Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200504**

ID профиля: **338054**

Вариант 8

Чистовик

№1

1) Перейдём в неинерциальную С.О клина. Тогда к каждому объекту добавится сила инерции. (рис. 1)

2) Пусть уск. шарика равно a_1 (в С.О. клина) и направлено, как показано на (рис. 1) тогда ускорение бруска тоже a_1 из-за нерастяжимости нити. (также $T_1 = T_2 = T$)

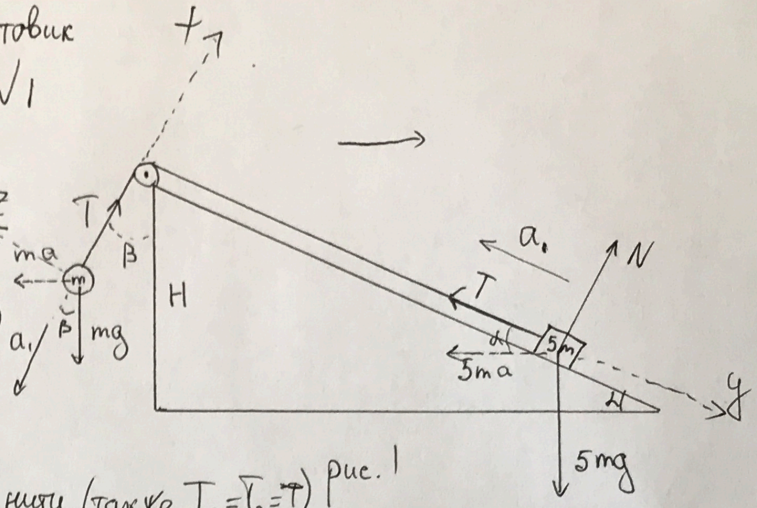


рис. 1

3) Запишем 2 з-н Ньютона для шарика в проекции на Ox:

$T - mg\cos\beta - ma\sin\beta = -ma_1$ (1) $\cos\beta = \frac{5}{13} \Rightarrow \sin\beta = +\sqrt{1-\cos^2\beta} = \frac{12}{13}$

(острые углы)

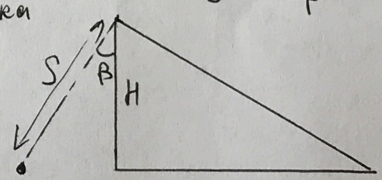
и для бруска на Oy:

$-T - 5ma\cos\alpha + 5mg\sin\alpha = -5ma_1$ (2) $\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = +\sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{4}{5}$

(1): $g\cos\beta + a\sin\beta - \frac{T}{m} = a_1$

(2): $g\sin\alpha + a\cos\alpha - \frac{T}{5m} = a_1$

$S\cdot\cos\beta = H$



2 з-н Ньютона в проекции на Oz: для шарика

$ma\cos\beta - mg\sin\beta = 0$ (3)

(3): $a = g\,tg\beta = 9,8\cdot\frac{12}{5} = 23,52$ (м/с²)

(1): $g\cos\beta + g\frac{\sin^2\beta}{\cos\beta} - \frac{T}{m} = a_1$

$\frac{T}{m} = \frac{g}{\cos\beta} - a_1$ $\left(\cos\beta + \frac{\sin^2\beta}{\cos\beta} = \frac{1}{\cos\beta}\right)$

(2): $g\sin\alpha + g\cos\alpha\cdot\frac{\sin\beta}{\cos\beta} - \frac{1}{5}\left(\frac{g}{\cos\beta} - a_1\right) = a_1$

$a_1 = \frac{5}{4}\left(g\sin\alpha + g\cos\alpha\cdot\frac{\sin\beta}{\cos\beta} - \frac{g}{5\cos\beta}\right) = \frac{5g}{4\cos\beta}\left(\sin\alpha\cdot\cos\beta + \cos\alpha\cdot\sin\beta - \frac{1}{5}\right) =$

$= \frac{5\cdot 9,8}{4\cdot\frac{5}{13}}\left(\frac{4}{5}\cdot\frac{5}{13} + \frac{3}{5}\cdot\frac{12}{13} - \frac{1}{5}\right) = 31,85\cdot 0,66 = 21,07$ (м/с²)

