Часть 1

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

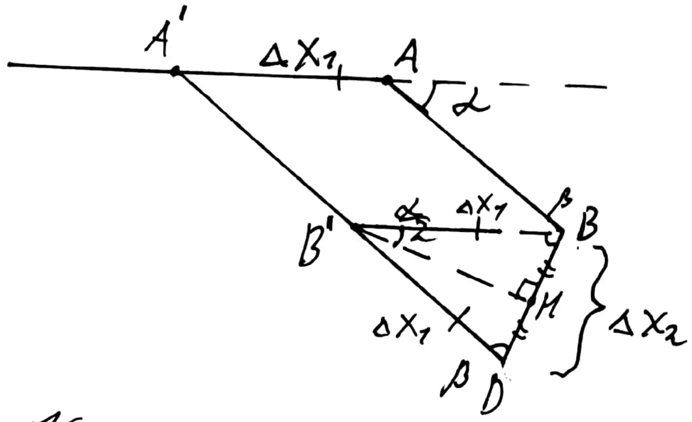
Шифр: **21201969**

ID профиля: **379623**

Вариант 1

Чистовик

1. 1) Рассмотрим ~~маленькие~~ некоторые смещения



$$\Delta x_1 = \frac{a_1 \Delta t^2}{2}$$

$$\Delta x_2 = \frac{a_2 \Delta t^2}{2}$$

Треугольник $B'BD$ - равнобедренный, тогда $2\beta + \alpha = \pi$

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

К тому же $BH = B'B \sin\frac{\alpha}{2}$, т.е. $\frac{\Delta x_2}{2} = \Delta x_1 \sin\frac{\alpha}{2}$

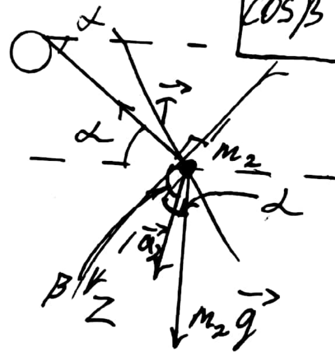
$$\frac{a_2 \Delta t^2}{2} = \frac{2 a_1 \Delta t^2}{2} \sin\frac{\alpha}{2} \qquad a_2 = 2a_1 \sin\frac{\alpha}{2} = 2a_1\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = 2a_1\sqrt{\frac{1-\frac{3}{5}}{2}} = a_1\frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\boxed{a_2 = a_1 \frac{2}{\sqrt{5}}}$$

$$\cos\beta = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right) = \sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1-\frac{3}{5}}{2}} = \sqrt{\frac{2}{2\cdot 5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

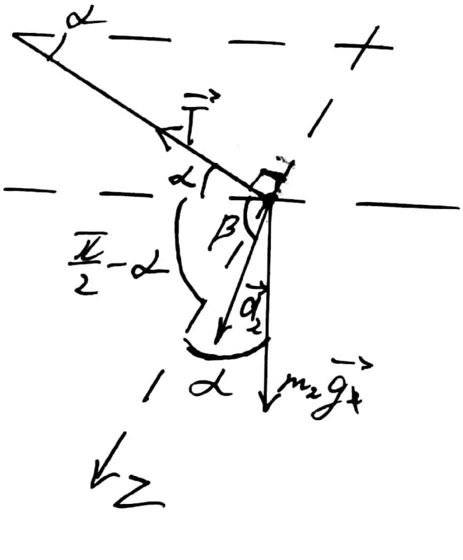
$$\boxed{\cos\beta = \frac{1}{\sqrt{5}}}$$

2)



Второй закон Ньютона для шарика:

$\vec{T} + m_2\vec{g} = m_2\vec{a_2}$, спроектируем на ось Z:



$$m_2 g \cos\alpha = m_2 a_2 \cos\left(\beta - \frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

$$g\cos\alpha = a_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

$$a_2 = g\frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}} = g\frac{\cos\alpha}{\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}} =$$

$$= g\frac{\cancel{\cos}\ \frac{3}{5}}{\sqrt{\frac{1+\frac{3}{5}}{2}}} = g\frac{\frac{3}{5}}{\sqrt{\frac{4}{5}}} = 0{,}3\sqrt{5}\,g,$$

Тогда $a_1 = a_2\frac{\sqrt{5}}{2} = g\frac{0{,}3\cdot 5}{2} = 0{,}75 g$

$a_1 = 0{,}75\cdot 10\,\frac{м}{с^2} = 7{,}5\,\frac{м}{с^2}$

Чистовик

4).

