Часть 1

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

Шифр: **21200417**

ID профиля: **878476**

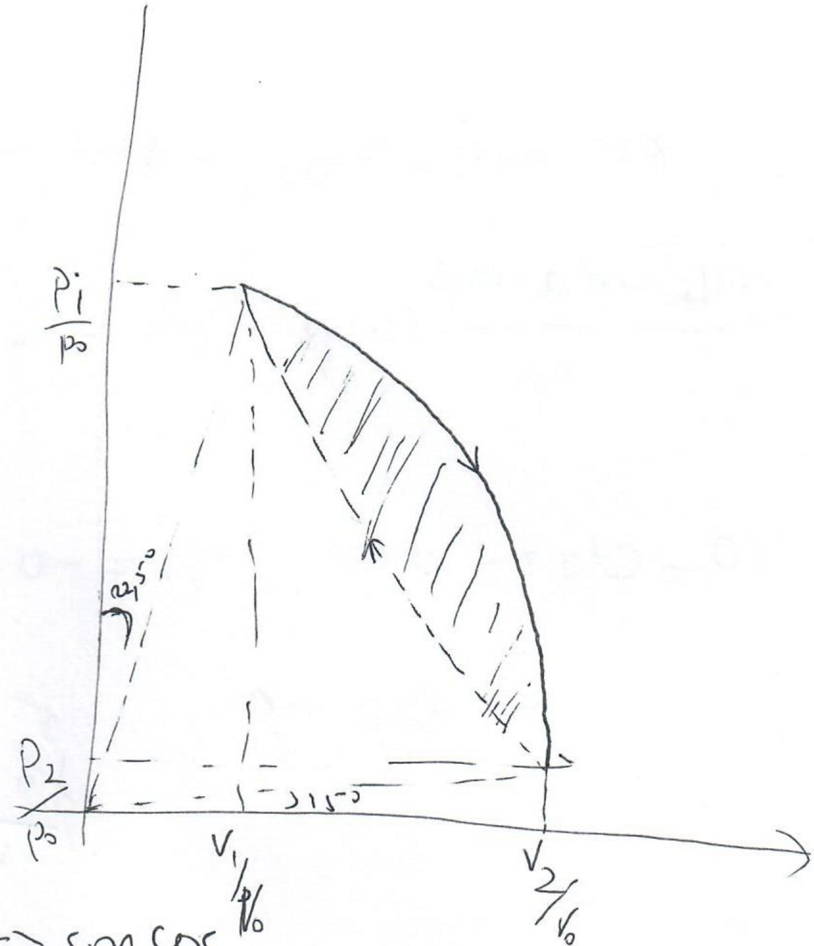
Вариант 6

Черновик.

$$R = \frac{p_1/p_0}{\cos(22{,}5)}$$

$$\frac{p_1^2}{p_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = R^2$$

$$\frac{p_2^2}{p_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2} = R^2$$



$$(2\cos^2 15 - 1) = \cos 30$$

$$\frac{V_1/V_0}{p_1/p_0} = tg(22{,}5)$$

$$\frac{p_2/p_0}{V_2/V_0} = tg 15 \qquad \cos^2 \cdot \frac{\sin}{\cos} = \sin\cos$$

$$\cos 30 = 2\cos^2 15 - 1$$

$$\cos^2 15 = \frac{\frac{\sqrt3}{2}+1}{2} = \sqrt{\frac{\sqrt3+2}{4}}$$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow p_1V_1T_2 = p_2V_2T_1$$

$$\frac{p_0V_1}{p_1V_0} = tg(22{,}5)$$

$$\boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2}}$$

$$V_1 = \frac{p_1V_0\, tg(22{,}5)}{p_0}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1^2V_0\, tg(22{,}5)V_0}{p_0\ V_2^2p_0\ tg15} =$$

$$\frac{p_2V_0}{V_2p_0} = \frac{tg15}{1}$$

$$p_2 = \frac{V_2p_0\, tg15}{V_0} \qquad = \frac{p_1^2V_0^2\, tg(22{,}5)}{p_0^2V_2^2\, tg15}$$

Черновик

$$2ma\cos\alpha - 2ma_к = T\cos\alpha - \sin\alpha\,\frac{\cos\alpha}{(2ma\sin\alpha + 2mg - T\sin\alpha)}$$

$$\frac{\cancel{m}a_к - \cancel{m}a\sin\beta}{\sin\beta}\cos\beta - \cancel{m}g = -\cancel{m}a\cos\beta$$

$$a_к\,ctg\beta - a\cancel{\cos}\beta - g = -a\cancel{\cos}\beta$$

$$a_к\,ctg\beta = g$$

$$\frac{\overset{5}{\cancel{10}}\cdot 5}{\cancel{12}\,6} \qquad \frac{25}{6}$$

$$\frac{mg\sin\beta - ma\sin\beta\cos\beta}{\cos\beta\sin\beta} = \qquad \frac{mg - ma\cos\beta}{\cos\beta} =$$

$$N\sin\alpha - T\cos\alpha = 2mg$$

$(\gamma - 90 - \gamma = 90 - \gamma$

$$\frac{13^2 - 12^2}{13^2} = \frac{(13-12)(13+12)}{13^2} =$$

$$= \frac{1\cdot 25}{13^2} = \frac{5}{13}$$

$$2ma\,tg\alpha\sin\alpha + 2mg\,tg\alpha - \frac{(ma_к - ma\sin\beta)}{\sin\beta}\,tg\alpha\sin\alpha$$

$$N = 2ma\,tg\alpha + \frac{2mg}{\cos\alpha} - \frac{ma_к - ma\sin\beta}{\sin\beta}\,tg\alpha \qquad = \cancel{\cos\alpha}$$

$$N\cos\alpha = 2ma\sin\alpha + 2mg - \frac{ma_к - ma\sin\beta}{\sin\beta}\sin\alpha$$

