0 324734 980002

32-47-34-98
(134.1)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 7

Место проведения Санкт-Петербург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы!
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Цветкова Егора Евгеньевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Подпись участника

Дата
«01» апреля 2023 года

32-47-34-98 (134.1)

черновик 1

$$C\nu\, dT = p\, dV + \frac{i}{2}\nu R\, dT$$

$$C\nu = p \cdot \frac{1}{dT/dV} + \frac{i}{2}\nu R$$

$$p = \frac{\nu R T}{V} \qquad T = \frac{p_0}{6} \cdot \frac{V}{\nu R}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$$

$$\frac{dT}{dV} = \frac{6p_0}{\nu R} + \frac{10}{6}\frac{p_0 V}{\nu R V_0} - \frac{p_0 V^2}{2\nu R V_0^2} = \frac{p_0}{\nu R}\left(6 + \frac{5}{3}\cdot\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{2V_0^2}\right)$$

$$C\nu = \frac{p}{6 + \frac{5}{3}\cdot\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{2V_0^2}} \cdot \frac{\nu R}{p_0} + \frac{i}{2}\nu R = 0 \,?$$

$$\frac{6 + \frac{5}{6}\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}}{6 + \frac{5}{3}\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{2V_0}}$$

$$\frac{p}{6 + \frac{5}{3}\cdot\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{2V_0^2}} = const$$

$$\frac{6 + \frac{5}{6}\gamma - \gamma^2}{6 + \frac{5}{3}\gamma - \frac{\gamma^2}{2}}$$

$$\frac{\cancel{6+t}}{\cancel{6+\frac{t}{2}}}$$

$$-\gamma^2 + \frac{5}{6}\gamma$$

$$p = aV^2 + bV + c \qquad T = \frac{1}{\nu R}\left(aV^3 + bV^2 + cV\right)$$

$$\frac{dT}{dV} = \frac{1}{\nu R}\left(3aV^2 + 2bV + c\right)$$

$$C\nu = p\frac{dV}{dT} + \frac{i}{2}\nu R$$

$$\frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + 2bV + c} = k$$

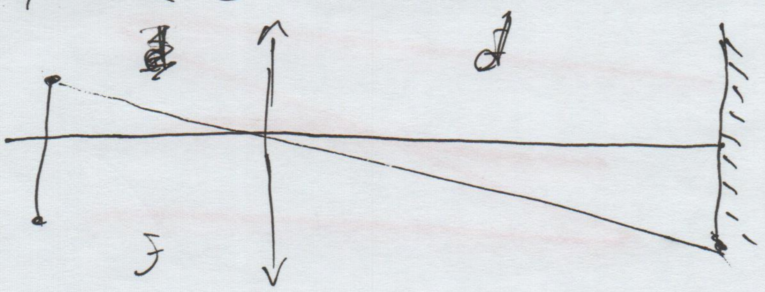
$\Sigma = 51$

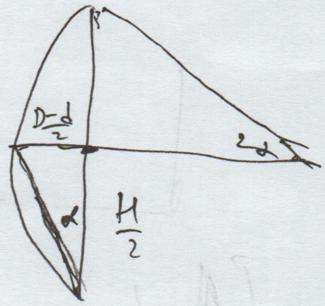
1	2	3	4	Σ
5	3	4	5	17
7	13	9	5	34

13

39

Черновик 2





$\Gamma = 2$

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

$36 \times 12 = 72$, 36, 432

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{2f}$ $\quad \frac{1}{F} = \frac{3}{2f}$ $\quad \frac{D-d}{H} = tg\,\alpha$