Шарик пройдёт путь до ~~земли~~ стола

$l = \frac{H}{\sin\beta}$, тогда это составит время

$l = \frac{a_2 t^2}{2}$

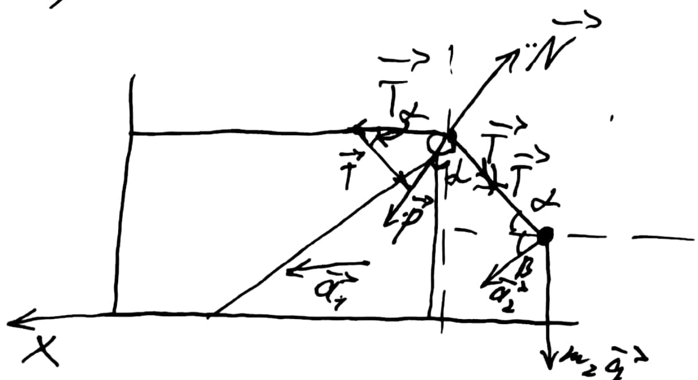
$\frac{H}{\sin\beta} = \frac{g}{2}\frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}}t^2$

$t^2 = \frac{2H}{g}\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\alpha}{2}\right)\cos\alpha} = \frac{2H}{g}\frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}\,tg\frac{\alpha}{2}} = \frac{2H}{g}\frac{\cos\alpha\sqrt{1+\cos\alpha}}{\sqrt{1-\cos\alpha}} = \frac{2H}{g}\frac{3}{5} = 1{,}2\frac{H}{g}$

~~$= \frac{2H}{g}\cdot\frac{\frac{3}{5}\sqrt{1+\frac{3}{5}}}{\sqrt{1-\frac{3}{5}}} = \frac{2H}{g}\frac{\frac{3}{5}\sqrt{\frac{4\cdot2}{5}}}{\sqrt{\frac{2}{5}}} = \frac{2H\,6}{g\,5} = \frac{24H}{g}$~~

$t = \sqrt{1{,}2\frac{H}{g}}$

3)



По третьему закону Ньютона $|\vec{N}| = |\vec{p}|$ ($\vec{P}$ – сила, действующая со стороны верёвки на блок)

По второму закону Ньютона

$\vec{T} + m_2\vec{g} = m_2 a_2$, спроецируем на ось x:

$T\cos\alpha = m_2 a_2\cos\beta \qquad T = m_2 a_2\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\alpha}$

Так как верёвка не растянута, то можно считать её отрезок, лежащий на блоке покоящимся, тогда по II Закону Ньютона

$\vec{N} + \vec{T} + \vec{T} = 0$, т.е. $\vec{p} = \vec{T} + \vec{T}$

$p = \sqrt{T^2 + T^2 - 2T^2\cos\alpha} = T\sqrt{2}\sqrt{1-\cos\alpha} = m_2 a_2\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\alpha}\sqrt{2}\sqrt{1-\cos\alpha}$

Второй закон Ньютона для клина:

$m_1\vec{a}_1 = \vec{P}_x$, спроецируем на ось x

$m_1 a_1 = P\sin\alpha = m_2 a_2\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\alpha}\sqrt{2}\sqrt{1-\cos\alpha}\cdot\sin\alpha$

$m_1 a_1 = m_2 a_2\frac{(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha}\sin\alpha$ ÷