Черновик

$$\left(\frac{V_2 \rho_0 \operatorname{tg} 15}{V_0 \rho_0}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2 = \left(\frac{\rho_1}{\rho_0 \cos(22{,}5)}\right)^2$$

$$\left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2 \left(\operatorname{tg}^2 15 + 1\right)$$

$$\left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2 \cdot \frac{1}{\cos^2 15} = \frac{\rho_1^2}{\rho_0^2 \cos^2(22{,}5)}$$

$$\frac{V_2^2}{V_0^2 \cos^2 15}$$

$$V_2^2 \rho_0^2 \cos^2(22{,}5) = \rho_1^2 V_0^2 \cos^2 15$$

$$\left(\frac{\rho_1}{V_2}\right)^2 = \frac{\rho_0^2 \cos^2(22{,}5)}{V_0^2 \cos^2 15}$$

$$\frac{V_0^2 \operatorname{tg}(22{,}5)}{\rho_0^2 \operatorname{tg}(15)} \cdot \frac{\rho_0^2 \cos^2(22{,}5)}{V_0^2 \cos^2 15}$$

$$\rho_0 \int \sqrt{R^2 - \frac{V^2}{V_0^2}}\, dV = \frac{1}{R} \int \frac{\sqrt{R^2 V_0^2 - V^2}}{V_0}\, dV =$$

$$= \frac{\rho_0}{V_0} \int \sqrt{(RV_0)^2 - V^2}\, dV = \frac{\rho_0}{V_0} \int \sqrt{u}\, \frac{-du}{2V}$$

$$u = (RV_0)^2 - V^2 \Rightarrow du = -2V\,dV$$

$$\frac{\rho_1}{V_2} \;?$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \sqrt{R^2 - \frac{V^2}{V_0^2}}$$

$$\rho = \rho_0 \sqrt{R^2 - \frac{V^2}{V_0^2}}$$

$$\rho = \rho_0 \sqrt{\frac{\rho_1^2}{\rho_0^2} - \frac{V^2}{V_0^2}}$$

$$\int_{V_1}^{V_2}$$

Черновик

$$2ma\,tg\alpha + \frac{2mg}{\cos\alpha} - T\cos\alpha\sin\alpha - T\cos\alpha = 2mg\,tg\beta - 2ma\cos\alpha$$

$$2\cancel{m}a\,tg\alpha + \frac{2\cancel{m}g}{\cos\alpha} - \frac{\cancel{m}a_x - \cancel{m}a\sin\beta}{2\sin\beta}\cos\alpha(\sin\alpha+1) = \cancel{2m}g\,tg\beta - \cancel{2m}a\cos\alpha$$

$$a\,tg\alpha + \frac{g}{\cos\alpha} - \frac{g\sin\alpha}{\cos\alpha} + a\cos\alpha - \frac{g\,tg\beta - a\sin\beta}{2\sin\beta}\cos\alpha(\sin\alpha+1) = 0$$

$$\frac{a\sin\alpha + a\cos^2\alpha}{\cos\alpha} + \frac{g - g\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{\frac{g\sin\beta}{\cos\beta} - \frac{a\sin\beta\cos\beta}{\cos\beta}}{2\sin\beta}\cdot\cos\alpha(\sin\alpha+1) = 0$$

$$\frac{a\sin\alpha + a\cos^2\alpha}{\cos\alpha} + \frac{g - g\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{g\cancel{\sin\beta} - a\cancel{\sin\beta}\cos\beta}{2\cancel{\sin\beta}\cos\beta}\cos\alpha(\sin\alpha+1) = 0$$

$$\frac{a\sin\alpha + a\cos^2\alpha}{\cos\alpha} + \frac{g - g\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{g\cos\alpha(\sin\alpha+1)}{2\cos\beta} + \frac{a\cancel{\cos\beta}\cos\alpha(\sin\alpha+1)}{2\cancel{\cos\beta}} = 0$$

$$\frac{2a\sin\alpha + 2a\cos^2\alpha + a\cos^2\alpha(\sin\alpha+1)}{2\cos\alpha} = \frac{g\cos\alpha(\sin\alpha+1)}{2\cos\beta} + \frac{g\sin\alpha - g}{\cos\alpha}$$

$$2a\sin^2\alpha\cos\beta + 2a\cos^2\alpha\cos\beta = \boxed{2a\cos\beta} + a\cos\beta\cos^2\alpha =$$

$$= a\cos\beta(2 + \cos^2\alpha + \sin\alpha)$$

Черновик

$$10 \cdot \frac{\frac{2\cdot4\cdot25 - 2\cdot3\cdot12\cdot5 + 3\cdot13\cdot5 + 16\cdot13}{13\cdot25}}{\frac{12\cdot2\cdot25 + 3\cdot12\cdot5 + 16\cdot12}{13\cdot25}} =$$

$$130 + \frac{25\cdot12}{130}$$

$pV = \nu RT$ $\quad \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 =$

$$V_0 \frac{p_0}{\sqrt{p_1 V_0^4 + V_1^2}}$$

$$\frac{12}{13}\left(\frac{2\cdot25 + 3\cdot5 + 16}{25}\right) \quad 0,06$$

$0,01625$

$$= 10 \cdot \frac{-160 + 403}{972} = \frac{2430}{972}$$

$$\sqrt{\frac{26}{430}}$$

$$\sqrt{\frac{2}{10 + \frac{25\cdot12}{130}}} = \sqrt{\frac{2\cdot130}{1300 + 25\cdot12}} =$$

$$= \sqrt{\frac{260}{1600}}$$

$$\frac{25\cdot12}{130}$$

p_0

$\frac{p_1}{p_0}$ $tg\,22,5 = \frac{V_1}{V_0}$

$$p_1 = \frac{V_1 p_0}{V_0\, tg\,22,5}$$

$\sqrt{0,1625}$

$$\frac{\sin\alpha \cos^3(90-\alpha)}{\cos^3(\alpha)\sin(90-\alpha)} = \frac{\sin^4\alpha}{\cos^4\alpha} = 1 \quad tg^4\alpha = 1$$

