Часть 1

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

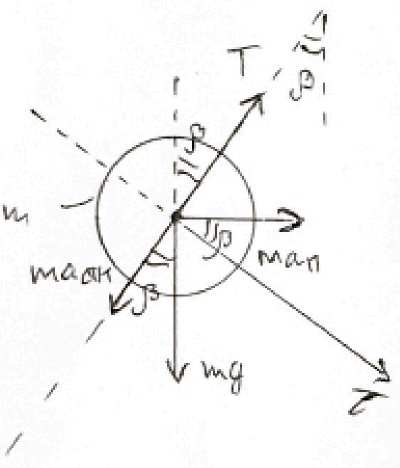
Шифр: **21202417**

ID профиля: **351765**

Вариант 5

Задача № 1 Чистовик.

1) Полное ускорение шарика складывается из переносного ускорения клина (далее $a_п$) и относительного, направленного вдоль нити (далее $a_{отн}$). По модулю относительные ускорения у шарика и бруска равны (направлены вдоль нити.) Рассмотрим шарик в отдельности:



$$\begin{cases} \sin\beta = \frac{3}{5} \\ \cos\beta = \frac{4}{5} \\ tg\beta = \frac{3}{4} \end{cases}$$

2ЗН: $m\vec{a}_{отн} + m\vec{a}_п = \vec{T} + m\vec{g}$

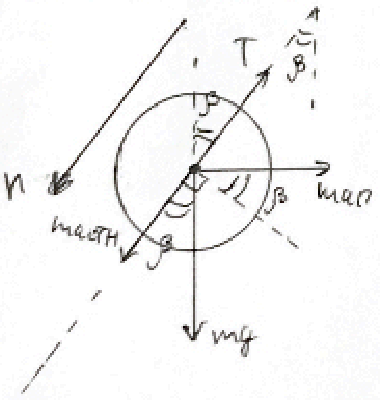
Спроецируем его на ось $\tau \perp$ нити:

на τ: $0 + ma_п\cos\beta = 0 + mg\sin\beta$

$$a_п\cos\beta = g\sin\beta$$

$$\boxed{a_п = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g\,tg\beta = \frac{3}{4}g}$$

2) Рассмотрим брусок и шарик в отдельности, запишем 2ЗН в проекции на направление нити:



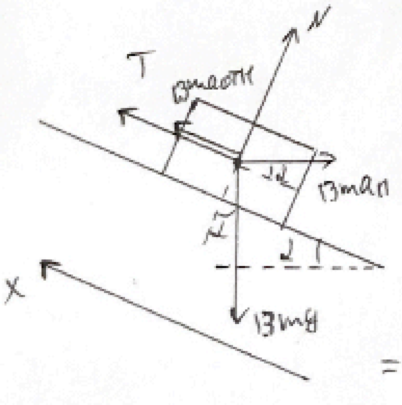
2ЗН для „m": $m\vec{a}_{отн} + m\vec{a}_п = \vec{T} + m\vec{g}$

на n ∥ нити: $ma_{отн} - ma_п\sin\beta = -T + mg\cos\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_{отн} - m\cdot\frac{3}{4}g\cdot\frac{3}{5} = -T + mg\cdot\frac{4}{5} \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_{отн} - \frac{9}{20}mg - \frac{4}{5}mg = -T \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \frac{25}{20}mg - ma_{отн} = \frac{5}{4}mg - ma_{отн}$.



2ЗН для „13m": $13m\vec{a}_{отн} + 13m\vec{a}_п = \vec{T} + \vec{N} + 13m\vec{g}$

на x ∥ нити: $13ma_{отн} - 13ma_п\cdot\cos\alpha = T + 0 - 13mg\sin\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow 13ma_{отн} - 12ma_п = T - 5mg \Rightarrow$

$\Rightarrow 13ma_{отн} - 12m\cdot\frac{3}{4}g = \frac{5}{4}mg - ma_{отн} - 5mg \Rightarrow$

$\Rightarrow 14a_{отн} = 9g + \frac{5}{4}g - 5g \Rightarrow$

$\Rightarrow 14a_{отн} = \frac{21}{4}g \Rightarrow 2a_{отн} = \frac{3}{4}g \Rightarrow \boxed{a_{отн} = \frac{3}{8}g}$

$$\begin{cases} \cos\alpha = \frac{12}{13} \\ \sin\alpha = \frac{5}{13} \\ tg\alpha = \frac{5}{12} \end{cases}$$