3) $\frac{a_1 t^2}{2} = S$ (ф-ла равноуск. движ. при $v_0 = 0$)

$t = \sqrt{\frac{2S}{a_1}} = \sqrt{\frac{2H}{a_1\cos\beta}} = \sqrt{\frac{8H}{5g\left(\sin(\alpha+\beta) - \frac{1}{5}\right)}}$

См. на стр. 2

Чистовик

~~№~~

Ответ: $a = g\,tg\beta = 23{,}52\left(\frac{м}{с^2}\right)$

$$a_1 = \frac{5g\left(\sin(\alpha+\beta) - \frac{1}{5}\right)}{4\cos\beta} = 21{,}07\left(\frac{м}{с^2}\right)$$

$$t = \sqrt{\frac{8H}{5g\left(\sin(\alpha+\beta) - \frac{1}{5}\right)}}$$

Чистовик

№2

0) $C_v = \frac{5}{2}R$, $\alpha = 22{,}5°$; $\beta = 15°$

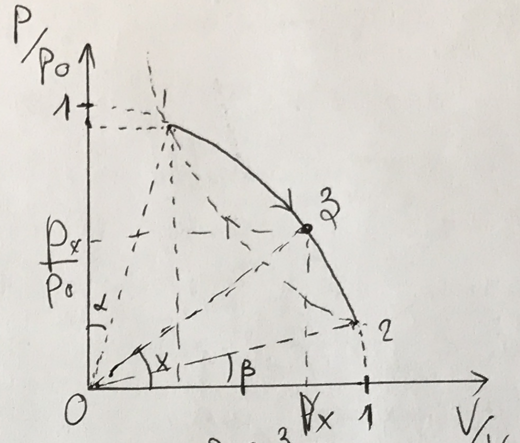


рис. 3 $\frac{P_x}{P_0}$ $\frac{V_x}{V_0}$

1) $p_1 = p_0 \cos\alpha$; $V_1 = V_0 \sin\alpha$ (пусть радиус окр равен 1)

$p_2 = p_0 \sin\beta$; $V_2 = V_0 \cos\beta$

З-н. Менд.-Клайп.:

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\nu R T_1 - \nu R T_2}{\nu R T_2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_2 V_2} =$$

$$= \frac{p_0 V_0}{p_0 V_0}\left(\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\sin\beta \cdot \cos\beta} - 1\right) =$$

$$= \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta} - 1 = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} - 1 = \sqrt{2} - 1 \approx 0{,}414$$

2) Заметим что раз в процессе 2-1 пренебрежимо малый обмен тепла, то это адиабата.

3) уравнение процесса 1-2 → $\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = 1$

$\frac{p}{p_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}$ (1). Точка, в которой теплоёмкость $c = 0$ это та точка, проведя адиабату через которую она будет касаться графика исходного процесса. адиабата — $pV^\gamma = const$, где $\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{7}{5}$

Для удобства запишем его в виде $\frac{p}{p_0} = \frac{a}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^\gamma}$, где a — константа

Пусть $p_x V_x$ — та самая точка, тогда производная к обоим графикам в этой точке совпадает

$$\left(\frac{p_x}{p_0}\right)' = \frac{1}{2\sqrt{1 - \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2}} \cdot \frac{-2V_x}{V_0} \qquad \frac{V_x}{V_0} \cdot \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{\gamma+1} = a \cdot \gamma \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2}$$

$$\left(\frac{p_x}{p_0}\right)' = \frac{a \cdot (-\gamma)}{\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{\gamma+1}} \qquad \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{\gamma+2} = a \cdot \gamma \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2}$$

