Часть 1

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

Шифр: **21202280**

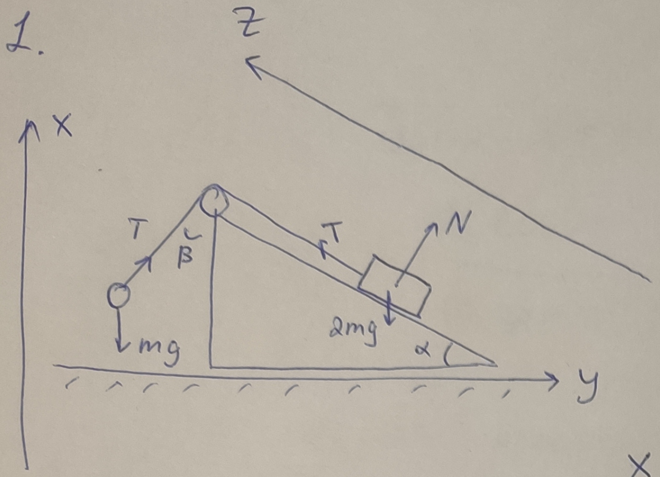
ID профиля: **345660**

Вариант 6

Чистовик   Физика, 11 кл.

Часть 1, вариант 11-06

1.



Введем оси:

x — вертикально вверх

y — по ходу движения клина

z — по ходу движения бруска отн. клина.

II закон Ньютона

для шарика, в проекции на:

x: $T\cos\beta - mg = -m a_2 \cos\beta$ (1)

y: $T\sin\beta = ma - ma_2 \sin\beta$ (2)

для бруска в проекции вдоль z:

$T - 2mg\sin\alpha = 2m a_2 - a_1\cos\alpha \cdot 2m$ (3)

Где a — ускорение клина, a_2 — бруска отн. клина.

из (1): $T = -ma_2 + mg/\cos\beta$

Тогда:

$-ma_2\sin\beta + mg\,tg\,\beta = ma - ma_2\sin\beta \Rightarrow a = (g\,tg\,\beta)$

$= 4{,}2$ м/с

подставив в (3):

$-ma_2 + mg/\cos\beta - 2mg\sin\alpha = 2ma_2 - g\dfrac{\sin\beta\cos\alpha}{\cos\beta}\cdot 2m$

$a_2(1+2) = g\left(-2\sin\alpha + \dfrac{1}{\cos\beta} + \dfrac{\sin\beta\cos\alpha}{\cos\beta}\right)$

$a_2 = \dfrac{-2\sin\alpha\cos\beta + 1 + \sin\beta\cos\alpha}{3\cos\beta}\,g \simeq 3{,}6$ м/с

Ускорение шарика вдоль x: $-a_2\cdot\cos\beta$.

Тогда (τ - время падения): $a_2\cos\beta\cdot\dfrac{\tau^2}{2} = H \Rightarrow \tau = \sqrt{\dfrac{2H}{a_2\cos\beta}}$

$\tau = \sqrt{\dfrac{2H\cdot 3}{(1+\sin\beta\cos\alpha - 2\sin\alpha\cos\beta)g}} \approx 0{,}775\sqrt{H}$

Ответ: $g\,tg\,\beta$ ($\approx 4{,}2$ м/с); $\dfrac{1+\sin\beta\cos\alpha - 2\sin\alpha\cos\beta}{3\cos\beta}g$ ($\approx 3{,}6$ м/с); $\sqrt{\dfrac{6Hg^{-1}}{1+\sin\beta\cos\alpha - 2\sin\alpha\cos\beta}}$ ($\approx 0{,}775\sqrt{H}$)

21202280 (U345660 M12685396)

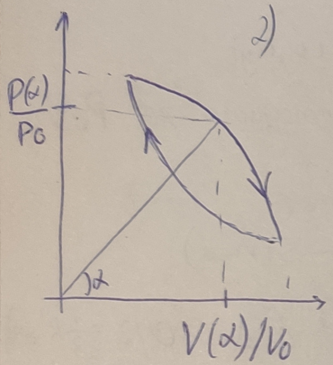
Чистовик Физика, 11 кл.

Часть 1, вариант 11-06

2.

1) По закону Бойля – Мариотта:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{(P_0 \cos 22{,}5^\circ)(V_0 \sin 22{,}5^\circ)}{(P_0 \sin 15^\circ)(V_0 \cos 15^\circ)} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2} \quad (\simeq 1{,}41)$$



2) Пусть искомая точка видна из начала координат под углом α.