21202417 (U351765 M1263725)

Чистовик

Задача № 1 (продолжение)

3) Запишем кинематику движения шарика в системе отсчёта клина:

$\vec{S} = \vec{v}_{0\,отн} t + \frac{\vec{a}_{отн} t^2}{2}$ => в проекции на ось n (вдоль нити, прикреплённой к клину):

$\frac{H}{\cos\beta} = 0 + \frac{a_{отн}}{2} \cdot t^2$ => $t^2 = \frac{2H}{a_{отн} \cdot \cos\beta}$ =>

=> $\boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{a_{отн} \cdot \cos\beta}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{8}g \cdot \frac{4}{5}}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{10}g}} = \sqrt{\frac{20H}{3g}}}$

Ответ: 1) $a_n = \frac{3}{4}g$

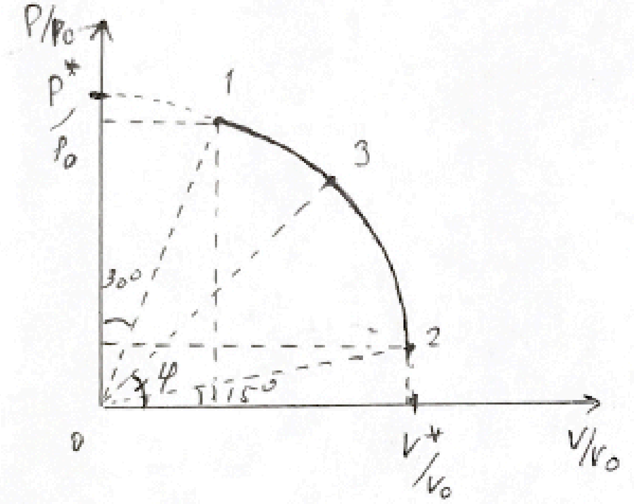
2) $a_{отн} = \frac{3}{8}g$

3) $t = \sqrt{\frac{20H}{3g}}$.

21202417 (U351765 M1263725)

Задача № 2 Чистовик

1)



Пусть P^* и V^* – значения давлений и объемов в точках пересечения окружности с осями. Тогда в состояниях 1 и 2 характеристики газа:

1: $P_1 = P^*\cos 30°$; $V_1 = V^*\sin 30°$

2: $P_2 = P^*\sin 15°$; $V_2 = V^*\cos 15°$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{\frac{3}{2}\nu R T_1}{\frac{3}{2}\nu R T_2}=\frac{P_1V_1}{P_2V_2}=$$

$$=\frac{P^*\cos 30°\cdot V^*\sin 30°}{P^*\sin 15°\cdot V^*\cos 15°}=\frac{\frac{1}{2}\sin 60°}{\frac{1}{2}\sin 30°}=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 2=\sqrt{3}$$

2) Исследуем зависимость $C(V)$ на промежутке дуги 1-2:

Пусть некая точка 3 находится между 1 и 2 и радиус, проведенный к ней составляет угол φ с гор. осью. Для бесконечно малого процесса в точке 3 справедливо:

$\delta Q = \Delta U + \Delta A$;

$\Delta A = P_3 \Delta V$

$\frac{\Delta P}{P_3} + \frac{\Delta V}{V_3} = \frac{\Delta T}{T_3}$, но т.к.

$\frac{\Delta P}{P_3} = 0$, то $\frac{\Delta V}{V_3} = \frac{\Delta T}{T_3}$

$\Rightarrow C(V)\nu\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P_3\Delta V \quad |: \nu\Delta T$

$C(V) = \frac{3}{2}R + \frac{P_3\Delta V}{\nu\Delta T}$, но:

$\frac{\Delta V}{V_3} = \frac{\Delta T}{T_3} \Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V_3}{T_3}$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow C(V) = \frac{3}{2}R + \frac{P_3V_3}{\nu T_3},\quad C(V) = \frac{3}{2}R + \frac{P^*\sin\varphi\cdot V^*\cos\varphi}{\nu T_3}$$

Ответ: 1) $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$.