Чистовик

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad \frac{(1-\cos\alpha)\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}$$

$$\cancel{m_1 a_1 = m_2 a_2} =$$

$$m_1 a_1 = m_2 a_1 \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\left(1-\frac{3}{5}\right)\sqrt{1-\left(\frac{3}{5}\right)^2}}{\frac{3}{5}}$$

$$m_1 = m_2 \frac{\frac{2}{\sqrt{5}}\frac{2}{5}\cdot\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} \qquad m_1 = m_2 \cdot \frac{16}{15\sqrt{5}}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{16}{15\sqrt{5}}$$

Ответ: 1) $\cos\beta = \frac{1}{\sqrt{5}}$ 2) $0{,}075g$ 3) $\frac{16}{15\sqrt{5}}$ 4) $\sqrt{2{,}2\frac{H}{g}}$

3

Чистовик

2. 1) По определению

$$\int_0^Q dQ = \nu\int_{T_0}^{T} C(T)\,dT$$

$$Q = \nu\frac{2R}{T_0}\int_{T_0}^{T} T\,dT = \frac{2\nu R}{T_0}\cdot\frac{T^2-T_0^2}{2} \qquad \boxed{Q = \nu R\,\frac{T^2-T_0^2}{T_0}}$$

$$Q_1 = -\frac{\nu R}{T_0}\left(T^2-T_0^2\right) = \frac{\nu R}{T_0}\left(T_0^2-\frac{25}{36}T_0^2\right) = \frac{11}{36}\nu R T_0$$

2) По закону распределения энергии в газе

$$Q = \Delta U + A$$

$$\nu R\,\frac{T^2-T_0^2}{T_0} = \frac{3}{2}\nu R(T-T_0) + A$$

$$A(T) = \nu R(T-T_0)\left(\frac{T+T_0}{T_0}-\frac{3}{2}\right) = \nu R(T-T_0)\left(\frac{T}{T_0}-\frac{1}{2}\right)$$

$$A(T) = \nu R\left(\frac{T^2}{T_0}-\frac{1}{2}T - T + \frac{1}{2}T_0\right)$$

$$A(T) = \nu R\left(\frac{T^2}{T_0}-\frac{3}{2}T+\frac{1}{2}T_0\right)$$

По виду функции ~~по вид~~ очевидно что это — парабола, ветви смотрят вверх, т.е. у неё есть минимум (т.к. $\frac{\nu R}{T_0}$ — всегда положительно)

$$A'(T) = \nu R\left(2\frac{T}{T_0}-\frac{3}{2}\right) \qquad A'(T)=0$$

$$\nu R\left(2\frac{T}{T_0}-\frac{3}{2}\right)=0$$

$$2\frac{T}{T_0} = \frac{3}{2} \qquad T_1 = \frac{3}{4}T_0$$

3) $A(T_1) = \nu R\left(\frac{T_1^2}{T_0}-\frac{3}{2}T_1+\frac{1}{2}T_0\right) = \nu R\left(\frac{9}{16}\frac{T_0^2}{T_0}-\frac{9}{8}T_0+\frac{1}{2}T_0\right) =$

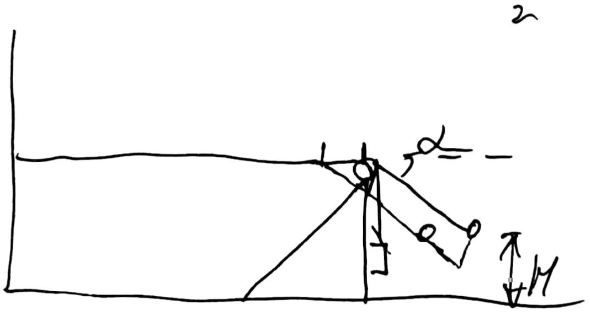
$= \nu R T_0\left(\frac{9-18+8}{16}\right) = -\frac{\nu R T_0}{16}$

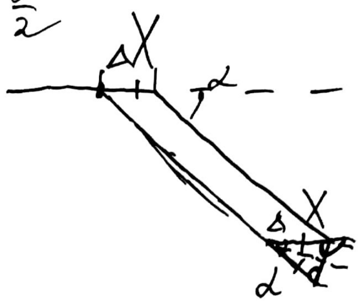
Ответ: 1) $\frac{11}{36}\nu R T_0$ 2) $\frac{3}{4}T_0$ 3) $-\frac{\nu R T_0}{16}$