Тогда: $P(\alpha) = P_0 \sin\alpha$; $V(\alpha) = V_0 \cos\alpha$.

Рассмотрим малое $d\alpha$:

$$\frac{5}{2}P(\alpha)V(\alpha) = \frac{5}{2}P(\alpha-d\alpha)V(\alpha-d\alpha) + P(\alpha)\,\Delta V(\alpha)$$

То есть: $\frac{5}{2}P_0V_0\left(\sin\alpha\cos\alpha - \sin(\alpha-d\alpha)\cos(\alpha-d\alpha)\right) = P_0V_0 \sin\alpha\cdot\left(\cos(\alpha-d\alpha) - \cos\alpha\right)$

$$\frac{5}{4}\left[\sin(2\alpha) - \sin(2\alpha-2d\alpha)\right] = \sin\alpha\left(\cos(\alpha-d\alpha) - \cos\alpha\right)$$

$$\frac{5}{2}\,\frac{\sin(2\alpha) - \sin(2\alpha-2d\alpha)}{2d\alpha} = \sin\alpha\,\frac{\cos(\alpha-d\alpha) - \cos\alpha}{d\alpha}$$

В пределе $d\alpha \to 0$:

$$\frac{5}{2}\cos(2\alpha) = \sin\alpha\cdot\sin\alpha$$

$$5(1-2\sin^2\alpha) = \sin^2\alpha$$

$$5 = 11\sin^2\alpha \quad ; \quad \sin\alpha = \sqrt{\frac{5}{11}}$$

Тогда угол касательной с горизонтальной осью: $\frac{\pi}{2} - \arcsin\sqrt{\frac{5}{11}}$

21202280 (U345660 M1268596)

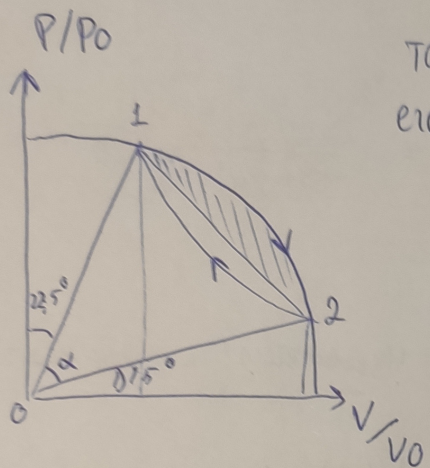
Чистовик

Физика, 11 кл

Часть 1, вариант 11-06

2.

3)



На участке 2-1 теплообмен — мал, тогда работа газа примерно равна изменению его внутреней энергии:

$$A_{21} = \frac{5}{2}V_2P_2 - \frac{5}{2}V_1P_1 \qquad \left(= \frac{5}{2}(1-\sqrt{2})V_2P_2\right)$$

Работа на участке 1-2: площадь подграфика кривой 1-2, умноженная на P_0V_0

Площадь закрашенной ~~[illegible]~~ области: $\frac{1}{2}R^2(\alpha - \sin\alpha)$

(ибо площадь сегмента: $\frac{\alpha}{2}R^2$, а Δ O12 : $\frac{1}{2}R^2\sin$

где R — радиус ~~вр~~ окружности на графике, $\sqrt{\frac{P_2^2}{P_0^2}+\frac{V_2^2}{V_0^2}}$

Остается трапеция, её площадь: $\frac{1}{2}(P_1/P_0 + P_2/P_0)\cdot(V_2-V_1)/V_0$

Искомое отношение:

$$\frac{P_0V_0\left(\frac{\alpha-\sin\alpha}{2}\cdot\left(\frac{P_2^2}{P_0^2}+\frac{V_2^2}{V_0^2}\right) + \frac{1}{2}(P_1+P_2)(V_2-V_1)\ /P_0V_0\right)}{A_{12} - \frac{5(\sqrt{2}-1)}{2}V_2P_2} =$$

$$= \frac{\left(\frac{19}{24}\pi - \sin\left(\frac{19}{24}\pi\right)\right)\cdot\left(P_2^2V_0/P_0 + V_2^2P_0/V_0\right) + P_2V_2\left(1+\left(\frac{\sin 15^\circ}{\cos 22{,}5^\circ}\right)^{-1}\right)\left(1-\left(\frac{\cos 15^\circ}{\sin 22{,}5^\circ}\right)^{-1}\right)}{2A_{12} - 5(\sqrt{2}-1)V_2P_2} =$$

$$= \frac{\left(\frac{19}{24}\pi - \sin\frac{19}{24}\pi\right)\left(\mathrm{tg}\,15^\circ + \mathrm{ctg}\,15^\circ\right) + \left(1+\frac{\cos 22{,}5^\circ}{\sin 15^\circ}\right)\left(1-\frac{\sin 22{,}5^\circ}{\cos 15^\circ}\right)}{(\text{точно то же, что и в числителе}) - 5(\sqrt{2}-1)}$$