Часть 2

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

Шифр: **21202417**

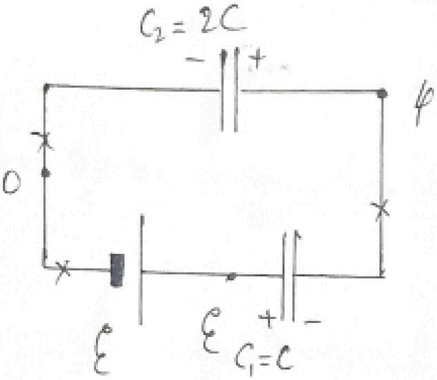
ID профиля: **351765**

Вариант 5

Чистовик.

Задача №3

1) Рассмотрим цепь с разомкнутыми ключами в установившемся режиме:



Воспользуемся методом узловых потенциалов. Тогда:

$$U_{C_1}(0)=\mathcal{E}-\varphi$$
$$U_{C_2}(0)=\varphi-0$$

Предположим, конденсаторы заряжены так, как показано на рисунке. Тогда, согласно ЗСЗ:

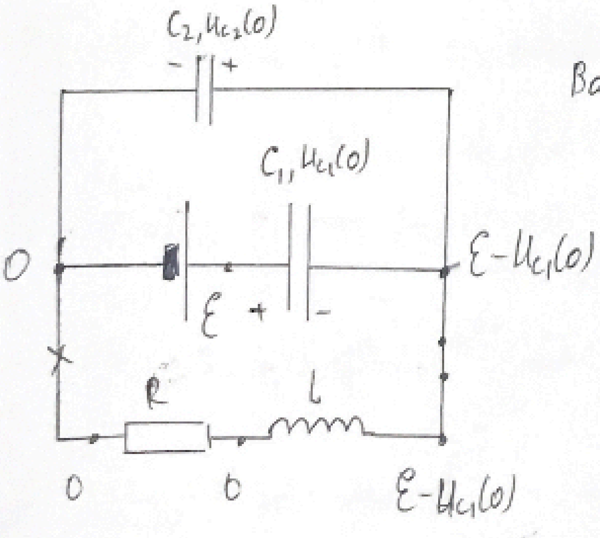
ЗСЗ: $0=-U_{C_1}(0)\cdot C_1+U_{C_2}(0)\cdot C_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow (\mathcal{E}-\varphi)\cdot \cancel{C} = \varphi\cdot 2\cancel{C} \Rightarrow \mathcal{E}=3\varphi \Rightarrow \varphi=\frac{\mathcal{E}}{3} \Rightarrow U_{C_1}(0)=\frac{2\mathcal{E}}{3}$ => зарядка конденс. определена верно.

$U_{C_2}(0)=\frac{\mathcal{E}}{3}$

2) Сразу после замыкания напряжение на конденсаторах не изменится =>

=> $U_{C_1}=U_{C_1}(0)$; $U_{C_2}=U_{C_2}(0)$, и ток через катушку не изменится. => $I_L(0)=0$. =>



Воспользуемся методом узловых потенциалов:

$$U_L(0)=\mathcal{E}-U_{C_1}(0)-0=\mathcal{E}-U_{C_1}(0)$$
$$U_L(0)=LI'$$
=>

$\Rightarrow LI' = \mathcal{E}-U_{C_1}(0) \Rightarrow$

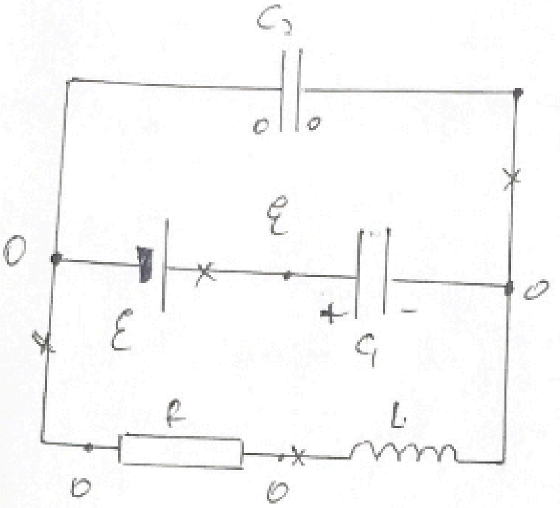
$\Rightarrow \boxed{I'=\frac{\mathcal{E}-U_{C_1}(0)}{L}=\frac{\mathcal{E}}{3L}}$ – скорость возрастания тока сразу после замык. ключа.

3) Рассмотрим цепь после замыкания ключа в уст. режиме.

Тогда тока в цепи нет, $U_L(\tau_{уст})=0$.

