Часть 1

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

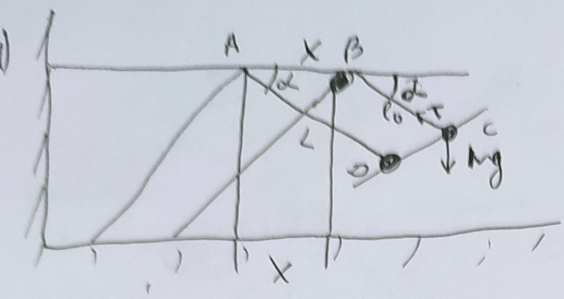
Шифр: **21202625**

ID профиля: **847699**

Вариант 4

Чистовик

Задача ①

1) 

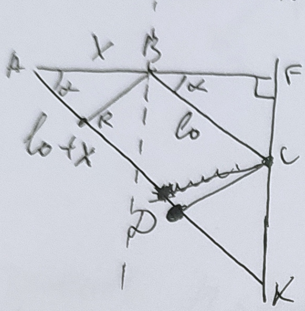
$AB = x$ – смещение клина

$AD = L \quad BC = l_0$

т.к. нить нерастяжима:

$L = l_0 + x$

ускорение направлено вдоль прямой DC, т.к. вдоль этой прямой напр. перемещ. (и скорость)



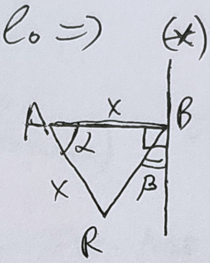
(BCDR – трапеция)

$BR \parallel DC \Rightarrow$

$RD = BC = l_0 \Rightarrow$

$AR = x$

(*)



ΔABR – равнобедр $\Rightarrow$

$\angle ABR = \angle ARB = \frac{180° - \alpha}{2} = $

$= 90° - \frac{\alpha}{2}$

$\beta = 90° - \angle ABR = 90° - 90° + \frac{\alpha}{2} =$

$= \frac{\alpha}{2} \Rightarrow$, т.к. $RB \parallel DC \Rightarrow$

DC сост. $\beta = \frac{\alpha}{2}$ угол с верт. $\Rightarrow$

$\frac{\alpha}{2}$ – угол, напр. ускорения.

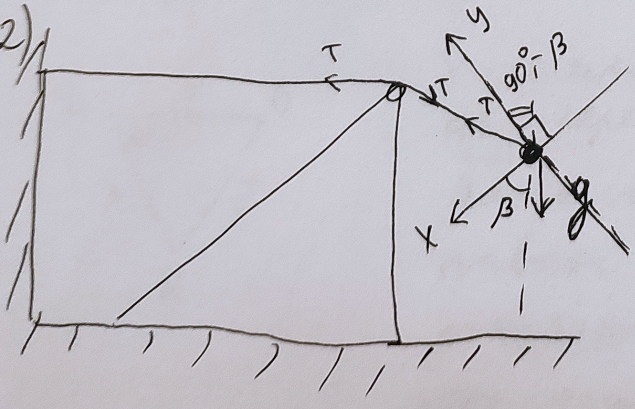
$\cos\alpha = \cos^2\frac{\alpha}{2} - \sin^2\frac{\alpha}{2}$

$\cos\alpha = 2\cos^2\frac{\alpha}{2} - 1$

$\cos^2\frac{\alpha}{2} = \frac{\cos\alpha + 1}{2} =$

$= \frac{\frac{8}{17} + 1}{2} = \frac{25}{34}$

$\boxed{\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{5}{\sqrt{34}}} = \cos\beta \qquad \sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{34 - 25}{34}} = \frac{3}{\sqrt{34}} \qquad tg\frac{\alpha}{2} = \frac{3}{5}$

2) 

Т.к. ускорени напр. только по оси x $\Rightarrow$

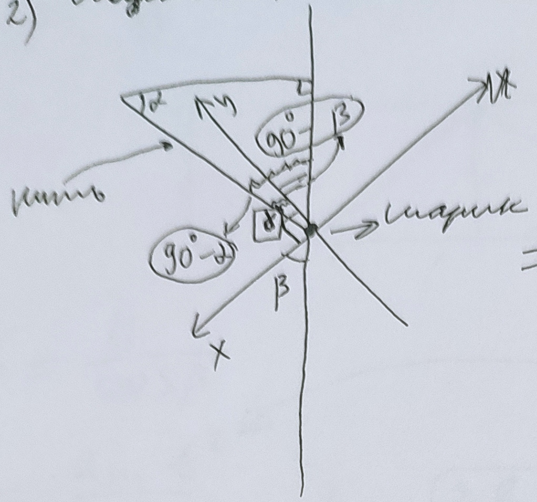
вдоль оси y не действует ускорение $\Rightarrow$

$\sum F_{iy} = 0$

Задача

Чистовик

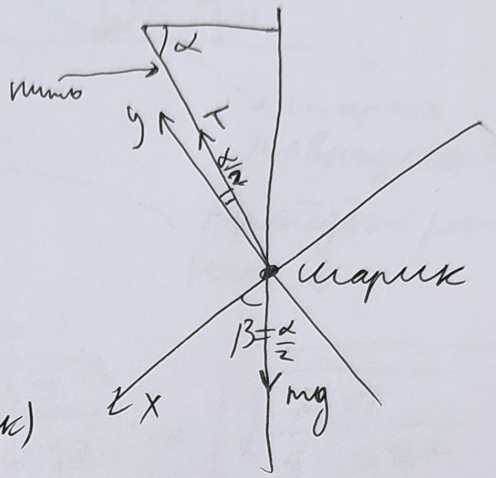
① 2) ищем направление силы T:



$\gamma = 90^\circ - \alpha - 90^\circ + \beta =$

$= \beta - \alpha = \frac{\alpha}{2} - \alpha = -\frac{\alpha}{2}$

$\Rightarrow$



II закон Ньютона (на шарик)

ось Oy:

$T \cdot \cos\frac{\alpha}{2} = mg \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \Rightarrow T = mg\, tg\frac{\alpha}{2}$

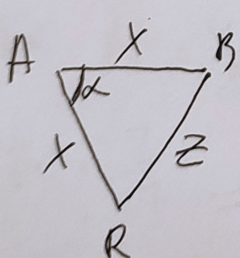
ось Ox:

$mg \cdot \cos\frac{\alpha}{2} - T \cdot \sin\frac{\alpha}{2} = m a_ш$

$\cancel{m}g \cdot \cos\frac{\alpha}{2} - \cancel{m}g \frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \cancel{m} a_ш$

$a_ш = g \frac{\cos^2\frac{\alpha}{2} - \sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = g \frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}} = g \frac{8\sqrt{34}}{17 \cdot 5}$

используя Δ в (*):



x – перемещ. клина (~~...~~

BR (Z) – перемещ шарика

Начальные скорости клина и шарика равны нулю $\Rightarrow$

ускорения соотн. также, как и перемещения

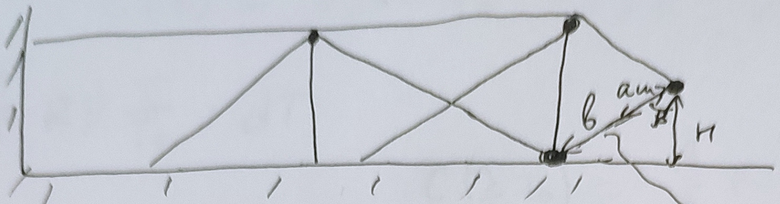
$z = 2 \cdot x \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \Rightarrow a_{кл} = 2\, a_ш \cdot \sin\frac{\alpha}{2} =$

$= 2g \frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}} \cdot \sin\frac{\alpha}{2} = 2g \cos\alpha \cdot tg\frac{\alpha}{2} = 2g \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{48}{85} g$ ②

Чистовик

Задача

~~3)~~ 1 4)



шарик равноускоренно пройдёт расстояние в

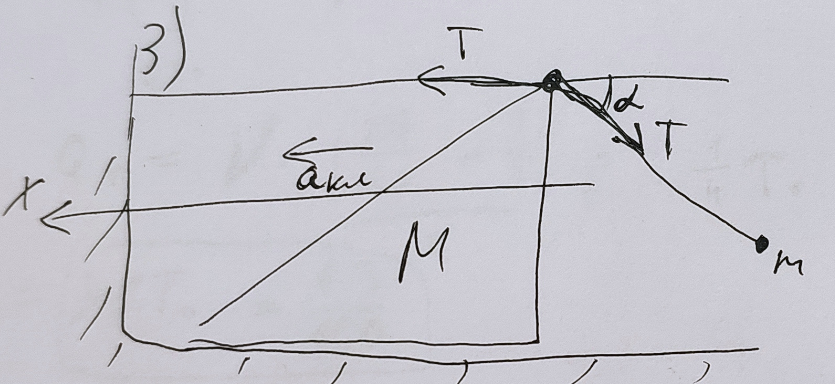
$$в = \frac{H}{\cos\beta}$$

$$в = \frac{a_ш t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2в}{a_ш}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2H \cdot \cos\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2} \cdot g \cdot \cos\alpha}} = \boxed{\sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}} = \sqrt{\frac{17H}{4g}}$$

3)



На клин действуют 2 силы натяжения T

II закон Ньютона на клин:

на ось X:

$$Ma_{кл} = T - T\cos\alpha = T(1-\cos\alpha)$$

находим в 2)

$$\cancel{Ma}\ M \cdot \frac{48}{85}\cancel{g} = m\cancel{g}\, tg\frac{\alpha}{2}(1-\cos\alpha)$$

$$M \cdot \frac{8}{17} = m\left(1 - \frac{8}{17}\right) \qquad M \cdot \frac{8}{17} = \frac{9}{17}m$$

$$\boxed{\frac{m}{M} = \frac{8}{9}}$$

Ответ: 1) $tg\beta = \frac{3}{5}$

2) $a_{кл} = \frac{48}{85}g$

3) $\frac{m}{M} = \frac{8}{9}$

4) $t = \sqrt{\frac{17H}{4g}}$

Чистовик

Задача ② 1)

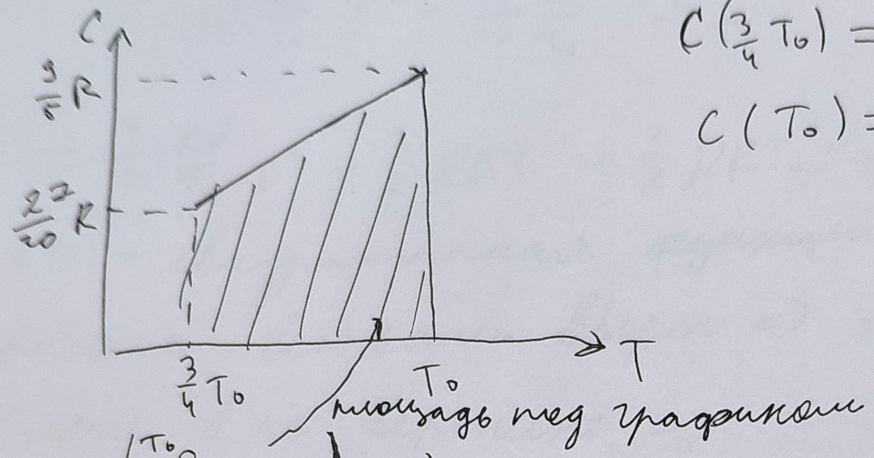
По определению

$$C(T) = \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0} = \frac{dQ}{dT} \cdot \frac{1}{\nu}$$