21202280 (U345660 M1268596)

Черновик

$\int \sqrt{1-x^2}\,dx$

внутр. энергия :

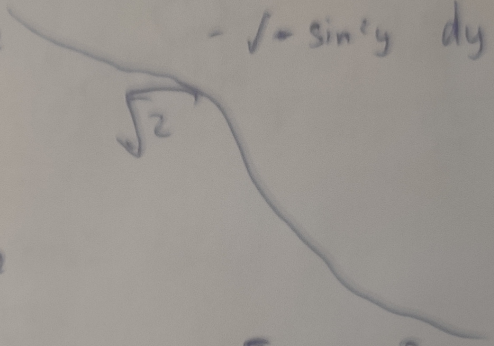
пусть y =

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$\int_0^? \sin y \; d\cos y$$

$$- \int \sin^2 y \; dy$$

$\sqrt{2}/2$



$\sqrt{2}$

$$\frac{2\cos 22{,}5^\circ \; \sin 22{,}5^\circ}{2\cos 15^\circ \; \sin 15^\circ} = \frac{\sin 45}{\sin 30}$$

$= \sqrt{3}/2$

$P V^{\alpha}$ где $\alpha = \frac{7/2}{5/2}$

$P V^{7/5} = const$

$\frac{5}{2} \nu R T = \frac{5}{2} PV$

P_1 и $V_1 \rightarrow P_1 + \Delta P$ и $V + dV$

Работа газа: $\Delta V \Delta P$

т.е. $\frac{5}{2} PV = \frac{5}{2}(P+\Delta P)(V+\Delta V) - \Delta V \Delta P$

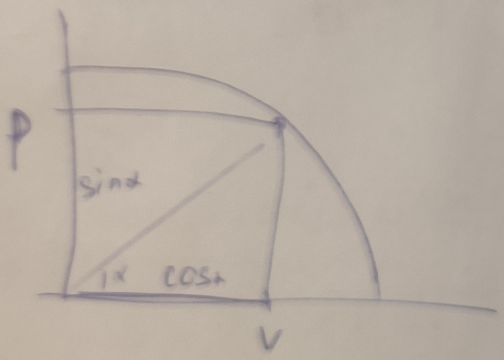
$$\frac{5}{2} P\Delta V + \frac{5}{2} V \Delta P + \frac{3}{2} \Delta P \Delta V = 0$$

$$\frac{5}{2} P + \frac{5}{2} V \frac{\Delta P}{\Delta V} + \frac{3}{2} \Delta P = 0$$

$\Delta P \to 0$

$$P = - V \; P'(V)$$

e^{-PV}



$$\frac{P(V)}{P_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}$$

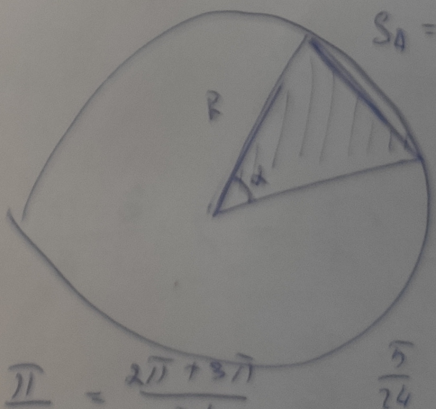
$$P(V) = \frac{P_0}{V_0}\sqrt{V_0^2 - V^2}$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V)\, dV = \frac{P_0}{V_0}\int_{V_1}^{V_2} \sqrt{V_0^2 - V^2}$$

$S_\Delta = \pi R^2 \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = \frac{\alpha}{2} R^2$