Чистовик.

Задача № 3 (продолжение)



Воспользуемся методом узловых потенциалов.

Получаем, что

$U_{C_1}(T_{уст}) = \mathcal{E} - 0 = \mathcal{E}$

$U_{C_2}(T_{уст}) = 0 - 0 = 0$

По ЗСЭ для цепи:

$A_{ист} = \Delta W + Q.$

$\Delta W = W_2 - W_1;$

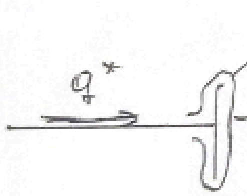
$$W_1 = W_{C_1}(0) + W_{C_2}(0) = \frac{C_1(U_{C_1}(0))^2}{2} + \frac{C_2(U_{C_2}(0))^2}{2} = \frac{C}{2}\cdot\left(\frac{2\mathcal{E}}{3}\right)^2 + \frac{2C}{2}\cdot\left(\frac{\mathcal{E}}{3}\right)^2 =$$

$$= \frac{C}{2}\cdot\frac{4\mathcal{E}^2}{9} + C\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{9} = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9} + \frac{C\mathcal{E}^2}{9} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$$

$$W_2 = W_{C_1}(t_{уст}) + W_{C_2}(t_{уст}) = \frac{C_1(U_{C_1}(t_{уст}))^2}{2} + \frac{C_2(U_{C_2}(t_{уст}))^2}{2} = \cancel{\ldots} =$$

$$= \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + 0 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}.$$

Рассмотрим левую обкладку конденсатора C_1:



$\Rightarrow$ на обкладку притек заряд $\frac{C\mathcal{E}}{3} \Rightarrow$

$$\Rightarrow A_{ист} = +\mathcal{E}\cdot q^* = \frac{C\mathcal{E}^2}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = A_{ист} - \Delta W = A_{ист} - (W_2 - W_1) = A_{ист} + W_2 - W_1 = \cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{3}} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{3}} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}}$$

Ответ: 1) $I^L = \frac{\mathcal{E}}{3L}$

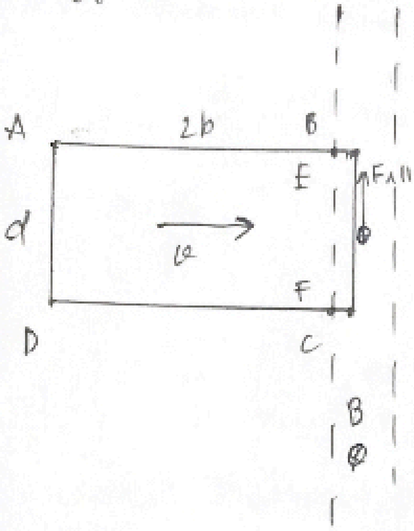
2) $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

21202417 (U351765 M1263726)

Чистовик

Задача №4.

1) Сразу после вхождения рамки в МП:

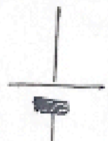


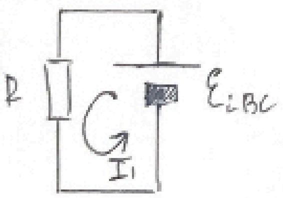
На концах проводника, движущегося в м.п. возникает ЭДС индукции, определяющаяся соотношением:

~~[illegible]~~ $\mathcal{E}_i = vBl\cdot\sin\alpha$, где α - угол между $\vec{v}$ и $\vec{B}$ =>

=> $\mathcal{E}_{i\,BC} = vBd$

$\mathcal{E}_{i\,BE} = \mathcal{E}_{i\,CF} = 0$, т.к. эти проводники движутся в МП вдоль самих себя => нет составляющей силы Лоренца, действующей на свободные носители заряда вдоль проводника.