Чистовик ①

№1

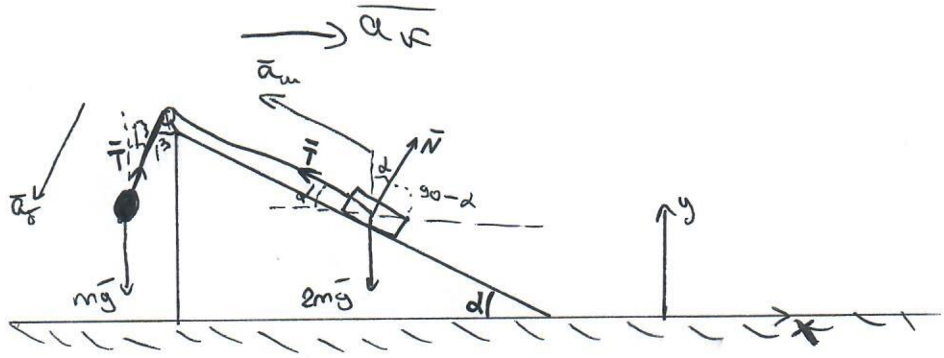
Дано: H, α, β

$\cos\alpha = 4/5$

$\cos\beta = 12/13$

Найти: $a_к; a_б; t$

Решение:



1) Ввиду нерастяжимости нити, ускорения бруска и шарика относительно клина ($a_б, a_ш$) равны: $a_б = a_ш = a$

2) Пусть T – сила натяжения нити; N – сила нормальной реакции клина, действующая на брусок.

3) Запишем второй закон Ньютона для обоих тел в проекциях на Ox и Oy, учитывая, что $a_б = a_ш = a$

Шарик:

$$\begin{cases} Ox: & T\sin\beta = ma_к - ma\sin\beta \quad ① \\ Oy: & T\cos\beta - mg = -ma\cos\beta \quad ② \end{cases}$$

Брусок:

$$\begin{cases} Ox: & N\cos(90-\alpha) - T\cos\alpha = 2ma_к - 2ma\cos\alpha \quad ③ \\ Oy: & N\cos\alpha - 2mg + T\sin\alpha = 2ma\sin\alpha \quad ④ \end{cases}$$

Из ①: $T = \dfrac{ma_к - ma\sin\beta}{\sin\beta} \Rightarrow$ Из ②:

$$\frac{\cancel{m}a_к - \cancel{m}a\sin\beta}{\sin\beta}\cos\beta - \cancel{m}g = -\cancel{m}a\cos\beta$$

$$a_к \operatorname{ctg}\beta - \cancel{a\cos\beta} - g = -\cancel{a\cos\beta}$$

$$a_к \, ctg\beta = g$$

$$\boxed{a_к = g \, tg\beta}$$

• Если $\cos\beta = \frac{12}{13}$, то $\sin\beta = \sqrt{1-\left(\frac{12}{13}\right)^2} = 5/13 \Rightarrow$

$$\Rightarrow tg\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{5}{12} \Rightarrow a_к = 10 \cdot \frac{5}{12} = \frac{25}{6} \approx 4{,}2 \text{ м/с}^2$$

4). $$T = \frac{ma_к - ma\sin\beta}{\sin\beta} = \frac{mg\frac{\sin\beta}{\cos\beta} - ma\sin\beta}{\sin\beta} = \frac{mg - ma\cos\beta}{\cos\beta}$$

Из ④:

$$N = \frac{2ma\sin\alpha + 2mg - T\sin\alpha}{\cos\alpha} \Rightarrow \text{Из ③:}$$

$$\frac{2ma\sin\alpha + 2mg - T\sin\alpha}{\cos\alpha}\sin\alpha - T\cos\alpha = 2mg\,tg\beta - 2ma\cos\alpha$$

$$\left(2ma\sin\alpha + 2mg - \frac{mg - ma\cos\beta}{\cos\beta}\right)\sin\alpha - T\cos^2\alpha = 2mg\,tg\beta\cos\alpha - 2ma\cos^2\alpha$$

$$2ma\sin^2\alpha\cos\beta + 2mg\sin\alpha\cos\beta - mg\sin\alpha + ma\cos\beta\sin\alpha - (mg - ma\cos\beta)\cos^2\alpha =$$
$$= 2mg\sin\beta\cos\alpha - 2ma\cos^2\alpha\cos\beta$$

$$2a\sin^2\alpha\cos\beta + 2g\sin\alpha\cos\beta - g\sin\alpha + a\cos\beta\sin\alpha - g\cos^2\alpha + a\cos\beta\cos^2\alpha =$$
$$= 2g\sin\beta\cos\alpha - 2a\cos^2\alpha\cos\beta$$

$$a\cos\beta\left(\underbrace{2\sin^2\alpha + \sin\alpha + \cos^2\alpha + 2\cos^2\alpha}_{2(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha) = 2}\right) = g\left(2\sin\beta\cos\alpha - 2\sin\alpha\cos\beta + \sin\alpha + \cos^2\alpha\right)$$

Чистовик (3)

№1 (продолжение)

$$\boxed{a = \frac{g\left(2\sin\beta\cos\alpha - 2\sin\alpha\cos\beta + \sin\alpha + \cos^2\alpha\right)}{\cos\beta\left(2+\sin\alpha+\cos^2\alpha\right)}}$$

• $\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{4}{5}\right)^2} = 3/5 \Rightarrow$

г) $$a = \frac{10\left(2\cdot\frac{5}{13}\cdot\frac{4}{5} - 2\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{12}{13} + \frac{3}{5} + \frac{16}{25}\right)}{\frac{12}{13}\left(2+3/5+\frac{16}{25}\right)} = 2{,}5 \text{ м/с}^2$$