$$dQ = \frac{9}{5} R \nu \frac{T}{T_0} \cdot dT$$

$$C\left(\frac{3}{4}T_0\right) = \frac{9}{5} R \frac{3}{4} = \frac{27}{20} R$$

$$C(T_0) = \frac{9}{5} R$$



$$Q_1 = \left(\int_{\frac{3}{4}T_0}^{T_0} C\, dT\right) \cdot \nu$$

$$Q_1 = \nu \cdot \frac{\left(\frac{27}{20} + \frac{9}{5}\right)}{2} R \cdot \frac{1}{4} T_0 = \nu R T_0 \frac{\frac{27}{20} + \frac{9}{5}}{8} =$$

$$= \boxed{\nu R T_0 \cdot \frac{63}{160}}$$

2) $\Delta Q = A + \Delta U$ $\boxed{A = \Delta Q - \Delta U}$ т.к. у нас He $\Rightarrow$ $i = 3$

$$U = \frac{3}{2}\nu R T \qquad \Delta U = \frac{3}{2}\nu R T - \frac{3}{2}\nu R T_0 = \frac{3}{2}\nu R (T - T_0)$$

$$\Delta Q = \int_{T_0}^{T} C\, dT' \cdot \nu = \int_{T_0}^{T} \frac{9}{5} R \frac{T'}{T_0} dT' \, \nu = \frac{\frac{9}{5}R}{T_0} \nu \int_{T_0}^{T} T' dT' =$$

$$= \frac{\frac{9}{5}R\nu}{T_0} \frac{T'^2}{2}\Big|_{T_0}^{T} = \frac{\frac{9}{5}R\nu}{T_0}\left(\frac{T^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right)$$

Чистовик

Задача ② 2)
$$A = \frac{9}{5}\frac{R\nu}{T_0}\frac{(T^2 - T_0^2)}{2} - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0) =$$
$$= \frac{9}{10}\frac{R\nu}{T_0}T^2 - \frac{9}{10}\frac{R\nu}{T_0}\cdot T_0^2 - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT_0 =$$
$$= \frac{9}{10}\frac{R\nu}{T_0}T^2 - \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT_0 - \frac{9}{10}\nu RT_0$$

$A(T)$ – квадратичная функция, её график – порабола ветвями вверх $\Rightarrow$ минимальное значение в её вершине $\Rightarrow$
$$T_{min} = \frac{\frac{3}{2}\nu R}{\frac{9}{5}\frac{R\nu}{T_0}} = \frac{3\cdot 5}{2\cdot 9}T_0 = \frac{5}{6}T_0$$

3) $$A_{min} = A(T_{min}) = \frac{9}{10}\frac{R\nu}{T_0}\cdot\frac{25}{36}T_0^2 - \frac{3}{2}\nu R\cdot\frac{5}{6}T_0 +$$
$$+ \frac{3}{2}\nu RT_0 - \frac{9}{10}\nu RT_0 =$$
$$= \nu RT_0\left(\frac{5}{2\cdot 4} - \frac{5}{4} + \frac{3}{2} - \frac{9}{10}\right) = \left(-\frac{5}{8} + \frac{3}{2} - \frac{9}{10}\right)\nu RT_0 =$$
$$= \left(-\frac{25}{40} + \frac{60}{40} - \frac{36}{40}\right)\nu RT_0 = -\frac{1}{40}\nu RT_0$$

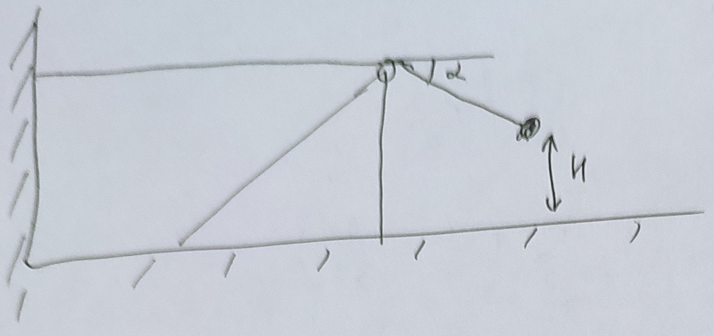
Ответ: 1) $\frac{63}{160}\nu RT_0$

2) $\frac{5}{6}T_0$

3) $-\frac{\nu RT_0}{40}$

~~Черновик~~

Черновик

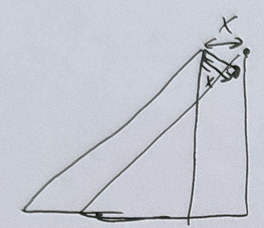


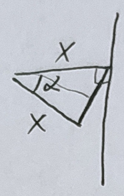
$$\frac{\frac{9}{5}RV}{T_0} \quad \frac{T^2}{2}\Bigg|_{\frac{3}{4}T_0}^{T_0} =$$