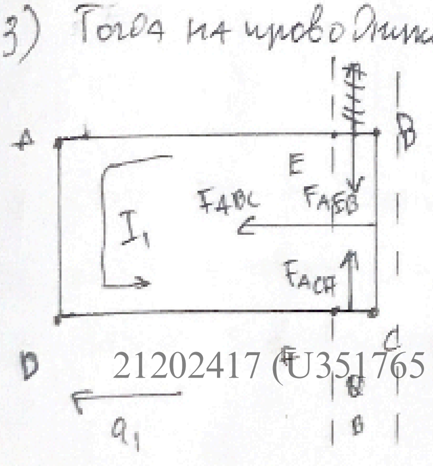
2) Проводник BC, находясь в МП ≡  $\mathcal{E}_{i\,BC} = vBd$, т.к. на свободные положительные заряды действует составляющая силы Лоренца, ~~[illegible]~~ обусловленная движением самого проводника, направленная вверх => рамка эквивалентна цепи:



=> По закону Ома для полной цепи:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_{i\,BC}}{R} = \frac{Bvd}{R}$$

3) Тогда на проводники CF, CB, BE действуют силы Ампера:



$F_{A\,EB} = F_{A\,CF}$; $F_{A\,BC} = I_1\cdot B\cdot d\cdot\sin 90^\circ =$

$= \frac{B^2d^2}{R}v$ => по 2ЗН: $ma_1 = F_{A\,EB}$ =>

=> $a_1 = \frac{B^2d^2}{mR}v$ => при $v = v_0$; $\boxed{a_0 = \frac{B^2d^2}{mR}v_0}$

Чистовик

Задача №4 (продолжение)

4) Для движения рамки, когда правая её сторона ~~входит~~ находится в МП:

т.к. $a_1 = -\frac{\Delta v}{\Delta t}$ (т.к. скорость уменьшается)

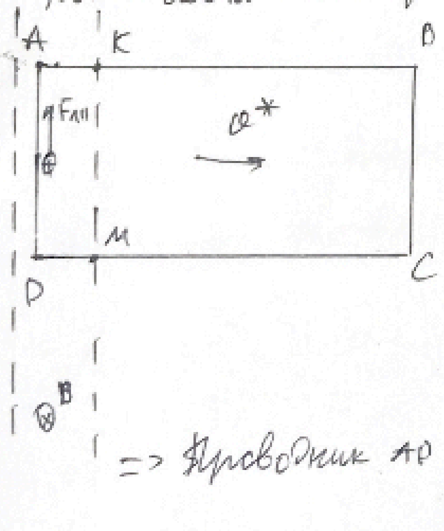
$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ =>

=> $-\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} \;\Big|\cdot \Delta t$ => $-\Delta v = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \Delta S$ — справедливо для каждого момента движения рамки. Просуммируем это выражение для перемещения правой части рамки в МП:

$$-\underbrace{\sum \Delta v}_{v_1 - v_0} = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \underbrace{\sum \Delta S}_{\frac{d}{3}} \Rightarrow v_0 - v_1 = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \frac{d}{3} \Rightarrow \boxed{v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{3mR}}$$

5) После того, как правая часть рамки покинет МП рамка движется прямолинейно и равномерно.

Когда левая часть рамки входит в МП:

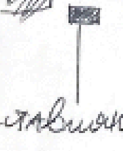


На концах проводника, движущегося в МП возникает ЭДС индукции:

~~$\mathcal{E}_{i\,AD} = v^* B l$, где l = длина провода~~

$\mathcal{E}_{i\,AD} = v^* B d \cdot \sin 90^\circ$

$\mathcal{E}_{i\,AK} = \mathcal{E}_{i\,DM} = 0$ =>

=> Проводник AD ≡  $\mathcal{E}_{i\,AD} = v^* B d$, т.к. на свободные положительные носители заряда действует составляющая силы Лоренца, обусловленная движением проводника, направленная вверх. =>

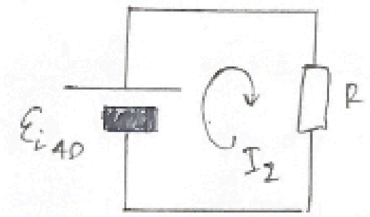
6) Рамка эквивалентна цепи:

21202417 (U351765 M1263726)

Чистовик:

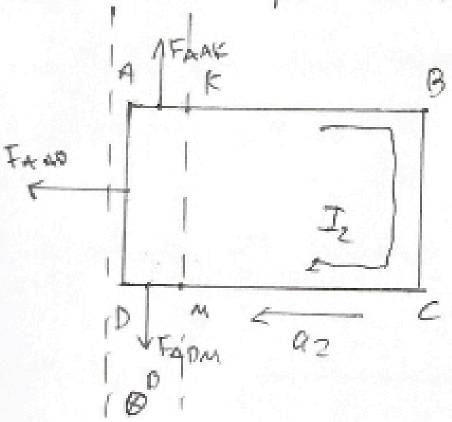
Задача № 4 (продолжение)

