см

$F_1 = \frac{45}{4}\cdot\frac{3}{4} = \frac{15.9}{16}$ м

$\Gamma_1 = \frac{15.9}{16\left(\frac{45}{4}-\frac{15.9}{16}\right)} = \frac{15.9}{45.4-15.9} = \frac{1}{\frac{3.4}{9}-1} = (3)(1)$

$\Gamma = \frac{\frac{45}{8}}{\frac{25}{4}-\frac{45}{8}} = \frac{45}{50-45} = 9$

$a_{нт} = \frac{65}{4}$ см

$b_{нт} = \frac{25}{4}$ см

$= \frac{17}{52-17} = \cancel{\frac{17}{35}} = \frac{1}{\frac{13.4}{17}-1}$

$\Gamma_{ст} = \frac{\frac{15.9}{16}}{\ldots}$

$d = \frac{2+\frac{4}{3}}{\frac{4}{3}} = 1 + \frac{6}{4} = 2,5$

$\frac{65}{4} - \frac{15.9}{16}$

$= \frac{1}{\frac{65\cdot 16}{15.9\cdot 4}-1} = \frac{1}{\frac{65\cdot 4}{15.9}-1} =$

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