4

Черновик

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





$-\Delta X\sin\frac{\alpha}{2}$

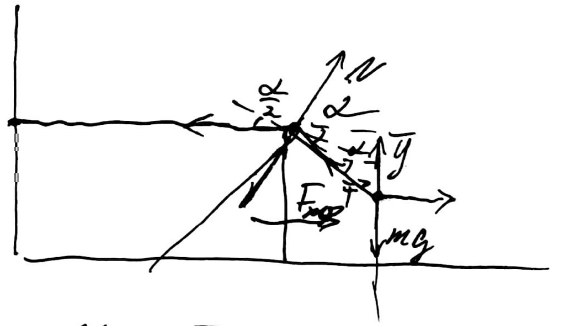
$2\Delta X\sin\frac{\alpha}{2}$

m_2

m_1

$$2\beta+\alpha=\pi$$

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



$$\frac{a_1\Delta t^2}{2}=\Delta X_1$$

$$a_2=2a_1\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{a_2\Delta t^2}{2}=2\Delta X_1\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$mgH=\frac{m_1v_1^2}{2}+\frac{m_2v_2^2}{2}+mgh$$

$$mg\Delta h=\frac{m_1v_1^2}{2}$$

$$\cos\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right)=\sin\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$$

$$N=2T\sin\frac{\alpha}{2}=$$

$$=2m_2g\sin\alpha\sin\frac{\alpha}{2}=$$

$$=m_2g$$

$a_2=$

$0{,}44721$

$$mg\cos\alpha=m_2a_2\left(\beta-\frac{\pi}{2}+\alpha\right)=$$

$$mg\cos\alpha=ma_2\cos\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{2}-\frac{\alpha}{2}+\alpha\right)$$

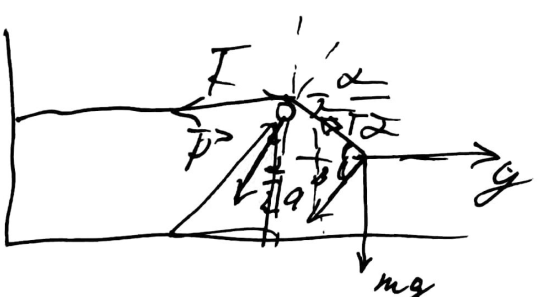
$$mg\cos\alpha=ma\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$mg\cos\alpha=ma\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$$

$$a=g\frac{\sqrt{2}\cos\alpha}{\sqrt{1+\cos\alpha}}=10\frac{\sqrt{2}\,\frac{3}{5}}{\sqrt{1+\frac{3}{5}}}=g\frac{\sqrt{2}\,\frac{3}{5}}{\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}}}$$

$$a=g\frac{\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

$$a=g\frac{3\cdot\sqrt{5}}{5\cdot 2}=g\cdot 0{,}67$$



$$T\cos\alpha=m_2a\cos\beta$$

$$T=\cancel{m_2g\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}\quad m_2a\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\alpha}$$

$$m_1a_1\cancel{\sin}=p\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$p=2T\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$m_1a_1=2T\cancel{\sin^2\frac{\alpha}{2}}=$$

$$=2m_2g\frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}\qquad m_1a_1=2T\frac{a\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{\sqrt{1-\cos\alpha}}{\sqrt{1+\cos\alpha}}=$$

$$=\frac{\cancel{1-\cos\alpha}\,\sin\alpha}{\cancel{\sin^2\alpha}\quad 1-\cos\alpha}$$