б) На время достижения шариком стола влияют ~~•~~ только вертикальные составляющие ускорений, то есть шарик опускается с ускорением $a_0 = g + a\cos\beta$.

$$H = \frac{a_0 t^2}{2} \Rightarrow 2H = \left(g + a\cos\beta\right)t^2$$

$$\boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{g+a\cos\beta}}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{10+2{,}5\cdot\frac{12}{13}}} \approx 0{,}4\sqrt{H}$$

Ответ: а) $\approx 4{,}2$ м/с^2

б) $\approx 2{,}5$ м/с^2

в) $\approx 0{,}4\sqrt{H}$

Чистовик 4

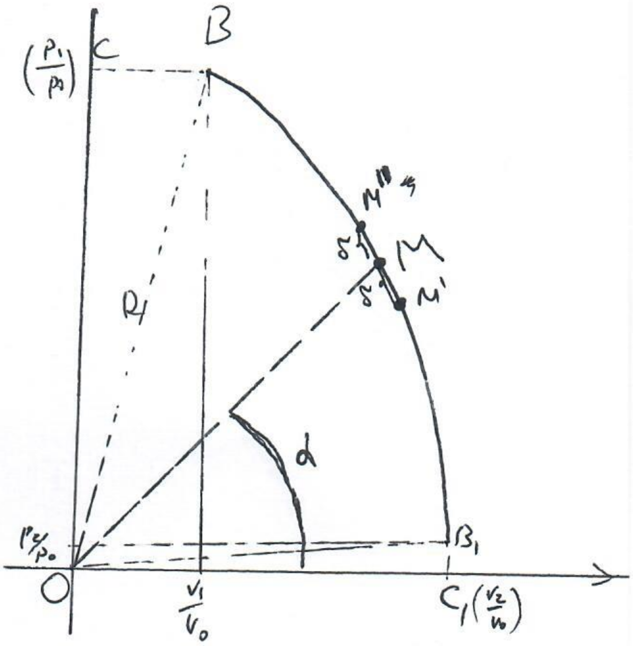
№2.

Решение:

1) Из тригонометрии ($\triangle OBC$, $\triangle OB_1C_1$):

$$tg(22{,}5) = \frac{V_1/V_0}{p_1/p_0} \Rightarrow V_1 = \frac{p_1 V_0\, tg(22{,}5)}{p_0}$$

$$tg(15) = \frac{p_2/p_0}{V_2/V_0} \Rightarrow p_2 = \frac{V_2\, tg(15)\cdot p_0}{V_0}$$



2) Уравнение Клапейрона-Менделеева для двух состояний газа:

$$p_1V_1 = \nu RT_1, \quad p_2V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow p_1V_1T_2 = p_2V_2T_1$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2} \Rightarrow \text{по п.1}: \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1\cdot p_1\cdot V_0\cdot tg(22{,}5)V_0}{p_0\cdot V_2\, tg(15)\cdot p_0}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{V_2}\right)^2\cdot\frac{V_0^2\, tg(22{,}5)}{p_0^2\, tg\,15}.\quad \#$$

3) Известно, что BB_1 — окружность, то есть

$$\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2 = R^2$$
$$\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2 = R^2$$
$$\Rightarrow \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2$$

Из п.1:

$$\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{p_1\, tg(22{,}5)}{p_0}\right)^2 = \left(\frac{V_2\, tg(15)}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2$$

Чистовик.

№2 (продолжение). (5)

$$\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2\left(1+tg^2(22{,}5)\right)=\left(\frac{V_2}{V_0}\right)^2\left(tg^2(15)+1\right)$$

$$\frac{p_1^2}{p_0^2\cos^2(22{,}5)}=\frac{V_2^2}{V_0^2\cos^2 15}\Rightarrow\left(\frac{p_1}{V_2}\right)^2=\frac{p_0^2\cos^2(22{,}5)}{V_0^2\cos^2(15)}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{по } (\#):\ \frac{T_1}{T_2}=\frac{\cancel{p_0^2}\cos^2(22{,}5)\,tg(22{,}5)\,\cancel{V_0^2}}{\cancel{V_0^2}\cos^2(15)\cdot tg\,15\cdot\cancel{p_0^2}}$$

Учитывая, что $tg\varphi=\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}$,
$$\boxed{\frac{T_1}{T_2}=\frac{\sin(22{,}5)\cos^3(15)}{\cos^3(22{,}5)\sin(15)}}$$

4) Теплоёмкость в некоторой точке M равна нулю тогда, когда изменение температуры газа в (M' и M'') окрестности этой точки пренебрежимо мало, то есть $\frac{T_{M-\delta}}{T_{M+\delta}}=1$, где $\delta\to 0$

По п.3, $$\frac{T_{M-\delta}}{T_{M+\delta}}=\frac{\sin(90-\alpha)\cos^3\alpha}{\cos^3(90-\alpha)\sin\alpha}\quad(\#)$$

(#) Так как $\delta\to 0$, $\Delta\alpha\to 0$, то есть можно считать, что углы между Ox и рассматриваемыми точками равны α, то есть $\angle M'OX\approx\angle M''OX\approx\angle MOX=\alpha$

Чистовик (6)

№2 (продолжение)

$$\frac{\sin(90-\alpha)\cos^3\alpha}{\cos^3(90-\alpha)\sin\alpha}=1$$

$$\frac{\cos^4\alpha}{\sin^4\alpha}=1 \Rightarrow tg^4\alpha=1 \Rightarrow tg\,\alpha=1 \Rightarrow \boxed{\alpha=45^\circ}$$

5) Так как в процессе 2-1 теплообмен пренебрежимо мал, 2-1 – адиабатический процесс, то есть

$$(pV)^{5/3}=const=C_1 \Rightarrow pV=\sqrt[5/3]{C_1} \Rightarrow p=\frac{\sqrt[5/3]{C_1}}{V}=\frac{C_2}{V},$$

где $C_2=\sqrt[5/3]{C_1}=const$

Работа газа в процессе равна площади под графиком процесса в P–V координатах.