$S_\Delta = \frac{1}{2} R^2 \sin\alpha$

$\Delta S = \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{\alpha}{2} - \sin\alpha\right)$



$$\frac{\pi}{8} + \frac{\pi}{12} = \frac{2\pi + 3\pi}{24}$$

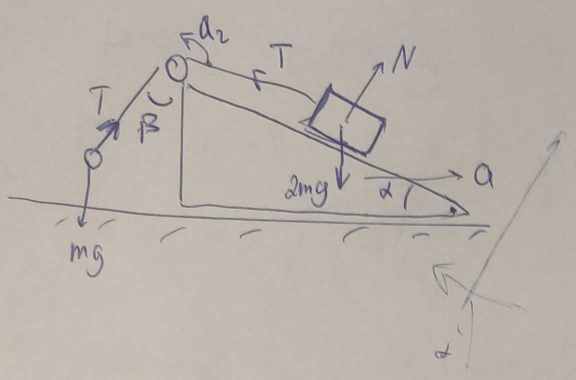
$\frac{5}{24}\pi$

$\frac{19}{24}\pi$

21202280 (U345660 M1268596)

Черновик

1.



$T \sin\beta = ma_{\cancel{\beta}} \overset{m}{-} a_2 \sin\beta \cancel{2T} \cancel{\frac{mg}{\sin\beta}}$

$\cancel{N = 2mg\cos\alpha}$

$T - 2mg\sin\alpha = a_2 - a\cos\alpha$

$-T\cos\beta + mg = a_2 \cos\beta$

$\cancel{\frac{mg}{\sin\beta} - 2mg\sin\alpha = a_2 - a\cos\alpha}$

$\cancel{mg - ma\,ctg\,\beta = a_2\cos\beta}$

$T = \frac{ma}{\sin\beta}$

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$ $\quad \sin\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\beta = \frac{12}{13}$ $\quad \sin\beta = \frac{5}{13}$

$\frac{5}{12} \cdot 9$

$\frac{50}{12}$

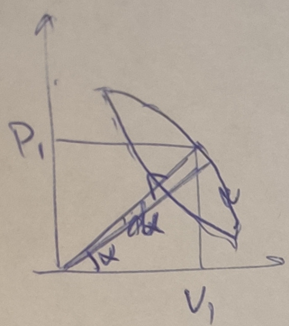
$$\frac{\frac{2\cdot 3\cdot 12}{5\cdot 13} - 1 - \frac{\cancel{5}}{13}\cdot\frac{4}{\cancel{5}}}{\underbrace{\left(4\cdot\frac{4}{13} - 1\right)}_{\frac{16}{13} - 1 = \frac{3}{13}} \cdot \frac{12}{13}} = \frac{\frac{6\cdot 12}{5\cdot 13} - 1 - \frac{4}{13}}{\frac{3}{13}\cdot\frac{12}{13}}$$

$$\frac{1 + \frac{\cancel{5}}{13}\cdot\frac{4}{\cancel{5}} - 2\cdot\frac{\cancel{3}\cdot 12}{5\cdot 13}}{3\cdot\frac{12}{13}} = \frac{\frac{13\cdot 5 + 20 - 6\cdot 12}{5\cdot\cancel{13}}}{36\,\cancel{13}} = \frac{13\cdot 5 + 20 - 6\cdot 12}{36}$$

$\simeq 0{,}36$

21202280 (U345660 M1268596)

Черновик



вн. эн: $\frac{5}{2} P(\alpha) V(\alpha)$

$$\Delta P(\alpha) = P_0(\sin(\alpha + d\alpha) - \sin\alpha)$$

$$\boxed{\frac{\Delta P(\alpha)}{\cos\alpha \, d\alpha} = P_0}$$

$$\Delta P(\alpha) = P_0 \cos\alpha \; d\alpha$$

$$\Delta V(\alpha) = -V_0 \sin\alpha \; d\alpha$$

$$A = -P_0 V_0 \sin\alpha \cos\alpha \, (d\alpha)^2$$

$$\frac{5}{2} P(\alpha) V(\alpha) + P_0 V_0 \sin\alpha \cos\alpha \, (d\alpha)^2 = \frac{5}{2}$$

$$\frac{5}{2} P(\alpha) V(\alpha) + dP(\alpha) \cdot dV(\alpha) = \frac{5}{2} P(\alpha + d\alpha) \, V(\alpha + d\alpha)$$

$$\frac{dP(\alpha)}{dV(\alpha)} = \frac{5}{2}\left(\frac{P(\alpha + d\alpha)\, V(\alpha + d\alpha) - P(\alpha) V(\alpha)}{(dV(\alpha))^2}\right) =$$

$$= \frac{10}{\cancel{2}}\left(\frac{\cos(\alpha + d\alpha)\sin(\alpha + d\alpha) - \cos\alpha \sin\alpha}{\cancel{4} \cos^2\alpha \cdot (2d\alpha)^2}\right)$$

$$\to \frac{1}{2}\sin(2\alpha + 2d\alpha) - \frac{1}{2}\sin 2\alpha + \cancel{d\alpha}$$