1

Черновик

$$\frac{\nu R}{T_0}\left(T^2-T_0\right) = \frac{3}{2}\nu R\left(T-T_0\right)+A$$

$$A = \nu R\left(T-T_0\right)\left(\cancel{+}\ \frac{T+T_0}{T_0}-\frac{3}{2}\right) = \nu R\left(\frac{T}{T_0}-\cancel{T_0}-\frac{1}{2}\right)$$

$$A = \nu R\left(\frac{T^2}{T_0}+\cancel{T-\frac{3}{2}T}-\frac{1}{2}T-T+\frac{3}{2}T_0\right)$$

$$A = \nu R\left(\frac{T^2}{T_0}-\frac{3}{2}T+\frac{3}{2}T_0\right)$$

$$A' = \nu R\left(2\frac{T}{T_0}-\frac{3}{2}\right)=0$$

$$2\frac{T}{T_0}=\frac{3}{2} \qquad T=\frac{3}{4}T_0$$

Часть 2

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

Шифр: **21201969**

ID профиля: **379623**

Вариант 1

Чистовик

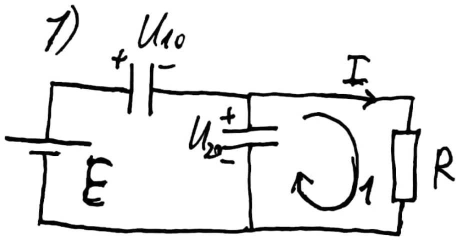
3. По закону сохранения заряда $q_{10}=q_{20}=q_0$ до замыкания ключа. По правилу Кирхгофа

$$\mathcal{E}=U_{10}+U_{20}$$

$$\mathcal{E}=\frac{q_{10}}{C_1}+\frac{q_{20}}{C_2}$$

$$\mathcal{E}=q_0\left(\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right) \quad q_0=\mathcal{E}\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\mathcal{E}\frac{2CC}{2C+C}=\frac{2}{3}\mathcal{E}C$$

1)



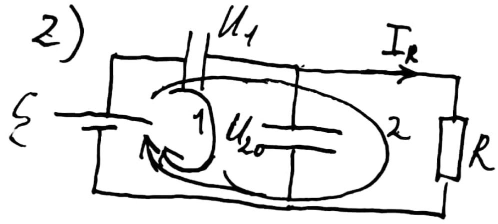
По правилу Кирхгофа из 1 контура

$$U_{20}=IR \quad (1)$$

$$\frac{q_0}{C_2}=IR$$

$$I=\frac{q_0}{C_2R}=\frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}\cancel{C}}{\cancel{C}R}=\frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$$

2)



Применим 2 правило Кирхгофа для контуров 1 и 2

$$\mathcal{E}=U_1+I_RR \quad (2)$$

$$\mathcal{E}=U_1+U_2 \quad 3)$$

Ток перестанет идти когда $\mathcal{E}=U_1$, тогда $U_2=0$

$q_1=C_1U_1=C_1\mathcal{E}=2C\mathcal{E}$, значит заряд, пройденный через источник $\Delta q=q_1-q_0=2C\mathcal{E}-\frac{2}{3}\mathcal{E}C=\frac{4}{3}\mathcal{E}C$

По закону сохранения энергии

$$A_\mathcal{E}=W_2-W_1+Q_r$$

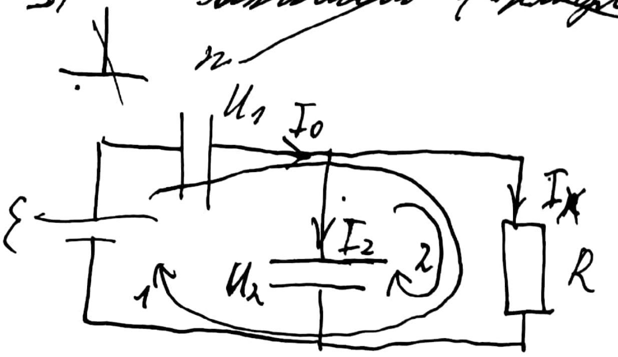
$$\mathcal{E}\Delta q=\frac{C_1U_1^2}{2\cancel{C}}-\frac{q_0^2}{2C_1}-\frac{q_0^2}{2C_2}+Q_r$$