• Процесс 1-2 – окружность $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \left(\frac{p}{p_0}\right)^2+\left(\frac{V}{V_0}\right)^2=R^2, \text{ где } R^2=OB^2=\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2+\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2$$

$$\frac{p}{p_0}=\sqrt{R^2-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2} \Rightarrow p=\frac{p_0}{V_0}\sqrt{R^2V_0^2-V^2}=$$

$$=\frac{p_0}{V_0}\sqrt{\left(\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2+\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2\right)V_0^2-V^2}, \text{ тогда}$$

$$A_{1-2}=\int_{V_1}^{V_2}\frac{p_0}{V_0}\sqrt{\frac{p_1^2V_0^2}{p_0^2}+\frac{V_1^2V_0^2}{V_0^2}-V^2}\,dV$$

• 2-1 задаётся уравнением $p=\frac{C_2}{V}$, то есть $A_{21}=\int_{V_1}^{V_2}\frac{C_2}{V}dV$

Чистовик (7)

№2 (продолжение)

Пусть μ – искомый коэффициент. Тогда

$$\mu = \frac{A_{1-2} - A_{2-1}}{A_{1-2}}$$

$$\mu = \frac{\int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0}\sqrt{\frac{p_1^2 V_0^2}{p_0^2} + \frac{V_1^2 V_0^2}{V_0^2} - V^2} - \int_{V_1}^{V_2} \frac{C_2}{V}\, dV}{\int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0}\sqrt{\frac{p_1^2 V_0^2}{p_0^2} + \frac{V_1^2 V_0^2}{V_0^2} - V^2}\, dV}$$, где $C_2 = \sqrt[5/3]{C_1}$, где C_1 – константа в уравнении адиабатического процесса данного газа.

Из п.1, $p_1 = \frac{V_1 p_0}{V_0 \, tg(22,5)} \Rightarrow A_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0}\sqrt{\frac{V_1^2 p_0^2 V_0^2}{p_0^2 V_0^2 tg^2(22,5)} + \frac{V_1^2 V_0^2}{V_0^2} - V^2}\, dV =$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0}\sqrt{V_1^2(ctg^2 22,5 + 1) - V^2}\, dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0}\sqrt{\frac{V_1^2}{\sin^2(22,5)} - V^2}\, dV =$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0 \sin(22,5)}\sqrt{V_1^2 - V^2 \sin^2(22,5)}\, dV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu = 1 - \frac{\int_{V_1}^{V_2} \frac{C_2}{V}\, dV}{\int_{V_1}^{V_2} \frac{p_0}{V_0 \sin(22,5)}\sqrt{V_1^2 - V^2 \sin^2(22,5)}\, dV} = 1 - \frac{C_2 \ln|V| \, V_0 \sin(22,5)}{p_0 \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_1^2 - V^2 \sin^2(22,5)}\, dV}$$

Ответ: 1) $T_1/T_2 = \frac{\sin(22,5)\cos^3(15)}{\cos^3(22,5)\sin(15)}$

2) 45°

3) $1 - \frac{C_2 \ln|V| V_0 \sin(22,5)}{p_0 \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_1^2 - V^2 \sin^2(22,5)}\, dV}$

Часть 2

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

Шифр: **21200417**

ID профиля: **878476**

Вариант 6

~~Чистовик~~ Черновик.

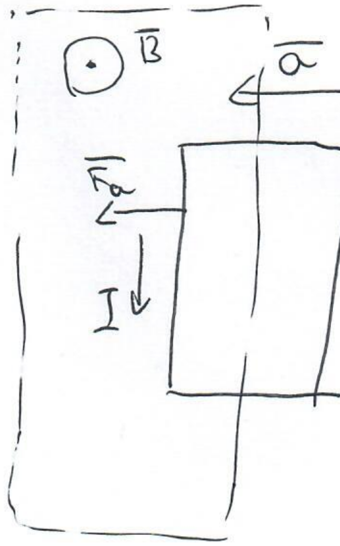
№4 (продолжение)

3) В момент выхода правой части рамки из поля, в левой остаётся ε_i из-за чего в рамке возникает ток, вызывающий силу Ампера и ускорение, замедляющее рамку.

$F_a = ma$

$\frac{B V_0 d B d}{R} = ma$ (аналогично п.1)

$a = \frac{B^2 d^2 V_0}{mR}$



Аналогично п.2, тело „начало" движение с нач. скоростью V_1, ускорением a, прошло путь $в$, приобретя скорость V_2

$V_2 = V_1 - at \Rightarrow t = \frac{V_1 - V_2}{a}$

$в = V_1 t - \frac{at^2}{2} \Rightarrow в = V_1 \cdot \frac{V_1 - V_2}{a} - \frac{\cancel{a} \cdot (V_1 - V_2)^2}{2a^{\cancel{2}}}$

$V_1^2 + \frac{B^2 d^3}{mR} V_1 - V_0^2 + \frac{B^2 d^3 V_0}{2mR} = 0$

$2aв = 2V_1(V_1 - V_2) - (V_1 - V_2)^2$

$2aв = 2V_1^2 - \cancel{2V_1V_2} - V_1^2 + \cancel{2V_1V_2} - V_2^2$

$V_2^2 = -2aв + V_1^2$

$D =$

$V_2 = \sqrt{V_1^2 - 2aв} = \sqrt{V_1^2 - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR}} =$

$\cancel{\sqrt{V_0^2 - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR} - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR}} = \sqrt{V_0^2 - 2B^2 d^3}}$

Ответ: а) $B^2 d^2 V_0 / mR$

б) $\sqrt{V_0^2 - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR}}$

в) $\cancel{V_1^2 - B^2 d^3 V_0}$ $\sqrt{V_1^2 - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR}}$

~~Чистовик~~ Черновик

№4 (продолжение)

рамки в момент выхода правой стороны из магнитного поля.