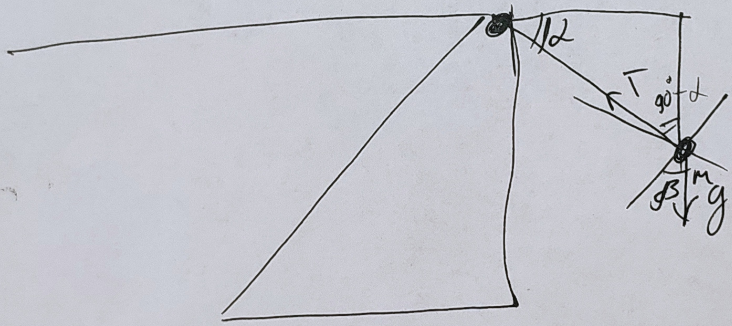
$$= \frac{9}{5}\cdot\left(\frac{1}{2} - \frac{9}{32}\right) =$$

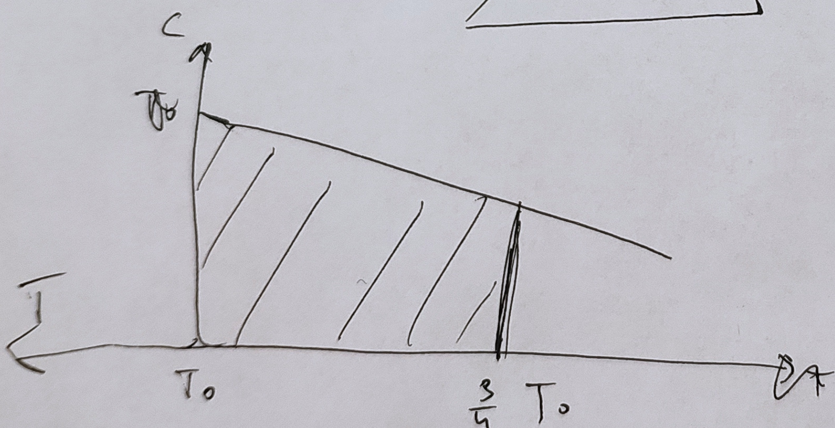
$$= \frac{9}{5}\left(\frac{16-9}{32}\right) =$$

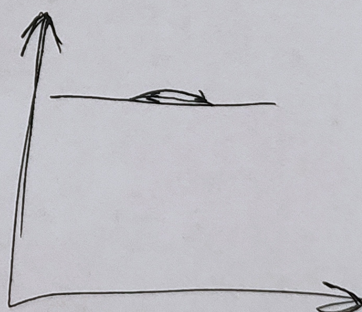
$$= \frac{9\cdot 7}{160}$$











27+36

Черновик

$Q = A + U$

$Q = \int_{\frac{3}{4}T_0}^{T_0}$ $\frac{9}{5}\frac{RV}{T_0}\left(\frac{T_0^2}{2} - \frac{9}{32}T_0^2\right)$

$\frac{9}{5}\left(\frac{1}{2} - \frac{9}{32}\right)$

21202625 (U847699 M1270168)

Часть 2

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

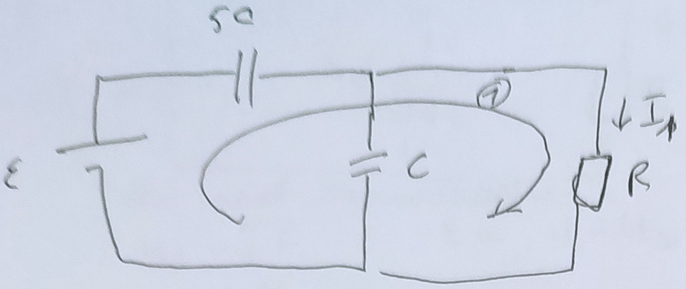
Шифр: **21202625**

ID профиля: **847699**

Вариант 4

Чистовик

№3

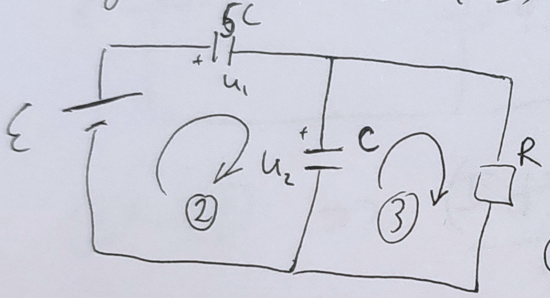


1) В нач. момент конденсаторы не заряж. ⇒ они просто как провода (на них пад напряж. 0)

Правило Кирхгоффа для контура ①:

$\varepsilon = I_\phi R$ $\boxed{I_\phi = \frac{\varepsilon}{R}}$

2) в установившемся положении ток через конд. не течёт ⇒ через резистор тоже.



По правилу Кирхгоффа:

① : $\varepsilon = u_1 + u_2$

② $u_2 = 0 \cdot R$ $u_2 = 0$ ⇒

$\varepsilon = u_1$

По закону сохранения энергии:

$A_{ист} = \underbrace{\frac{5C\varepsilon^2}{2}}_{\text{энергия конденсатора } C_1} + \underbrace{Q}_{\text{тепло}}$

$A_{ист} = \underbrace{\Delta q}_{\text{заряд, протекший через источник}} \cdot \varepsilon$

весь заряд оказался на конденсаторе C_1 ⇒

$\Delta q = q_1 = \varepsilon \cdot 5C$

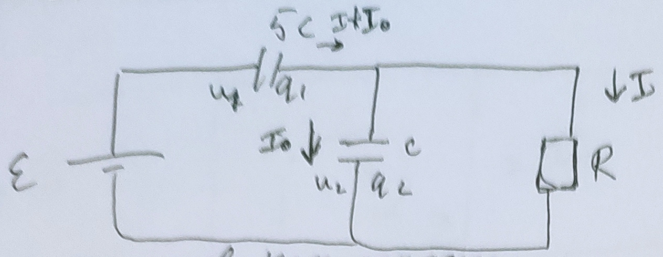
$5C\varepsilon = \frac{5C\varepsilon^2}{2} + Q$ ⇒ $\boxed{Q = \frac{5C\varepsilon^2}{2}}$