$f + 2f = 90$ $\quad 100 + 12 \cdot 36$

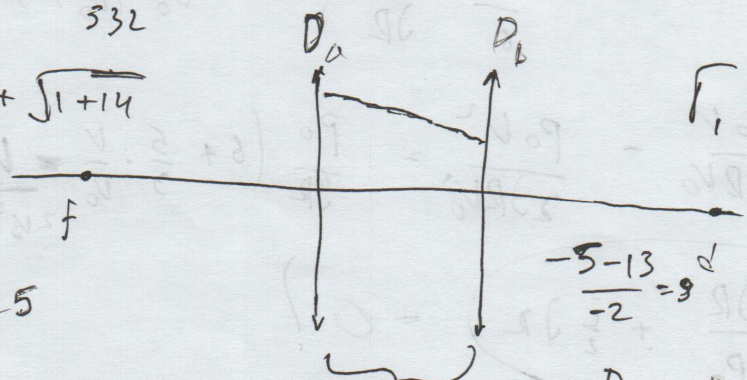
$f = 0{,}3$ $\quad \boxed{D = \frac{1}{2 \cdot 0{,}1} = 5}$ $\quad \frac{H}{2R - (D-d)} = tg\,2\alpha$

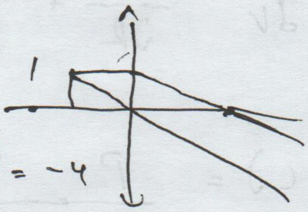
532

$\frac{D-d}{H}$

$1 + \sqrt{1+14}$

$\Gamma_1 = -0{,}4$





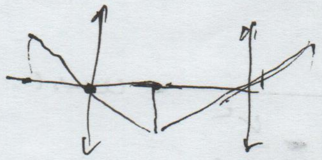
25

$\frac{-5-13}{-2} = 9$ $\quad \frac{-5+13}{-2} = -4$

$D_1 = D_a + D_b - \sqrt{D_a D_b}\, L,$

$36 \cdot 4 = 144$

$\frac{1}{240} = 1$

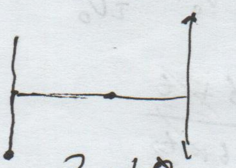


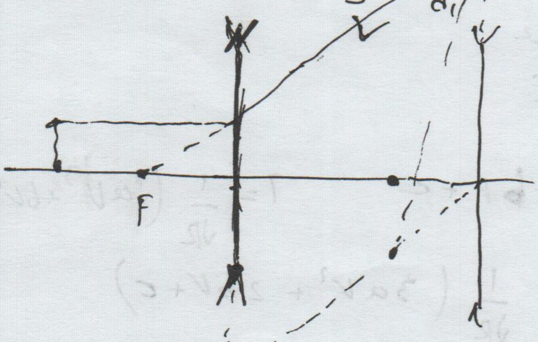
$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ $\quad \frac{1}{F} = \frac{1}{L_1 - d} + \frac{1}{d'}$

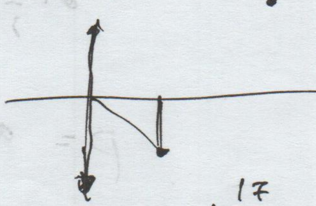
140

$\frac{36+5-1}{36+10-1}$ $\quad D_1 = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_1}$ $\quad \Gamma = \frac{d_1}{f}$

17







$\frac{2 \cdot 20}{1000 - 400} = \frac{1}{2R - 20}$

$\frac{H}{2R - D + d}$

$17 \times 15 = 85$, 17, 255

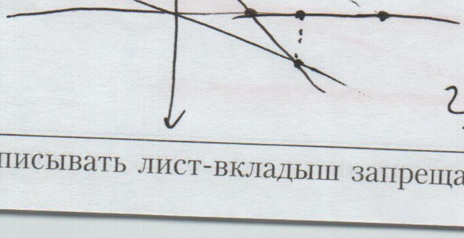
$\frac{2(D-d)}{H\left(1 - \frac{(D-d)^2}{H^2}\right)} = \frac{D-d}{H}$

$\frac{\dots}{500 - 20} = \frac{1}{2R - 20}$

$2 + \sqrt{4 + 15}$

$2 + \sqrt{19}$

$(D-d)^2$



$\frac{2(D-d)H}{H^2 - (D-d)^2} = \frac{H}{2R - D + d}$

32-47-34-98 (134.1)

Листовик 1

Задание 2

Вопрос: Пусть $p = aV^2 + bV + c$ А второй вариант? $V \sim p^2$

тогда запишем первое начало в дифф. форме.