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

$$=\mathcal{E}^2C\left(\frac{4}{3}-1+\frac{1}{9}+\frac{2}{9}\right)=\mathcal{E}^2C\left(\frac{12-9+1+2}{9}\right)=\frac{2}{3}\mathcal{E}^2C$$

Чистовик

3) ~~Запишем формулы (1) и (2) из предыдущих~~



По правилам Кирхгофа

$$I_0 = I + I_2 \Rightarrow I_2 = I_0 - I$$

1: $\mathcal{E} = U_1 + IR$

$$U_1 = \mathcal{E} - IR$$

2: $U_2 = IR$

По закону сохранения энергии

$$W_{\mathcal{E}} = \Delta W + W_R$$

$$P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta W}{\Delta t} + P_R$$

$$\mathcal{E} I_0 = \frac{U_1 \Delta q_1}{2\Delta t} + \frac{U_2 \Delta q_2}{2\Delta t} + I^2 R$$

$$\mathcal{E} I_0 = \frac{U_1 I_0}{2} + \frac{U_2 I_2}{2} + I^2 R$$

$$\mathcal{E} I_0 = \frac{\mathcal{E} I_0 - I I_0 R}{2} + \frac{IR(I_0 - I)}{2} + I^2 R$$

$$\frac{\mathcal{E} I_0}{2} = -\cancel{\frac{I I_0 R}{2}} + \cancel{\frac{I R I_0}{2}} - \frac{I^2 R}{2} + I^2 R$$

$$\cancel{I^2 - 2I = -\frac{\mathcal{E} I_0}{R}}$$

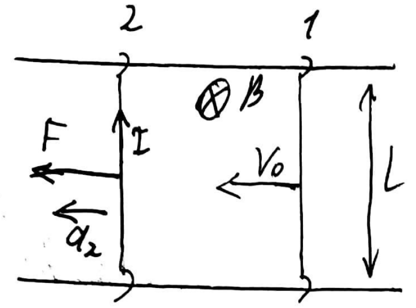
$\cancel{(I-1)}$ $\qquad I^2 R = \mathcal{E} I_0$

$I = \sqrt{\frac{\mathcal{E} I_0}{R}}$ – ток в начале и в конце положителен, значит и в промежуточном случае он больше 0.

Ответ: 1) $\frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $\frac{2}{3}\mathcal{E}^2 C$; 3) $\sqrt{\frac{\mathcal{E} I_0}{R}}$

Чистовик

4



1) ~~По зако~~ Из уравнения Максвелла

$$|\mathcal{E}| = +\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$d\Phi = BL\cancel{V_0}dt \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = \frac{BLV_0\cancel{dt}}{\cancel{dt}}$$, по закону Ома

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1+R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R+2R} = \frac{1}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$$

Тогда сила, действующая на 2

$$F_A = IBL = \frac{1}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}BL = \frac{1}{3}\cdot\frac{B^2L^2}{R}V_0$$

По 2 закону Ньютона

$$m_2a_2 = F_A \dots \quad a_2 = \frac{F_A}{m_2} = \frac{1}{3}\frac{B^2L^2}{2Rm}V_0 = \frac{1}{6}\frac{B^2L^2}{Rm}V_0$$

2) При равных скоростях не будет возникать индуктивных токов, а => и сил. Так как система стремится к равновесию, то $V_1=V_2=V$.

По закону сохранения ~~энергии~~ импульса

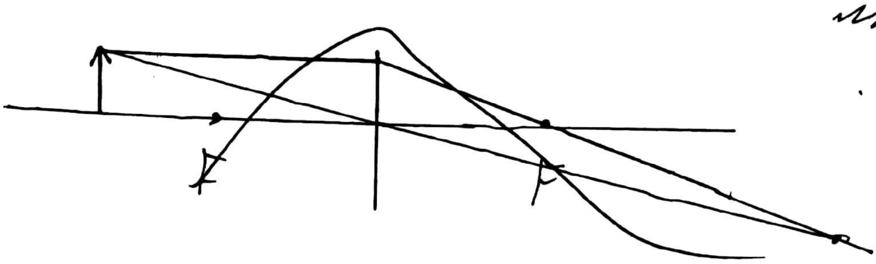
$$m_1V_0 = m_1V + m_2V$$

$$V = \frac{1}{3}\frac{m}{m}V_0$$

Ответ:

Чистовик

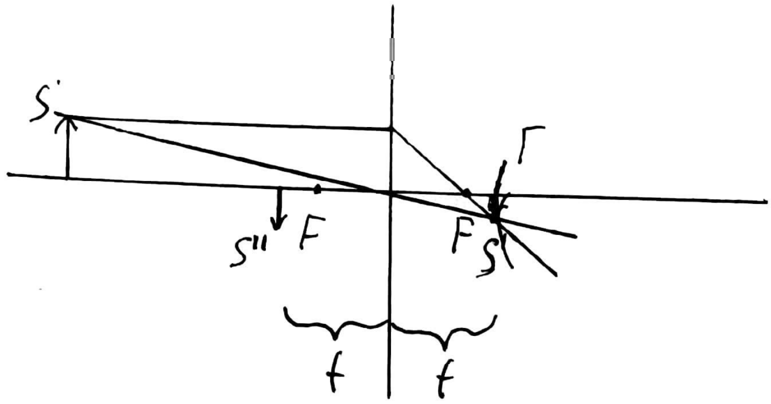
5.



1) Воспользуемся формулой линзы

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

$$f=\frac{Fd}{d-F}=\frac{36\cdot 9\,см}{36-9}=12\,см$$



2f = 24 см, значит глаз расположен в месте, в котором изображение

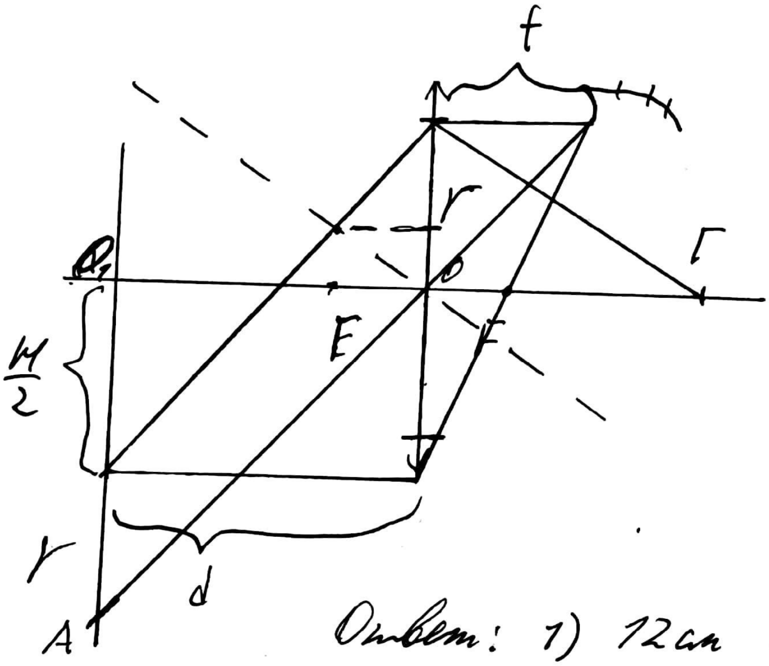
2) Из подобия

$$\frac{f}{r}=\frac{d}{r+\frac{M}{2}}$$

$$fr+\frac{fM}{2}=dr$$

$$r=\frac{fM}{2(d-f)}=$$

$$=\frac{12\,см\cdot 9\,см}{2(36\,см-12\,см)}=\frac{12\cdot 9\,см}{\,}=2{,}25\,см$$