см. на стр 4

Чистовик

4) Заметим, что $a = \frac{p_x}{p_0}\cdot\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{\gamma}$

$$\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2 = \gamma\cdot\frac{p_x}{p_0}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2} \quad \text{по (1)} \quad \frac{p_x}{p_0}=\sqrt{1-\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2} \Rightarrow \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2=\gamma\cdot\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2$$

$$\cancel{\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^4 = \gamma^2\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2\left(1-\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2\right)}$$

$$\cancel{\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^4 + \gamma^2\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2 - \gamma^2\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2 = 0}$$

$$\cancel{\left(\frac{V_x}{V_0}\right)^2 = -\gamma^2\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2 + \sqrt{\gamma^4\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^4 + 4\gamma^2\left(\frac{p_x}{p_0}\right)^2}}$$

$$\cancel{\frac{V_x}{V_0} = \cos x, \ \frac{p_x}{p_0} = \sin x}$$

$$\cancel{\cos^2 x = \gamma\sin x\cdot\sqrt{1-\cos^2 x}}$$

$$\cancel{\cos^2 x = \gamma\sin^2 x}$$

5) $\frac{V_x}{V_0} = \cos x$; $\frac{p_x}{p_0} = \sin x \Rightarrow tg^2 x = \frac{1}{\gamma}$

$tg\, x = \sqrt{\frac{1}{\gamma}} = \sqrt{\frac{5}{7}} \approx 0{,}84515$

$x \approx 40{,}20^\circ$

6) $\eta = \frac{A_{пол.}}{A_{затр}} = \frac{Q_н - Q_х}{Q_н}$. Если т. 3 соотв. координатам $\frac{p_x}{p_0}$ и $\frac{V_x}{V_0}$, то в процессе 1-3 тепло поступало, а в 3-2 отдавалось $\Rightarrow Q_н = Q_{1-3}$

$Q_х = Q_{3-2}$.

7) $Q_н = A_{1-3} + \Delta U_{1-3}$ (ЗСЭ)

$A_{1-3} = p_0V_0\cdot\left(\frac{(90^\circ-\alpha^\circ-x^\circ)}{360^\circ}\pi + \frac{p_xV_x}{2p_0V_0} - \frac{p_1V_1}{2p_0V_0}\right)$ (площадь сектора + площадь тр-ка $0, 3, \frac{V_x}{V_0}$ и − площадь тр-ка $0, 1, \frac{V_1}{V_0}$)

$\Delta U_{1-3} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5p_0V_0}{2}\left(\frac{p_xV_x}{p_0V_0} - \frac{p_1V_1}{p_0V_0}\right)$ (Менд.-Клайп.)

См. на стр. 5

Чистовик

$$Q_н = p_0V_0 \cdot \left(\frac{90^\circ - 22{,}5^\circ - 40{,}20^\circ}{360^\circ}\pi + 3\left(\frac{p_xV_x}{p_0V_0} - \frac{p_1V_1}{p_0V_0}\right)\right)$$

8) $-Q_x = A_{3-2} + \Delta U_{3-2}$

$$A_{3-2} = p_0V_0\left(\frac{x^\circ - \beta^\circ}{360^\circ}\pi + \frac{p_2V_2}{2p_0V_0} - \frac{p_xV_x}{2p_0V_0}\right)$$

$$\Delta U_{3-2} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}p_0V_0\left(\frac{p_2V_2}{p_0V_0} - \frac{p_xV_x}{p_0V_0}\right)$$

$$-Q_x = p_0V_0 \cdot \left(\frac{40{,}20^\circ - 15^\circ}{360}\pi + 3\left(\frac{p_2V_2}{p_0V_0} - \frac{p_xV_x}{p_0V_0}\right)\right)$$

9) $$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_н} = 1 - \frac{-(0{,}070\pi + 3\frac{1}{2}\sin 2\beta - 3\cdot\frac{1}{2}\cdot\sin 2x)}{(0{,}076\pi + 3\cdot\frac{1}{2}\cdot\sin 2x - 3\cdot\frac{1}{2}\cdot\sin 2\alpha)} = 1 - \frac{-(0{,}21 + 0{,}75 - 1{,}48)}{(0{,}24 + 1{,}48 - 1{,}06)} =$$

$$= 1 - \frac{0{,}52}{0{,}66} \approx 0{,}21$$

Ответ: $\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \sqrt{2} - 1 \approx 0{,}414$