То есть, рамка замедляется, пока ее правая сторона находится в магнитном поле, а левая нет.

Начальная скорость $- V_0$

Ускорение: a $\Rightarrow$ конечная скорость: $V_1 = V_0 - at$

$t = \frac{V_0 - V_1}{a}$

Пройденное расстояние: $b \Rightarrow V_0 t - \frac{at^2}{2} = b$

$$V_0 \cdot \frac{V_0 - V_1}{a} - \frac{\cancel{a} \cdot (V_0 - V_1)^2}{2a^2} = b$$

$$2 V_0 (V_0 - V_1) - (V_0 - V_1)^2 - 2ab = 0$$

$$2V_0^2 - \cancel{2V_0 V_1} - V_0^2 + \cancel{2V_0 V_1} - V_1^2 - 2ab = 0$$

$$V_0^2 - 2ab - V_1^2 = 0$$

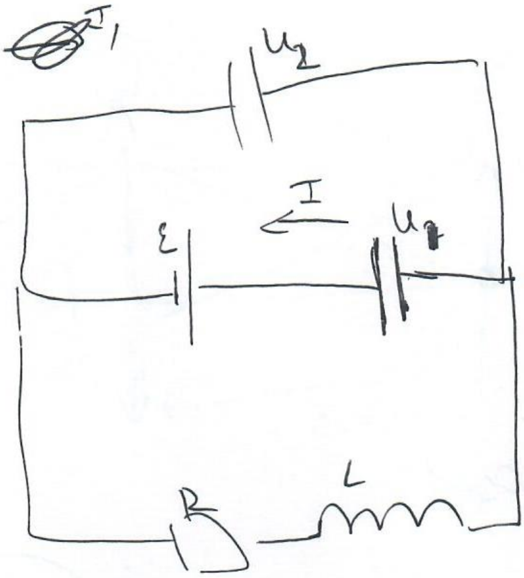
$$V_1^2 = -2ab + V_0^2$$

$$V_1 = \sqrt{-2ab + V_0^2}$$

$$V_1 = \sqrt{-2 \cdot \frac{B^2 d^2 V_0}{mR} \cdot \frac{d}{2} + V_0^2} = \sqrt{-\frac{B^2 d^3 V_0}{mR} + V_0^2}$$

$$\boxed{V_1 = \sqrt{V_0^2 - \frac{B^2 d^3 V_0}{mR}}}$$

Черновик



$$I = I_1 + I_2$$

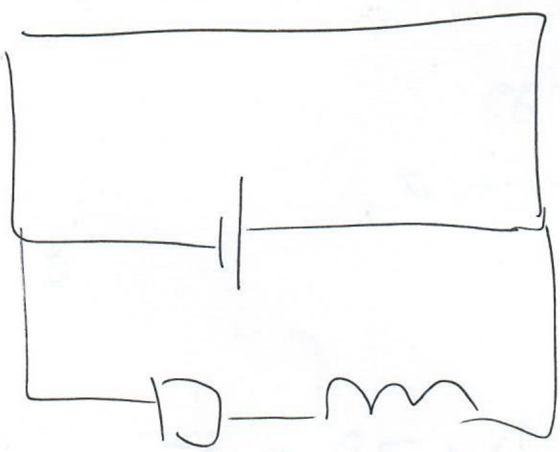
$$\varepsilon_{si} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} = L I'_t$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$u_1 + \varepsilon \quad \boxed{LV}$$

$\varepsilon_{si} =$

СИ

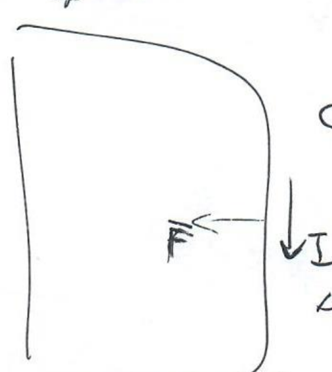


$$LV + IR - \varepsilon - u_1 = 0$$

ε_s $\boxed{F_A = IBl}$

$$IBl\,(2u_1 - v_1 + v_2)(u - v_2) =$$

$$= v_1^2 - v_2^2$$



$$\varepsilon_{si} = Bvl$$

$$LV + IR - \varepsilon + \frac{3\varepsilon}{4} = 0$$

$$LV + IR = \frac{\varepsilon}{4}$$

$$2v_0 t - at^2 = 2l$$

$$at^2 - 2v_0 t + 2l = 0$$

$$D = 4v_0^2 - 8al$$

$$t = \frac{2v_0 \pm \sqrt{8al}}{2}$$

3

6

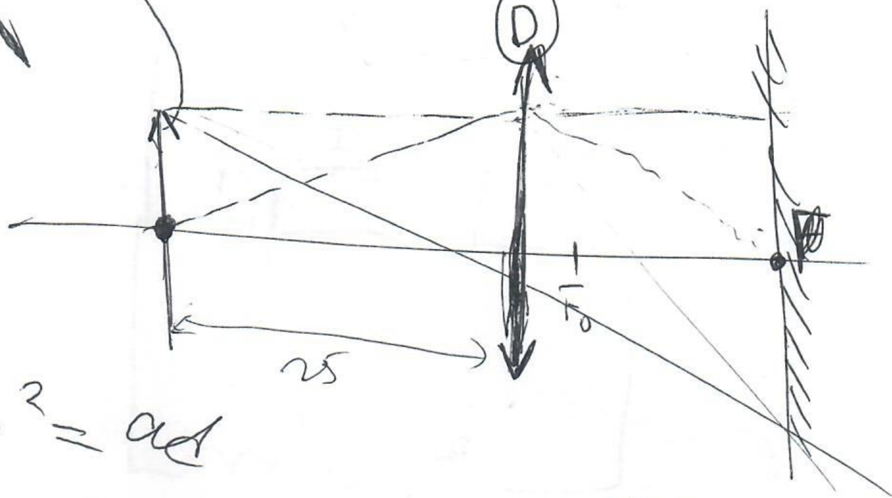
12

32

16 8

Черновик

$$\frac{V_6^2 - V_1^2}{2} = 6$$



$V_1^2 - V_0^2 = ad$

IBd6

D

$F = \frac{1}{11}$ 11 см.