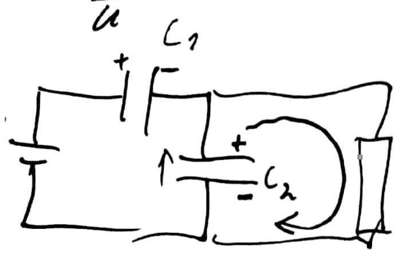
Ответ: 1) 12 см 2) 2,25 см

Черновик

$c = \frac{q}{u}$

$u_2 = I R_x$

$\frac{q}{C_2}$



$\mathcal{E} = u_1 + u_R = u_1 + I R$, $\frac{\Delta q_R}{\Delta t}$

$\mathcal{E} = U_1 + U_R$

$\Delta q \mathcal{E} = \frac{U_1 \Delta q_1}{2} + \frac{U_2 \Delta q_2}{2} + U_R \Delta q_R$

$\Delta q = \Delta q_1 = \Delta q_2 + \Delta q_R$

$\Delta q \mathcal{E} = \frac{U_1 \Delta q}{2} + \frac{U_2 \Delta q_2}{2} + U_R(\Delta q - \Delta q_2)$

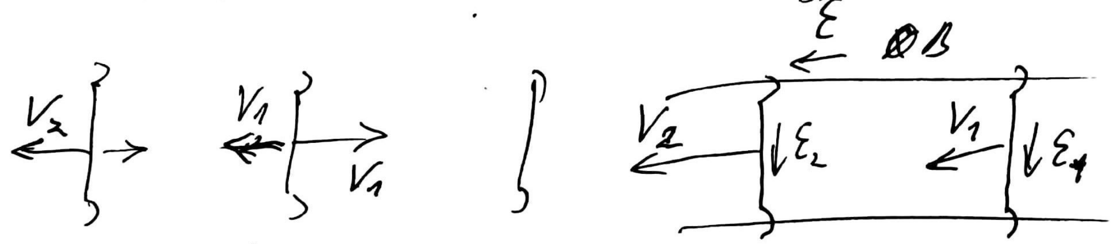
$\Delta q \mathcal{E} = \frac{q_1 \Delta q}{2C} + \frac{q_2 \Delta q_2}{2C} + U_R(\Delta q - q_2)$

$\mathcal{E} = U_1 \quad \mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1}$ $\quad \frac{qI}{2}$

$\mathcal{E} = U_1 + U_2 \quad U_2 = 0$

$U_2 = IR$ $\quad m_1 V_0 = m_1 V + m_2 V$

$V = \frac{m_2}{3m} V_0$



$\mathcal{E} = BL(V_2 - V_1)$ $\quad V_0$

$\mathcal{E}_1 = BL V_1 \quad \mathcal{E}_2 = BL V_2$

$\mathcal{E} + \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \quad V_1 = V_2$

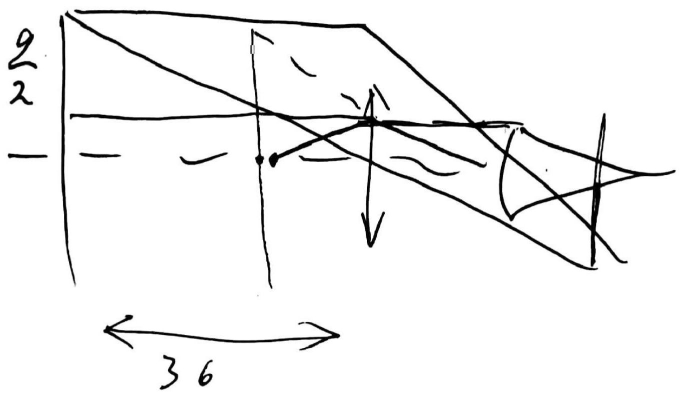
$V_2 - V_1 \neq V_2 \pm V_1$

$\cancel{ma_2} = \cancel{BV(V_2} \left(\frac{1}{3} \frac{B^2 L^2}{p} (V_2 - V_1) \cancel{V_0}\right) \Delta t = m_1 \Delta V$

$\cancel{m_1 \Delta V} \left(\frac{1}{3} \frac{B^2 L^2}{p} (V_2 - V_1)\right) \Delta t = m_1 (\Delta V \cancel{V_0 - V_1})$

$\frac{1}{3} \frac{B^2 L^2}{} \frac{\Delta \ell}{v}$

Черновик



D

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

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{36 \cdot 9}{36-9} \quad 12$$

27