1

Чистовик

№3

3)

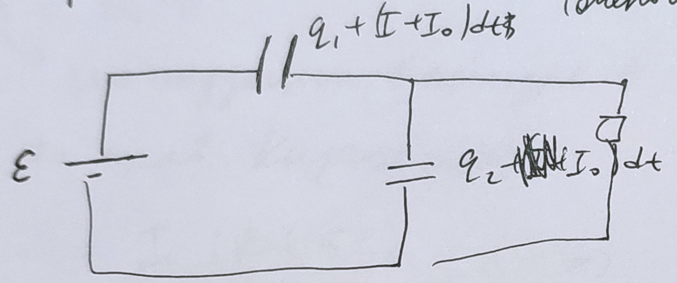


по прав. Кирхгоффа:

$u_2 = IR \qquad \varepsilon = u_1 + u_2 \qquad \boxed{\varepsilon = u_1 + IR}$

$I_0 = \frac{dq_2}{dt} \qquad I + I_0 = \frac{dq_1}{dt} \qquad \boxed{\varepsilon = \frac{q_1}{5C} + \frac{q_2}{C}}$ ①

рассмотрим через dt (очень маленькое, такое, что ток не изм.)



$$\boxed{\varepsilon = \frac{q_1 + (I + I_0)dt}{5C} + \frac{q_2 + I_0 dt}{C}}$$ ②

② − ① $\Rightarrow \frac{(I + I_0)dt}{5C} + \frac{I_0 dt}{C} = 0$

$\frac{I + I_0}{5} = -I_0 \qquad I + I_0 = -5I_0$

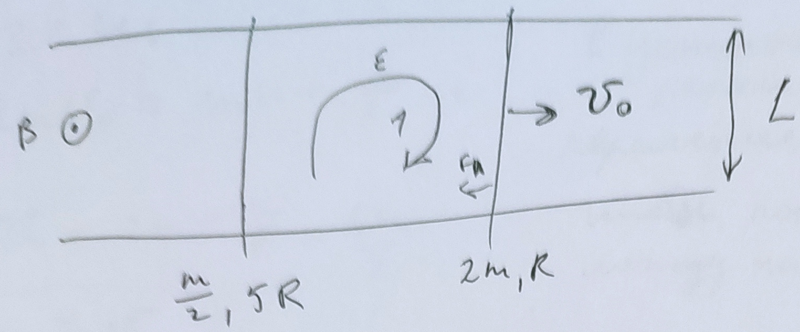
$I = -6I_0 \Rightarrow |I| = 6I_0$

Ответ: 1) $\frac{\varepsilon}{R}$

2) $\frac{5C\varepsilon^2}{2}$

3) $6I_0$

Шиповик №4



1) В нач момент скорость есть только у 1 перемычки

$$\mathcal{E} = v_0 \cdot BL$$

ЭДС индукции в контуре 1

По прав. Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = I\,(R+5R) \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{6R} = \frac{v_0BL}{6R}$$

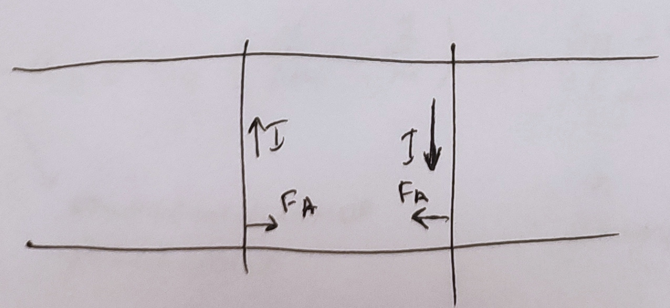
ток потечёт по контуру 1

$$F_A = IBL = \frac{v_0B^2L^2}{6R} = 2ma_1$$

по II Закону Ньютона

$$\boxed{a_1 = \frac{v_0B^2L^2}{12Rm}}$$

2)



На вторую перемычку действует точно такая же по модулю сила ампера, но противоположно направленная

На систему из 2-ух перемычек $\sum F_{i\,внеш} = 0 \Rightarrow$ выполняется закон сохранения импульса $\Rightarrow$ 3

Чистовик

№ 4

⇒ З.С.И.:

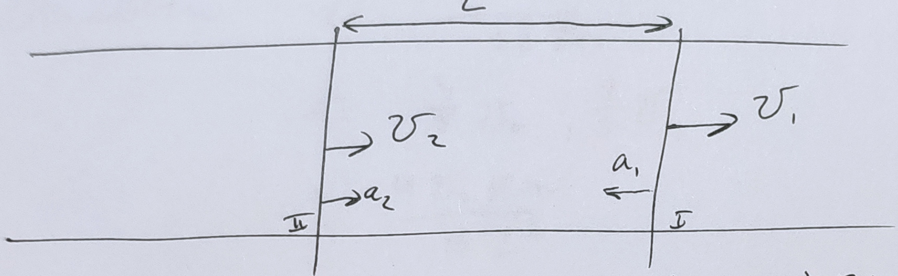
$$2m v_0 = 2mu + \frac{m}{2}\cdot u$$

$$2 v_0 = 2u + \frac{u}{2} = \frac{5u}{2}$$

$$\boxed{u = \frac{4}{5} v_0}$$

в установившемся режиме скорости перемычек будут одинаковы, чтобы поток поля В не менялся между ними ($F_A = 0$)

3) В произвольный момент времени:



$$\mathcal{E} = (v_1 - v_2) BL \qquad I = \frac{(v_1 - v_2) BL}{6R}$$

$$F_A = \frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{6R}$$

II закон Ньютона:

$2ma_1 = F_A$ – на I $\qquad a_1 = \frac{F_A}{2m}$

$\frac{m}{2} a_2 = F_A$ – на II $\qquad a_2 = \frac{2F_A}{m} \qquad a_{отн} = a_1 - a_2$

$$a_1 - a_2 = F_A\left(\frac{1}{2m} - \frac{2}{m}\right) = \frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{6R}\left(\frac{1}{2m} - \frac{2}{m}\right) \Rightarrow$$

относительное ускорение

относительная скорость

$$\frac{dv_{отн}}{dt} = \frac{dl_{отн}}{dt}\,\frac{B^2L^2}{6R}\left(\frac{1}{2m} - \frac{2}{m}\right)$$

Чистовик

№1

$$d v_{отн} = d l_{отн} \frac{B^2L^2}{6R}\left(\frac{1}{2m} - \frac{2}{m}\right)$$

просуммируем =>

$$(0 - v_0) = (l_к - l_н)\frac{B^2L^2}{6R}\left(\frac{-3}{2m}\right)$$

$$v_0 = \Delta l \frac{B^2L^2}{2R \cdot 2m} = \Delta l \frac{B^2L^2}{4Rm}$$

$$\Delta l = \frac{4 v_0 Rm}{B^2L^2}$$

Ответ: 1) $\frac{v_0 B^2 L^2}{12 Rm}$

2) $\frac{4}{5} v_0$, $\frac{4}{5} v_0$

3) $\frac{4 v_0 Rm}{B^2 L^2}$

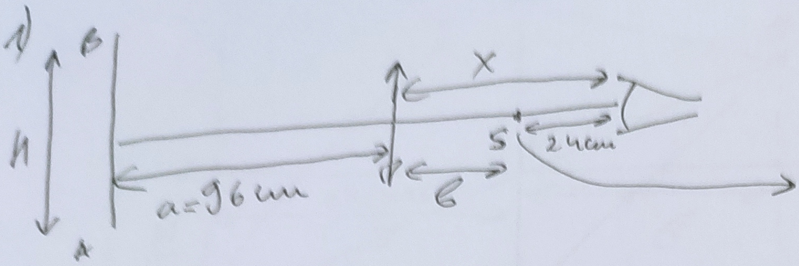
5

21202625 (U847699 M1270169)

Чистовик

№5

1)



наблюд. рассм. изображ. здесь.

По ф-ле ~~пло~~ тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{в} \qquad в = x - 24$$

$$\frac{1}{24} = \frac{1}{96} + \frac{1}{x-24} \qquad \frac{1}{24} = \frac{x-24+96}{96(x-24)}$$

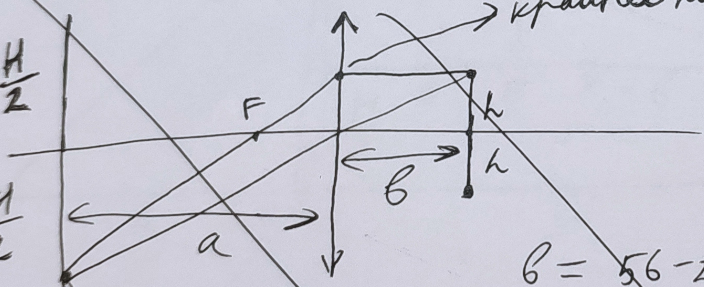
$$1 = \frac{x+72}{4(x-24)}$$

$$4x - 96 = x + 72$$

$$3x = 72 + 96 = 168$$

$$x = 56 \text{ см}$$

2)



крайнее положение =>

$$P_м = 2h$$

высота изображения

$$в = 56 - 24 = 32 \text{ см}$$

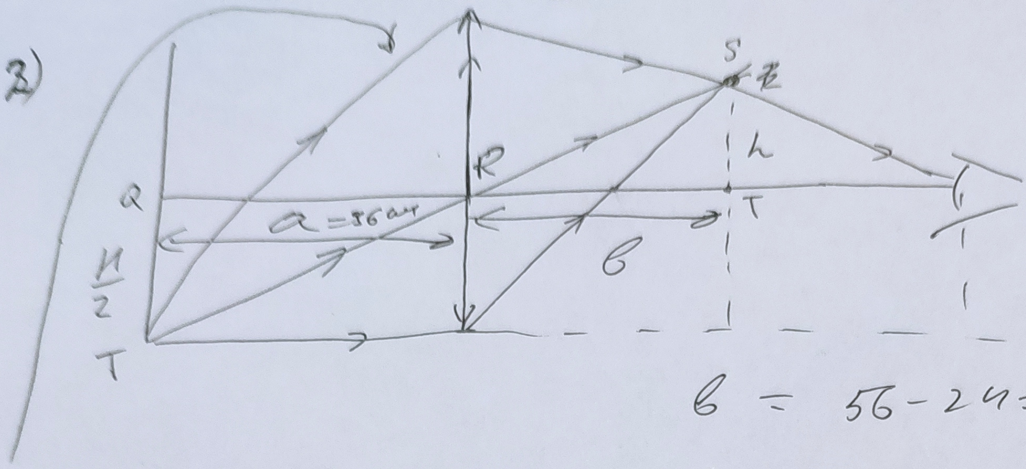
$$\frac{h}{H/2} = \frac{a}{в} = \frac{96}{32} = 3$$

$$h = \frac{H}{2} \cdot 3 = \frac{9}{2} \cdot 3 = \frac{27}{2} \text{ см} = 13{,}5 \text{ см}$$

Чистовик

№5

2)