$\delta Q = \delta A + dU \Rightarrow C\nu dT = p dV + \frac{i}{2}\nu R dT$

$\Rightarrow C\nu = \frac{p}{dT/dV} + \frac{i}{2}\nu R$ $\frac{dT}{dV}$ – производная функции $T(V)$

Уравнение Менделеева-Клапейрона. $pV = \nu RT$

$\Rightarrow$ ~~$T = cpV$~~ $p = \frac{\nu RT}{V}$

$\Rightarrow \frac{\nu RT}{V} = aV^2 + bV + c \Rightarrow T = \frac{1}{\nu R}(aV^3 + bV^2 + cV)$

$\Rightarrow \frac{dT}{dV} = \frac{1}{\nu R}(3aV^2 + 2bV + c)$.

Нас спрашивают, когда $C = const$, что равносильно тому, что $\frac{p}{dT/dV} = const$ т.к. $\frac{i}{2}\nu R = const$

$\Rightarrow \frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + 2bV + c} \cdot \nu R = const = c_1$

тогда $a\nu R V^2 + \nu R bV + \nu Rc = c_1 3aV^2 + c_1 2bV + c_1 c$

как многочлены

$\Rightarrow a\nu R = c_1 3a \quad c_1 = \frac{\nu R}{3}$ $\quad c_1 2b = \nu R b \Rightarrow c_1 = \frac{\nu R}{2}$

$\nu R c = c_1 c \Rightarrow c_1 = \nu R$ если $a = 0$ то $p(V)$ не квадратичная зависимость $\Rightarrow b = c = 0$

т.к. иначе равенства $\begin{cases} a\nu R = c_1 3a \\ c_1 2b = \nu R b \\ c_1 c = \nu R c \end{cases}$ не будут выполняться

$\Rightarrow p = aV^2$

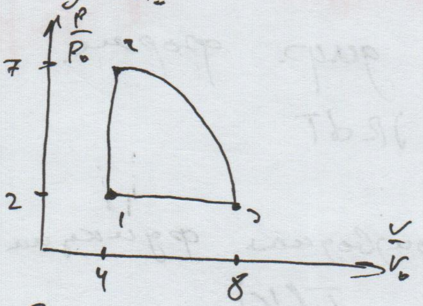
тогда $C\nu = \frac{p\nu R}{3aV^2} + \frac{i}{2}\nu R \Rightarrow C = \frac{R}{3} + \frac{i}{2}R$

для двухатомного газа $i = 5$

$\Rightarrow C = \frac{R}{3} + \frac{5}{2}R = \frac{17R}{6}$ Ответ: $p = aV^2$; $\frac{17R}{6}$

Задание 2 | Чистовик 2

Задача:



Очевидно, что в процессе

• 1-2 идет изохорическое нагревание $\Rightarrow Q>0$

• 3-1 изобарическое сжатие $\Rightarrow Q<0$

Посмотрим на C в процессе 2-3

I начало $dQ = \delta A + dU \Rightarrow C\nu = \frac{P}{dT/dV} + \frac{5}{2}\nu R$

если $P = aV^2 + bV + c$

то $\frac{dT}{dV} = \frac{1}{\nu R}(3aV^2 + 2bV + c)$ из „вопроса"

тогда $\frac{P}{dT/dV} = \frac{36 + 5\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}}{36 + 10\frac{V}{V_0} - 3\frac{V^2}{V_0^2}} \cdot \nu R$

найдем когда $C=0$. ~~тк~~ если $C=0$, то очевидно, что с одной

$$\frac{36 + 5\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}}{36 + 10\frac{V}{V_0} - 3\frac{V^2}{V_0^2}} + \frac{5}{2} = 0$$