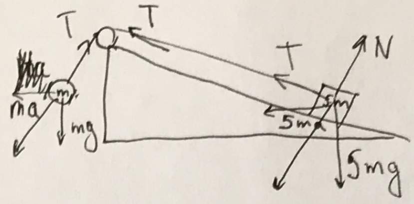
$tg\, x = \sqrt{\frac{1}{\gamma}} = \sqrt{\frac{5}{7}} \approx 0{,}845$

$\eta \approx 0{,}21$

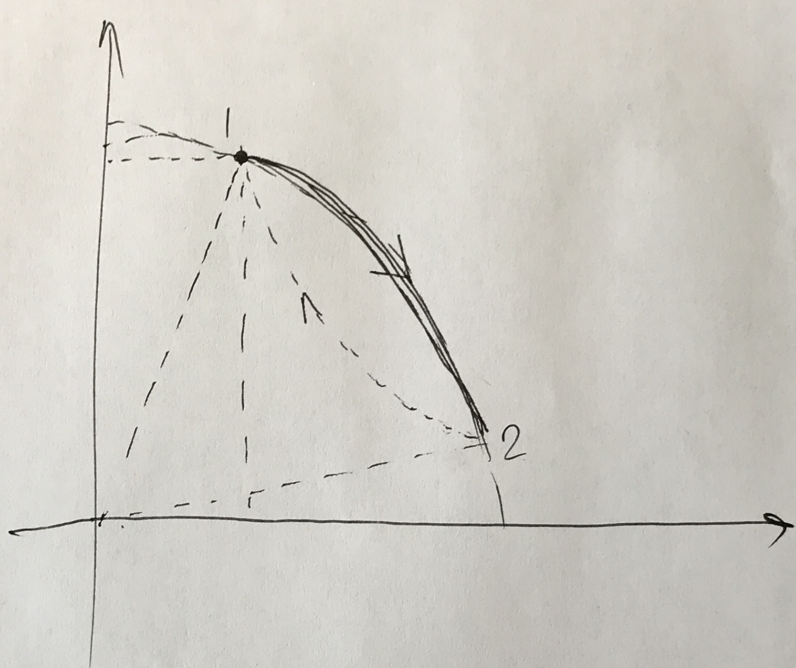
5

21200504 (U338054 M1267048)

Черновик



$$|\vec{ma} + \vec{mg}| = \vec{ma_1} + T$$



$$\frac{p_x}{p_0} = a \cdot \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{-\gamma}$$

$$\left(\frac{p_v}{p_0}\right)' = -\gamma \cdot a \cdot \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{-\gamma-1}$$

$$\left(\frac{p_x}{p_0}\right)' = -\gamma \frac{p_x}{p_0} \cdot \left(\frac{V_x}{V_0}\right)^{-1}$$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200504**

ID профиля: **338054**

Вариант 8

Чистовик

№3

1) Как только замыкают ключ. Конденсаторы не заряжены, по катушке ток не течёт $\Rightarrow I_R = I_L = 0$

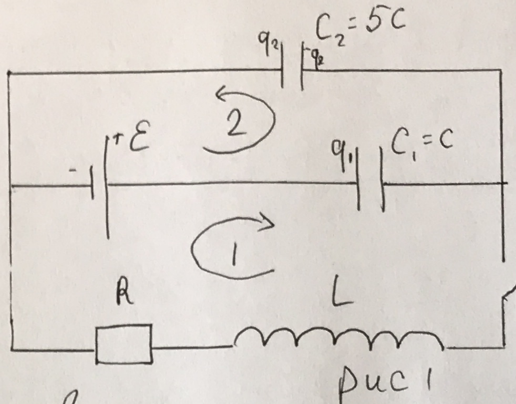


рис 1

Запишем 2-ой з-н Кирхгофа для контура 1: $\mathcal{E} = U_L$

$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$ (ф-ла для напр. на катушке)

$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{L}$ - скорость возрастания тока в катушке

2) Запишем ЗСЭ:

$A_\mathcal{E} = W_1 + W_2 + Q$ ($A_\mathcal{E}$ - работа по перемещ. заряда, W_1 - энергия на первом конд., W_2 - энергия 2 конд)

В уст режиме токи течь не будут т.к. нет контура без конденсатора (цепь разрывна)

Пусть U_2 - напр. 2 конд. U_1 - первого

2-ой з-н Кирхгофа для 2-го контура:

$\mathcal{E} = U_1 - U_2 = \frac{q_1}{C} - \frac{q_2}{5C}$

А для 1-го контура

$U_1 = \mathcal{E}$ (т.к. в нижней ветке тока нет)

$q_1 = \mathcal{E}C \Rightarrow q_2 = 0$ в уст режиме

$A_\mathcal{E} = \mathcal{E} \cdot \Delta q = \mathcal{E} \cdot q_1 = \mathcal{E}^2 C$

$\mathcal{E}^2 C = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} + Q$

$Q = \mathcal{E}^2 C - \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2}$

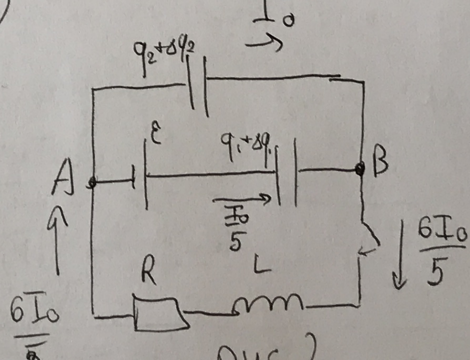


рис. 2

3) $I_0 = \frac{\Delta q_2}{\Delta t}$. 2-й з-н Кирхгофа для 2 контура для момента, когда ток I_0:

$\mathcal{E} = \frac{q_1 + \Delta q_1}{C} - \frac{q_2 + \Delta q_2}{5C}$. За момент до этого $\mathcal{E} = \frac{q_1}{C} - \frac{q_2}{5C} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\Delta q_1}{C} - \frac{\Delta q_2}{5C} = 0 \quad \Delta q_1 = \frac{\Delta q_2}{5} = \frac{I_0 \Delta t}{5}$

См на стр $\boxed{2}$

Чистовик

4) По 1-му пр-лу Кирхгофа (рис 2) ток через резистор равен

$$I_R = I_0 + \frac{I_0}{5} = \frac{6I_0}{5}$$

$$U_R = I_R \cdot R = \frac{6I_0 R}{5}$$

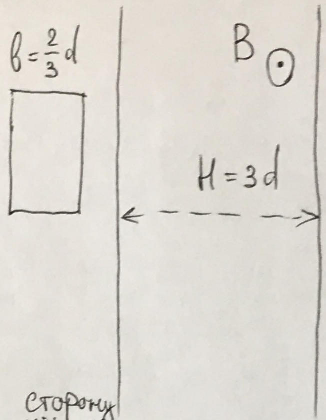
Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon}{L}$

2) $Q = \frac{\varepsilon^2 C}{2}$

3) $U_R = \frac{6I_0 R}{5}$

Чистовик

№ 4



1) Рассмотрим $\mathcal{E}$ самоиндукции, которая появится в контуре при внесении его в поле:

$$|\mathcal{E}| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\cdot\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\cdot d\cdot v_0\cdot\Delta t}{\Delta t} = Bdv_0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bdv_0}{R}$$

2) Запишем F_a действующ. на правую стороны контура

$F_a = B\cdot I\cdot d\cdot\sin\alpha$ $(\alpha=90^\circ)$ (для ост. сторон в поле $\alpha=0 \Rightarrow F_a=0$)

3) 2й з-н Ньютона: $ma = F_a = BId = \frac{B^2d^2v_0}{R}$

$a = \frac{B^2d^2v_0}{mR}$ - уск. будет направлено влево по закону Лоренца

4) С уск. рамка будет двигаться расстояние $\frac{2}{3}d \Rightarrow$

$$b = \frac{2}{3}d = \frac{v_1^2 - v_0^2}{-2a} \Rightarrow v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{4ad}{3}} = \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3v_0}{3mR}}$$

5) Заметим, что когда рамка будет выходить из контура Ответ будет аналогичен первым 3-м пунктам, но v_0 заменится на v_1: $a_2 = \frac{B^2d^2v_1}{mR}$ и ускарение будет опять направлено влево чтобы противостоять изменению магнитного потока $\Rightarrow$ будет справедлива формула $b = \frac{v_2^2 - v_1^2}{-2a_2}$ (с уск. контур будет двигаться пока полностью не выйдет из поля)