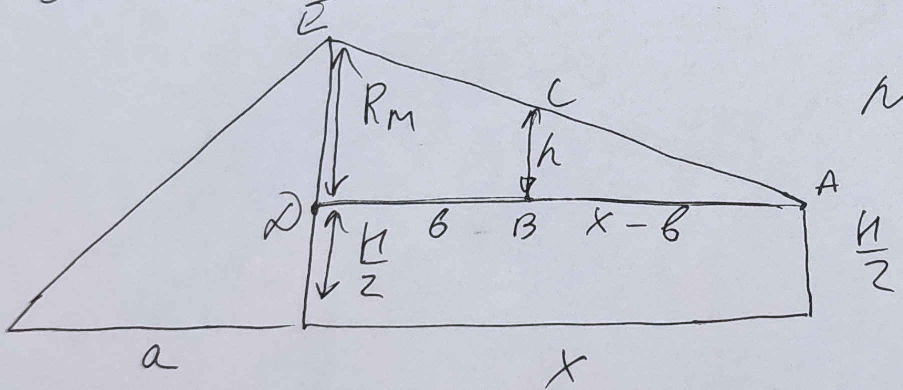


$b = 56 - 24 = 32$ см

нужно, чтобы этот крайний луч попадал в глаз

по подобию: $\Delta QRT \sim \Delta RST$

$$\frac{a}{b} = \frac{H}{2 \cdot h} \qquad h = \frac{Hb}{2a} = \frac{9}{2}\,\frac{32}{96} = \frac{3}{2} \text{ см}$$



по подобию

$\Delta ABC \sim \Delta ADE$

$$\frac{x}{x-b} = \frac{R_M}{h} \qquad R_M = \frac{hx}{x-b} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 56}{56 - 32} = \frac{84}{24} =$$

$$= 7,1\cancel{1} \text{ см} \quad 3,5$$

$R_M =$ ~~7,17 см~~ 7 см

Ответ: 1) 56 см

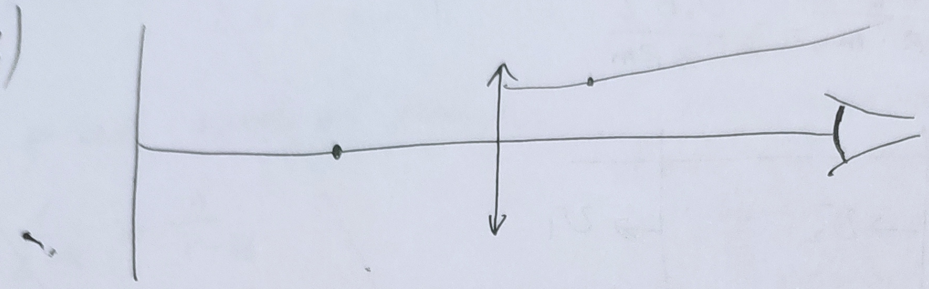
2) ~~7,17 см~~ 7 см

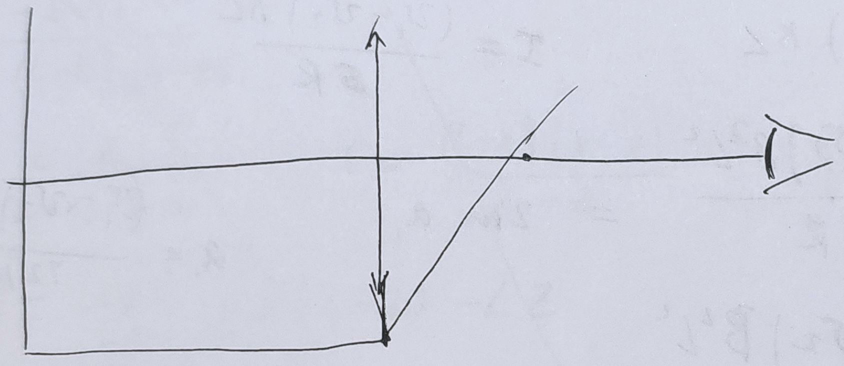
$F(L-Z) = Lx - Lz - x^2 + xz$

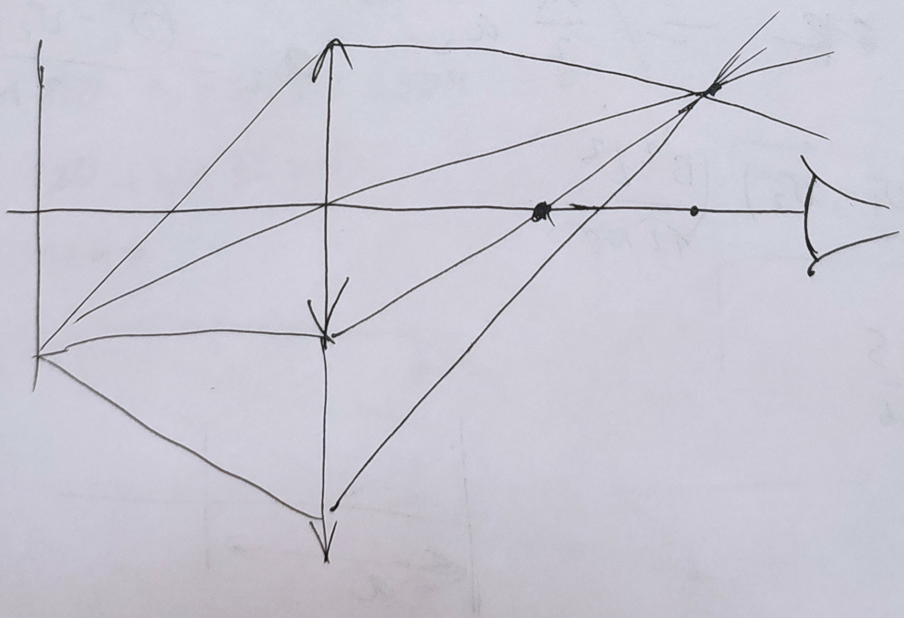
$x^2 - x(L+z) + Lz + F(L-z)$

$\underset{24+96}{\shortparallel}$ $\quad 96 \cdot 24 \quad 24(96-24)$

3)