$\frac{V}{V_0} = \gamma$ тогда

$72 + 10\gamma - 2\gamma^2 = -180 - 50\gamma + 15\gamma^2$

$\Rightarrow 17\gamma^2 - 60\gamma - 252 = 0$ $\quad D = 60^2 + 252\cdot 4\cdot 17$

$\Rightarrow \gamma_1 = \frac{60 - \sqrt{60^2 + 252\cdot 4\cdot 17}}{34} < 0$ $\quad \gamma_2 = \frac{60 + \sqrt{60^2 + 252\cdot 4\cdot 17}}{34} > 0$

$\gamma < 0$ нам не подходит тк у нас V не может быть <0.

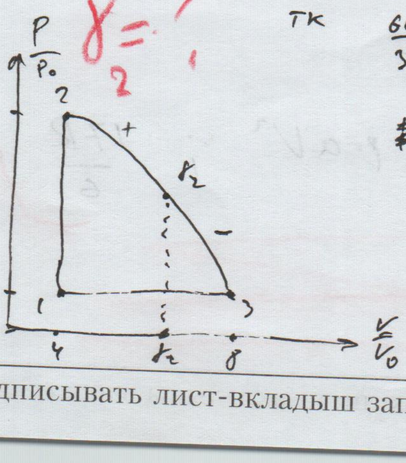
те $C \geq 0$ при $\gamma \in [0; \gamma_2]$; $C \leq 0$ при $\gamma \geq \gamma_2$

$\gamma_2 = \frac{60}{34} + \sqrt{\left(\frac{60}{34}\right)^2 + \frac{252}{17}} < 8$ следует из формулы для C

$4 < \gamma_2 < 8$ тк $14 < \frac{252}{17} < 15 \Rightarrow \sqrt{\dots} > 3$ $\quad \frac{60}{34} > 1$

тк $\frac{60}{34} < 2 \Rightarrow \gamma_2 < 2 + \sqrt{4+15} = 2 + \sqrt{19} < 7$

$\gamma = ?$



$\Rightarrow$ на участке 1-2 $Q > 0$

и на участке $2-\gamma_2$ $Q > 0$

$\gamma_2 - 3$ $Q < 0$; 3-1 − $Q < 0$

$\eta = \frac{A}{Q_п}$

32-47-34-98 (134.1)

Чистовик 3

Задание 2

$\eta = \frac{A}{Q_п}$ A – площадь в цикле

$\Rightarrow \frac{A}{p_0V_0} = \int_4^8 6 + \frac{5}{6}\gamma - \frac{1}{6}\gamma^2 \, d\gamma - 2\cdot(8-4) =$

$= \frac{1}{18}\gamma^3 + \frac{5}{12}\gamma^2 + 6\gamma \Big|_4^8 - 8 = \frac{512}{18} + \frac{320}{12} + 48 -$

$- \frac{64}{18} - \frac{80}{12} + 24 - 8 = A'$

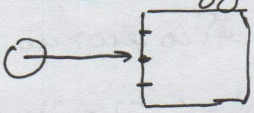
$Q_п = Q_{12} + Q_{2\gamma_2} = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \int_4^{\gamma_2} \frac{p(V)}{p_0} d\frac{V}{V_0} + \frac{5}{2}\nu R(T_{\gamma_2} - T_2)$

T_1, T_2, T_{γ_2} выражаются через $p_0; V_0; \nu; R$

$\Rightarrow$ ответ может быть вычислен. ?!

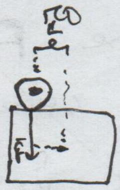
Задание 1

Вопрос. Если шайба ударяется об середину стороны, т.е.



то вращения не будет, в силу симметрии. (такой удар в основном подразумевается в задачах)

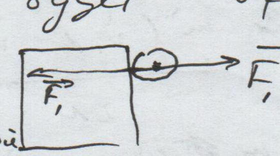
Если удар приходиться не по центру, то брусок начинает крутиться



$F \cdot L = M$

т.е. появляется угловое ускорение β $\Rightarrow$ появляется ω $\Rightarrow$ брусок начинает вращаться, так будет при любом столкновении, кроме центрального, т.к. О и □ взаимодействуют в 1 точке и сила всегда направлена $\perp$ ребру бруска.