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{4a_2d}{3}} = \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3v_0}{3mR} - \frac{4B^2d^3v_1}{3mR}} =$$

$$= \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3}{3mR}\left(v_0 + \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3v_0}{3mR}}\right)}$$

Ответ: 1) $a = \frac{B^2d^2v_0}{mR}$; 2) $v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3v_0}{3mR}}$; 3) $v_2 = \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3}{3mR}\left(v_0 + \sqrt{v_0^2 - \frac{4B^2d^3v_0}{3mR}}\right)}$

Примечание: контур будет двигаться внутри поля с $v=\text{const}$ т.к. $d\Phi=0 \Rightarrow$ $\mathcal{E}=0 \Rightarrow I=0 \Rightarrow F_A=0$

Чистовик
№5

1) Т.к. предел аккомодации равен 0 глаз можно считать линзой с постоянной оптической силой. Если глубина глаза d_0, а фокусное расстояние F_0, то расстояние, с которого человек может прочитать без очков это $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{x}$; $x = \frac{1}{\frac{1}{F_0} - \frac{1}{d_0}}$

Если оптическая сила линз очков для чтения равна $D_1 = \frac{1}{F_1}$, где F_1 – фокусное расстояние очков. Тогда $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{x}$ (мнимое изображение букв должно быть на расстоянии x от глаза, чтобы, попадая в глаз, падать ровно на сетчатку. $D_1 = 4 - \frac{1}{x}$

2) Рассматривая удалённые предметы можно считать, что пучок лучей идёт параллельно $\Rightarrow D_2 = \frac{1}{F_2} = -\frac{1}{x}$ (т.к. все лучи соберутся в фокусе, который должен быть на раст x от глаза)

$D_1 - D_2 = 4$

$D_1 = 5D_2 \Rightarrow D_1 = -1$ Диоптр, $D_2 = -5$ Диоптр (линзы рассеивающие)

$x = 20 (см) = \frac{1}{5} (м)$

3) Пусть у третьих очков опт. сила равна $D_3 = \frac{1}{F_3}$ тогда текст на расстоянии $50 см = \frac{1}{2} м$ она должна переносить в изображение на расстоянии $x = \frac{1}{5} м$: $D_3 = \frac{1}{F_3} = \frac{1}{\frac{1}{2}} - \frac{1}{\frac{1}{5}} = -3$ (Диоптр)

Ответ: 1) $x = 20$ см

$D_2 = -5$ Диоптр.

2) $D_3 = -3$ Диоптр.

4

Черновик

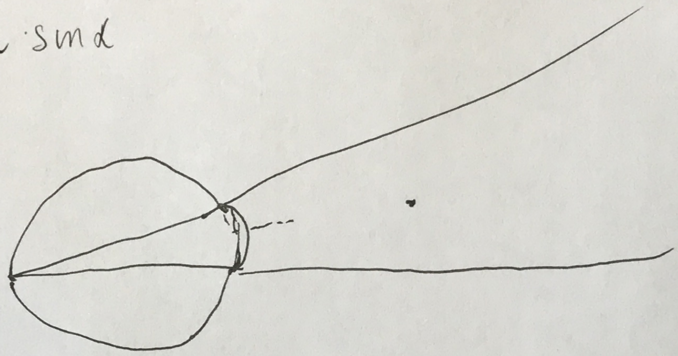
$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

расписываю ручку
пишет еле очень
вторая ручка норм!

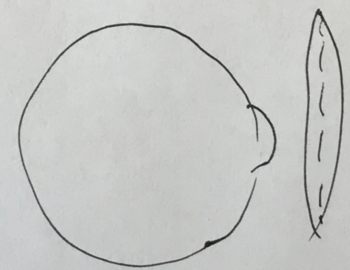
$\Phi = B_\Delta S$

$B I L \cdot \sin\alpha$

$F_A = B I d \cdot \sin\alpha$



D_1 D_2



$\frac{1}{F} = \frac{1}{0{,}25} + \frac{1}{x}$

$D_1 = 4 + \frac{1}{x}$