$7D_0$ – уд

$3D_0$ – текст.

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

$4 \times 4 = D - 3$

$D = 4$

$f \to 0 \Rightarrow d \to F$

$$\frac{D + 7D_0 = \frac{1}{F}}{D + 3D_0 =}$$

$\frac{1}{25} + \frac{1}{F} = \cancel{D + 3D_0}$

$d \to \infty \Rightarrow f \to F$

1) $\frac{1}{25} + D + 7D_0 = D + 3D_0$

$4 = -4D_0 \Rightarrow \boxed{D_0 = -1}$

2)

-7

-3

$\frac{1}{0{,}25} + 7 = 11$

Чистовик (1)

№3

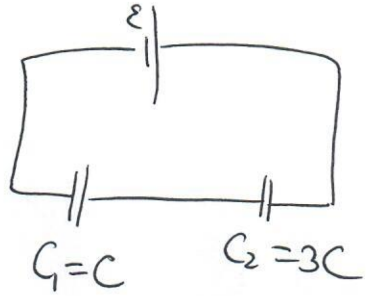
Дано: C, I_0

Найти: V, Q, U_0

Решение:

1) До замыкания ключа:

Происходит зарядка конденсаторов. За некоторое время через каждый из них протёк заряд q, то есть в установившемся режиме заряд каждого из конденсаторов равен q:



$$q = CU_1 = 3CU_2 \Rightarrow U_1 = 3U_2$$

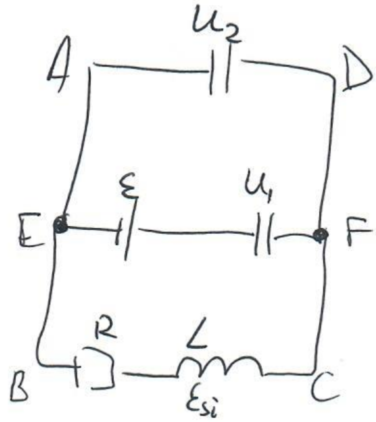
А суммарное напряжение равно $\mathcal{E}$ батареи: $\mathcal{E} = U_1 + U_2$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{\mathcal{E}}{4};\ U_1 = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

2) В момент замыкания:

В катушке наводится $\mathcal{E}_{si} = LI'_t = LV$

По з. Кирхгофа для контура $EBCF$:



$\mathcal{E}_{si} - \mathcal{E} + U_1 = 0$, т.к. ток в цепи пренебрежимо мал ввиду явления самоиндукции.

$$LV = \mathcal{E} - \frac{3\mathcal{E}}{4} \Rightarrow \boxed{V = \frac{\mathcal{E}}{4L}}$$

Чистовик ②

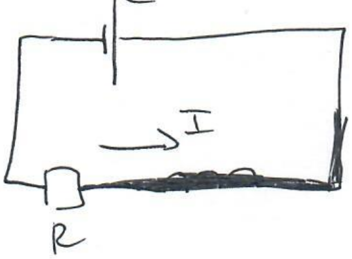
№3 (продолжение)

3) В течение установления режима в цепи, конденсаторы разряжаются, а на резисторе выделяется теплота Q ~~катушке~~

По закону сохранения энергии,

$$\frac{CU_1^2}{2}+\frac{3CU_2^2}{2}=\frac{LI^2}{2}+Q$$, где I — ток через катушку в установившемся режиме

В установившемся режиме:



— разряженные конденсаторы можно считать проводами, как и катушку, в которой не происходит самоиндукция.

То есть, $I=\frac{\varepsilon}{R}$ (з. Ома).

$$\Rightarrow \frac{C\cdot(3\varepsilon/4)^2}{2}+\frac{3C\cdot\left(\frac{\varepsilon}{4}\right)^2}{2}=\frac{L\cdot\left(\frac{\varepsilon}{R}\right)^2}{2}+Q$$

$$\frac{9C\varepsilon^2}{32}+\frac{3C\varepsilon^2}{32}=\frac{L\varepsilon^2}{2R^2}+Q$$

$$Q=\frac{12C\varepsilon^2}{32}-\frac{L\varepsilon^2}{2R^2} \Rightarrow \boxed{Q=\frac{\varepsilon^2}{2}\left(\frac{3C}{4}-\frac{L}{R^2}\right)}$$

4) В момент замыкания ключа, сначала начнёт разряжаться конденсатор ①, а затем ②. То есть, в момент времени, когда ток через конденсатор ② равен I_0, ток через конденсатор ① не идет. Тогда, ток через резистор равен $I_0 \Rightarrow U_0=I_0R$ (з. Ома) ~~по 2 з. Кирхгофа для контура ABCD~~

Ответ:
1) $\varepsilon/4L$
2) $\varepsilon^2/2\,(3C/4-L/R^2)$
3) I_0R

Чистовик ③

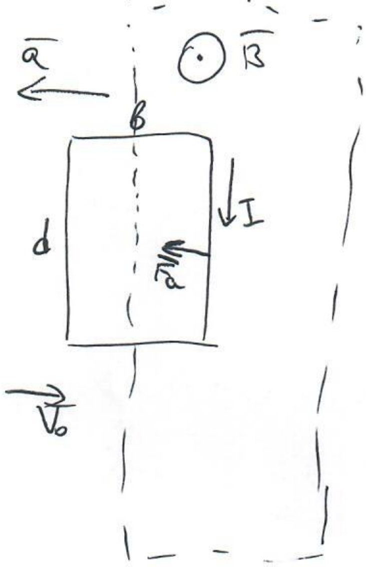
№4.