Шайба. Она не будет вращаться, т.к. при столкновении



сила направлена $\perp$ касательной т.е. ребру, т.е. проходит через центр шайбы

$\Rightarrow M = F_1' L_1'$ не будет ($L_1' = 0$)

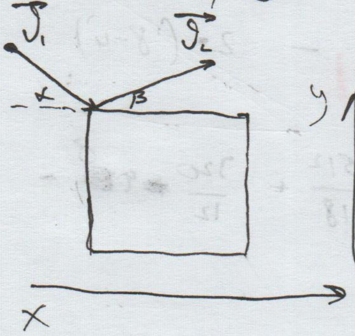
$\Rightarrow$ Она не будет крутиться

~1

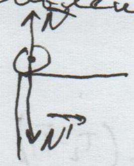
Чистовик 4

Задача.

Рассмотрим первое соударение



Заметим, что шайба теряет только v_y часть компоненту скорости по y тк при удара сила направлена вверх (очевидно)



=> $v_x = const$

=> $v_{1x} = v_{2x}$ => $v_1\cos\alpha = v_2\cos\beta$ => $v_2 = v_1\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$

аналогично $v_{3x} = \frac{v_1\cos\alpha}{\cos\gamma}$ после 3 удара

тогда при первом соударении закон сохр. импульса выглядит так $m(v_1\sin\alpha - v_2\sin\beta) = Mv_0$

тк соударение абсолютно упругое.

ЗСИ и $m(v_1\sin\alpha - v_2\sin\beta) = F\Delta t$ ~~тк~~ взаимодействие быстрое => можно считать, что F постоянно, а $\Delta t \sim \Delta v$ тк взаимодействие быстрое F не успевает измениться (нет не успевает сжаться), $\Delta t = \Delta v$

$m(v_1\sin\alpha - v_2\sin\beta) = F\Delta v$ => $m = F\alpha$

ЗСИ для второго удара $m(v_2\sin\beta - v_3\sin\gamma) = Mv_0'$

ЗСЭ $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{Mv_0^2}{2} + \frac{Mv_0'^2}{2} + \frac{mv_3^2}{2}$ ← Е вращения!

=> $\frac{mv_1^2\sin^2\alpha}{2} = \frac{Mv_0^2}{2} + \frac{Mv_0'^2}{2} + \frac{mv_3^2\sin^2\gamma}{2}$

$\approx \frac{mv_1^2}{2}\cdot\alpha^2 = \frac{m^2(v_1\alpha - v_2\beta\cdot\cos\alpha)^2}{2M} + \frac{m^2(v_1\beta\cos\alpha - v_1\gamma\cos\alpha)^2}{2M}$

$+ \cancel{\frac{mv^2}{2}\alpha^2} + \frac{m}{2}(v_1\cos\alpha)^2\gamma^2$

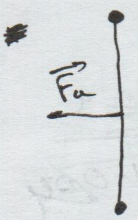
тк углы малы

=> $\frac{m\alpha^2}{2} = \frac{m^2(\alpha - \beta\cos\alpha)^2}{2M} + \frac{m^2(\beta\cos\alpha - \gamma\cos\alpha)^2}{2M} + \frac{m\gamma^2\cos^2\alpha}{2}$

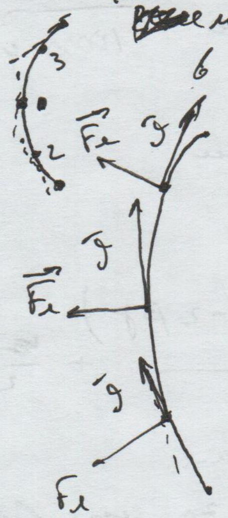
Листовик 5

Задание 3

Вопрос



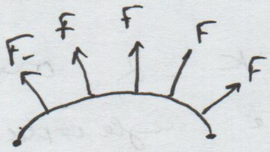
поле направлено вертикально. Без огр общности сила Ампера направлено влево $F_a = BIL$ тк поле верт, а провод горизонт.