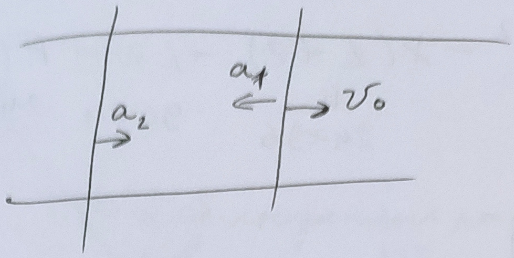




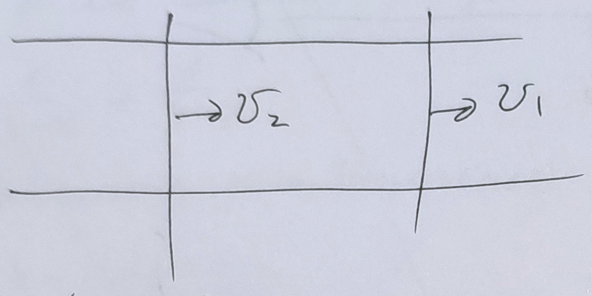
21202625 (U847699 M1270169)

Черновик

$$a_{x1} = \frac{v B^2 L^2}{12 Rm}$$



$$a_2 = \frac{v_0 B^2 L^2 \cdot 2}{6R \cdot m} = \frac{v_0 B^2 L^2}{3 Rm}$$



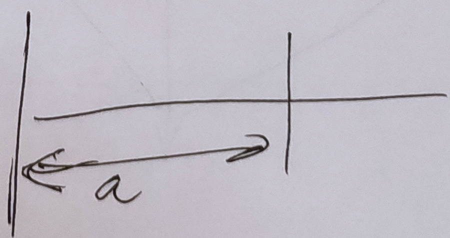
$$\mathcal{E} = (v_1 - v_2) BL \qquad I = \frac{(v_1 - v_2) BL}{6R}$$

$$F_A = \frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{6R} = 2m\, a_1 \qquad a_1 = \frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{12 mR}$$

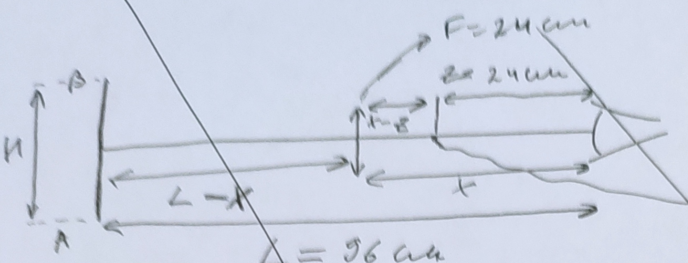
$$\frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{6R} = \frac{m}{2} a_2 \qquad a_2 = \frac{(v_1 - v_2) B^2 L^2}{3 mR}$$

$$a_1 - a_2 = (v_1 - v_2) \frac{B^2 L^2}{12 mR}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dS}{dt}$$



~~Чистовик~~ $\boxed{№5}$ Черновик



наблюдатель рассматривает изображение на расстоянии 24 см (т.к. аккомодирует глаз туда) ⇒ изображ. находится здесь.

1)

по ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{L-x}+\frac{1}{x-z}$$

(изображение действительное)

$$\frac{1}{F}=\frac{x-z+L-x}{(L-x)(x-z)}$$

$$\frac{1}{F}=\frac{L-z}{(L-x)(x-z)} \qquad F=\frac{(L-x)(x-z)}{L-z} \qquad F(L-z)=Lx-Lz-x^2+xz$$

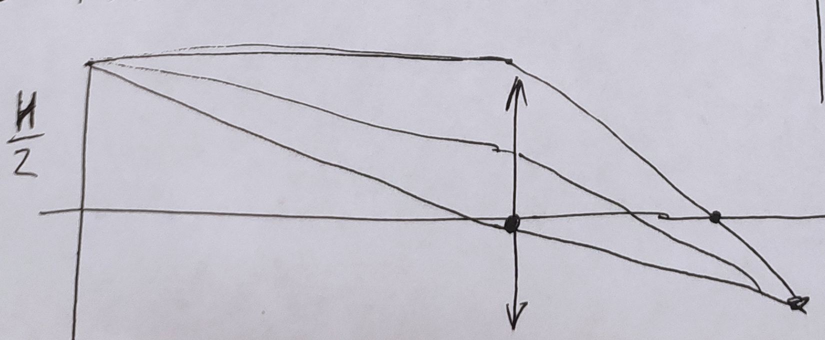
$$F(L-z)=-x^2+x(L+z)-Lz$$

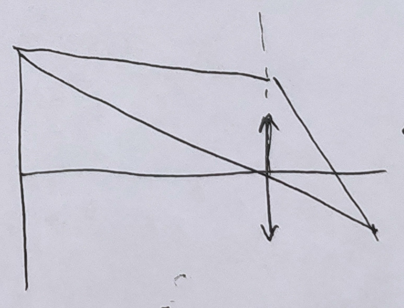
$$x^2-x(96+24)+24(96-24)+96\cdot 24=0$$

$$x^2-x\cdot 120+1728+2304=0$$

$$x^2-x\cdot 120+4032=0$$

$$D=\cancel{43924}=$$





Черновик

2)