По закону Ома для полной цепи:



$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_{i\,AD}}{R} = \frac{v^* B d}{R}$$

7) Тогда на проводники действует сила Ампера:



$$F_{A\,AK} = F_{A\,DM};\quad F_{A\,AD} = I_2 B d = \frac{B^2 d^2}{R} v^*$$

8) Тогда по 2ЗН для рамки:

$$m a_2 = F_{A\,AD} = \frac{B^2 d^2}{R} v^*;\quad \text{т.к. } a_2 = -\frac{\Delta v^*}{\Delta t} \text{ (т.к. скорость уменьшается)},\quad v^* = \frac{\Delta S^*}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{\Delta v^*}{\Delta t} = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \frac{\Delta S^*}{\Delta t} \Big| \cdot \Delta t \Rightarrow -\Delta v^* = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \Delta S^*$$ — справедливо для всего времени перемещения левой части рамки в м.п.

Просуммируем это выражение для перемещения левой части рамки в м.п.:

$$-\underbrace{\sum \Delta v^*}_{v_2 - v_1} = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \underbrace{\sum \Delta S^*}_{\frac{d}{3}} \Rightarrow v_1 - v_2 = \frac{B^2 d^3}{3mR} \Rightarrow \boxed{v_2 = v_1 - \frac{B^2 d^3}{3mR} = v_0 - \frac{2B^2 d^3}{3mR}}$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{B^2 d^2}{mR} v_0$

2) $v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{3mR}$

3) $v_2 = v_0 - \frac{2B^2 d^3}{3mR}$

Задача №5 Чистовик.

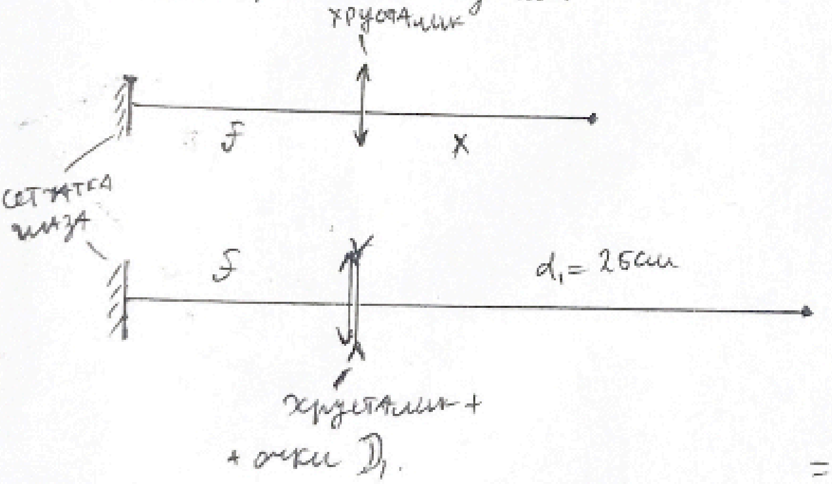
~~1) По условию, человек без очков реально не различает буквы с расст. 25см. => => в этом положении они находятся в фокусе его глаза. Т.к. хрусталик - собир. линза, то, если D - оптическая сила глаза (D>0), то~~ $\cancel{D = \frac{1}{F_{гл}} = \frac{1}{0,25} = 4}$ ~~(дптр)~~

1) По условию, глаз человека имеет ~~нулевую~~ нулевой предел аккомодации => => оптическая сила его глаза D остается всегда постоянной.

Т.к. человек близорукий, то в его очках используются рассеивающие линзы.

Тогда, если D_1 - опт. сила очков для рассмотрения текста на расстоянии 25см, а D_2 - опт. сила очков для рассмотрения ~~текста на расст.~~ удаленных предметов, то $\frac{D_1}{D_2} = 2$ (по условию), но $D_1 < 0$; $D_2 < 0$.

2) Рассмотрим два случая:



$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{1}{F} + \frac{1}{x} \\ D + D_1 &= \frac{1}{F} + \frac{1}{d_1} \end{aligned}\right| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D_1 = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{d_1} - D_1 = \frac{1 - D_1 d_1}{d_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{d_1}{1 - D_1 d_1}$$

3) Т.к. по условию человек реально не видит буквы печатного текста с расст. 25см, выходит что их изображение лежит на середине между сетчаткой и хрусталиком =>