Тк провод гибкий он начнет изгибаться по~~смотрим~~ на заряд, который течет по проводу в разных его точках.

• ϑ у ~~...~~ полож частиц везде одинаковое, => $F_л = qB\vartheta$ у всех одинаково

те у нас на веревку действуют силы ⊥ перпенд. ~~...~~ касательные к ней.



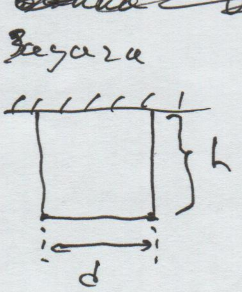
=> ! можно провести аналогию с ~~...~~ машиной, которая едет по такой же траектории и на нее действует сила F постоянная, на всем участке пути $\vartheta = const$ => $F = ma = \frac{m\vartheta^2}{R_i}$ для каждого момента времени

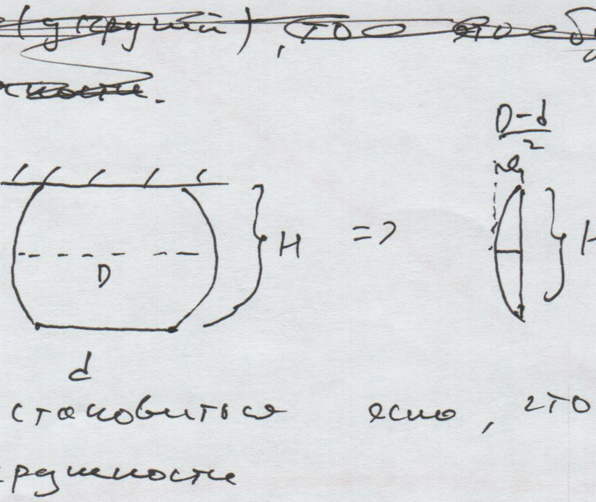
=> $R_i = \frac{m\vartheta^2}{F}$ => $R_i = const$

=> он едет по части окружности.

те и в данном случае электроны двигаются по части окружности. ~~Если провод абсолютно гибкий (упругий), то он будет половинка окружности.~~

Задача

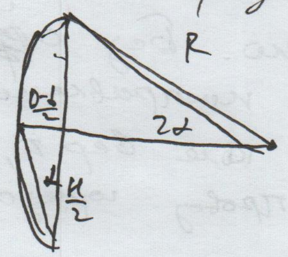




=> Из вопроса становится ясно, что это часть дуги окружности

$\boxed{\text{чистовик 6}}$ Задание 3 продолжение

Вычислим радиус этой окр



$$tg\alpha = \frac{D-d}{H} = \frac{1}{5}$$

$$tg 2\alpha = \frac{H}{2R-D+d} = \frac{2tg\alpha}{1-tg^2\alpha} \cancel{= \frac{0{,}4}{1-0{,}04}}$$

$$\frac{100}{2R-20} = \frac{2\cdot 20}{100\left(1-\frac{400}{100^2}\right)} \Rightarrow \frac{1}{2R-20} = \frac{2\cdot 20}{10000-400}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2R-20} = \frac{1}{250-10} = \frac{1}{240} \Rightarrow R = 130 \text{ см}$$