Дано: m, d, V_0, R, B

Найти: a, V_1, V_2

Решение:

1) В момент входа рамки в магнитное поле:



По правилу правой руки, в правой стороне наводит ~~ ~~ $\mathcal{E}_i$ так, что ток в этой части направлен ~~ ~~ вниз.

Вследствие появления тока на ~~ ~~ рамку начинает действовать сила Ампера, направленная против движения рамки и вызывающая ускорение, замедляющее рамку.

По II з. Ньютона: $F_a = ma$

$IB\cancel{d} = ma$, т.к. $F_a = IBd$

$\frac{\mathcal{E}_i}{R} Bd = ma$, по з. Ома

$\frac{BV_0 d Bd}{R} = ma$, т.к. $\mathcal{E}_i = BV_0 d$

$$\boxed{\frac{B^2 d^2 V_0}{mR} = a}$$

2) После входа левой стороны рамки в поле, в ней также наводится $\mathcal{E}_i$, которая „компенсирует" ток в правой рамке, то есть сила Ампера на рамку перестаёт действовать и она движется равномерно со скоростью V_1, которая будет у

Чистовик 4

№4 (продолжение)

рамки в момент выхода правой стороны из поля.

То есть, рамка замедляется, пока её правая сторона находится в магнитном поле, а левая нет.

По закону сохранения энергии,

$\frac{mV_0^2}{2} - F_a \cdot b = \frac{mV_1^2}{2}$, т.к. рамка прошла путь b под действием замедляющей силы $F_a = IBd$

$$mV_0^2 - 2IBd \cdot \frac{d}{2} = mV_1^2$$

$V_1^2 = V_0^2 - \frac{IBd^2}{m}$, где $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{BV_i d}{R} \neq const$

Так как V изменяется линейно, достаточно взять среднее значение скорости на всём промежутке времени, то есть $V_{cp} = \frac{V_0 + V_1}{2} \Rightarrow I_{cp} = \frac{B(V_0+V_1)d}{2R}$

$$\Rightarrow V_1^2 = V_0^2 - \frac{B^2 d^3 (V_0 + V_1)}{2Rm}$$

3) Аналогично найдём V_2: $V_2^2 = V_1^2 - \frac{B^2 d^3 (V_1 + V_2)}{2mR}$ 4

Ответ: а) $B^2 d^2 V_0 / mR$

б) V_1 – положительный корень уравнения $V_1^2 = V_0^2 - \frac{B^2 d^3 (V_0 + V_1)}{2Rm}$

в) V_2 – положительный корень уравнения

$$V_2^2 = V_1^2 - \frac{B^2 d^3 (V_1 + V_2)}{2mR}$$

Чистовик (5)

№4 (продолжение)

(ж) ~~...~~. В момент выхода правой части рамки из поля, в левой останется $\mathcal{E}_i$, из-за чего в рамке будет идти ток, вызывающий ~~...~~ силу Ампера и ускорение — ситуацию, аналогичную движению рамки в начале, во время входа в поле. Из аналогичных п. 2 действий нетрудно получить квадратное уравнение, определяющее V_2.

Чистовик ⑥

№5.

Дано: $\frac{D_1}{D_2} = 7/3$

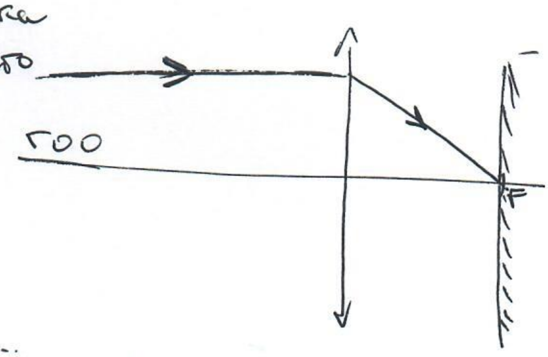
Найти: x, D_1, D_3

Решение:

1) Для улучшения зрения человеку нужна рассеивающая линза, изменяющая ход лучей так, чтобы глаз собирал их на фокальной плоскости.

2) Таким образом, если $D_1 = 7D_0$, то $D + 7D_0 = \frac{1}{F}$ ①, где

$F = 25$ см − фокусное расстояние хрусталика нормального глаза



D − оптическая сила хрусталика.

Так как лучи от удалённых предметов (параллельные ГОО) собираются в фокусе, оптическая система глаз + очки должна собирать лучи точно на расстоянии F от хрусталика.

3) Для чёткого видения предметов, находящихся на расстоянии $d = 25$ см от глаза, оптическая система глаз + очки должна давать чёткое изображение на фокальной плоскости, то есть, по формуле тонкой линзы,

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F} = D + D_2 \overset{②}{=} D + 3D_0$$

Из ① и ②:

$$\frac{1}{0{,}25} + D + 7D_0 = D + 3D_0$$

№5 (продолжение).

$$4 + 7D_0 = 3D_0$$

$$D_0 = -1 \text{ дптр} \Rightarrow \boxed{D_1 = -7 \text{ дптр.}}$$

$$D + 7D_0 = \frac{1}{0,25} \Rightarrow D = \frac{1}{0,25} + 7\cdot 1 = 4 + 7 = 11 \text{ дптр} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{x = \frac{1}{D} = \frac{1}{11} \text{ м} \approx 0,091 \text{ м} \approx 9,1 \text{ см}}$$

4). Аналогично п.3: если $d = 50$ см $= 0,5$ м, то

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F} = D + D_3$$

$$\frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,25} = 11 + D_3$$

$$\boxed{D_3 = -5 \text{ дптр.}}$$

Ответ: 1) $\approx 9,1$ см; -7 дптр.

2) -5 дптр.