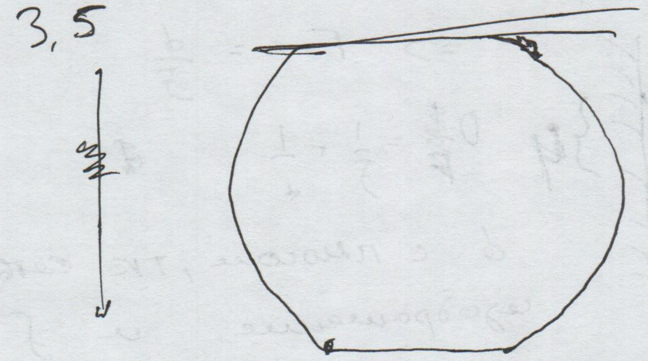
$\boxed{\text{Задание 1 продолжение}}$

$$\frac{\cancel{m}\alpha^2}{2} = \frac{m(\alpha^2 - 2\alpha\beta\cos\alpha + \beta^2)}{2M} + \frac{m(\beta^2+\gamma^2-2\beta\gamma)}{2M} + \frac{\cancel{m}\gamma^2}{2}$$

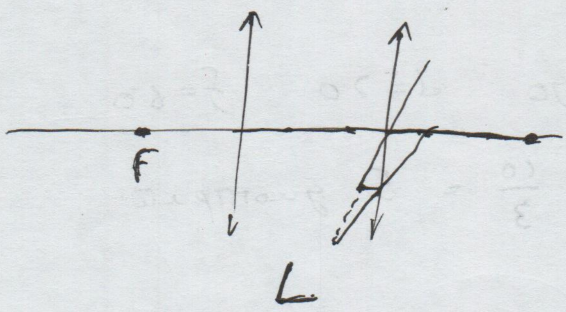
ТК $\cos^2\alpha \approx 1$ ТК α очень мал.

все перемещения известны $\Rightarrow$ m и выражается через M $\Rightarrow$ ответ можно достичь черновик 3

3,5



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

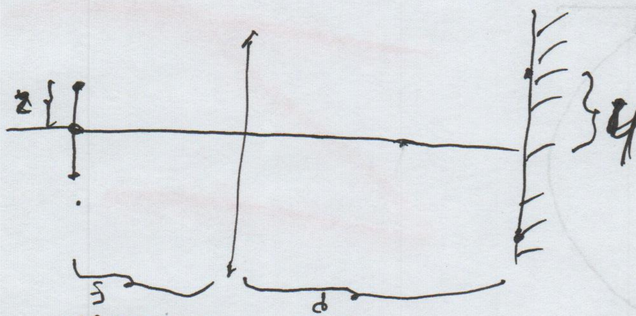


$\frac{1}{F} = \frac{1}{L-d_1} + \frac{1}{d_2}$

$\frac{d_2}{}$

Чистовик 7

Задание №4   Вопрос



$\Rightarrow Г = 2 = \frac{d}{f}$

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

d с плюсом, тк есть изображение и f с плюсом, тк настоящий предмет

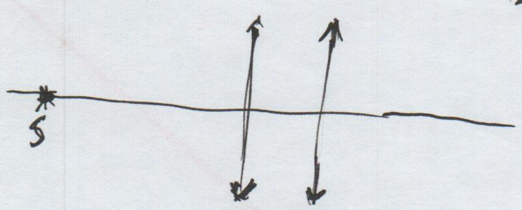
$f + d = 90$ тк линза поставлена между экраном и листью.

$\Rightarrow 2f = d \Rightarrow 3d = 90 \quad d = 30 \quad f = 60$

$\Rightarrow D = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,3} = \frac{5}{3} + \frac{10}{3} = 5$ диоптрий

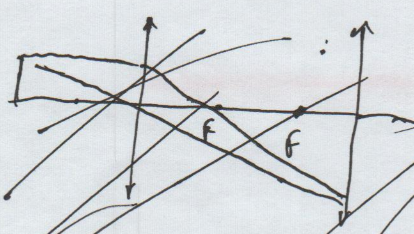
Ответ: 5 дптр.

Задача



• тк изображение перевернуто, то это две собирающие линзы. ~~и если~~

• тк если они были бы рассеивающими изображения бы вовсе не было => Г не существует



~~Если линзы расположаются таким образом, то изображение после прохода первой линзы будет перевернутое~~

=> после

для двух линз $D_{общ} = D_1 + D_2 - \sqrt{D_1 D_2} \cdot L$.