від

$$\frac{5}{\cancel{4}} \quad \frac{2\cos\alpha}{\cos\alpha \cdot \cancel{2} d\alpha} = 5\,\frac{1}{d\alpha}$$

Часть 2

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

Шифр: **21202280**

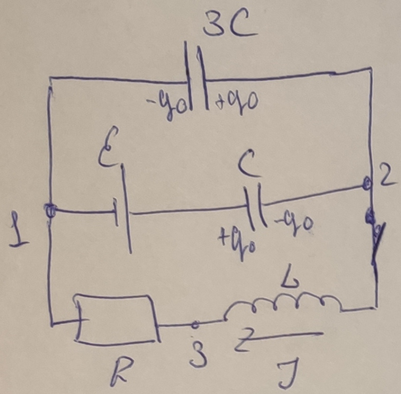
ID профиля: **345660**

Вариант 6

Чистовик Физика, 11 кл.

Часть 2, вариант 11-06

3.



пусть q_0 — заряд левой обкладки нижнего конденсатора до размыкания.

$$\varepsilon = \frac{q_0}{C} + \frac{q_0}{3C} \Rightarrow q_0 = \frac{3}{4}\varepsilon C$$

Тогда сразу после размыкания:

$$\varphi(2)-\varphi(1) = \frac{q_0}{3C} = \frac{1}{4}\varepsilon$$

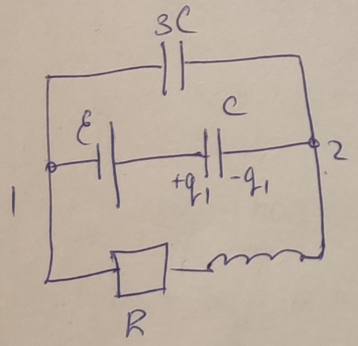
иначе его производная бесконечна

Но ток через катушку — 0, тогда $\varphi(3)=\varphi(1)$, тогда

$$L\dot{J} = \varphi(2)-\varphi(3) = \varphi(2)-\varphi(1) = \frac{1}{4}\varepsilon$$

$$\dot{J} = \frac{1}{4}\varepsilon L$$

После затухания колебаний $\varphi(1)=\varphi(2)$, тогда



конденсатор 3C — разряжен, на C — напряжение — ε, тогда $q_1 = \varepsilon C$

значит работа ЭДС: $\varepsilon(q_1 - q_0) = \frac{1}{4}\varepsilon^2 C$

Итого: $\frac{C}{2}\left(\frac{3}{4}\varepsilon\right)^2 + \frac{C}{2}\left(\frac{1}{4}\varepsilon\right)^2 + A_{ЭДС} - Q_{потерь} = \frac{1}{2}\varepsilon^2 C$

начальная энергия C и 3C

$$Q_{потерь} = \frac{C\varepsilon^2}{2}\frac{10}{16} + \frac{C\varepsilon^2}{2}\frac{1}{2} - \frac{C\varepsilon^2}{2} = C\varepsilon^2\left(\frac{5}{16}+\frac{4}{16}-\frac{8}{16}\right) = \frac{C\varepsilon^2}{16}$$

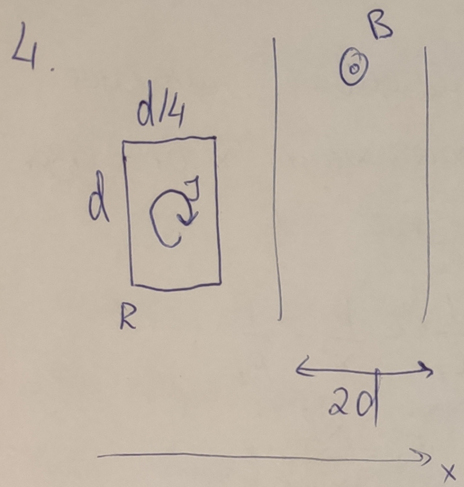
21202280 (U345660 M1268597)

Физика, 11 кл.

Чистовик

Часть 2, вариант 11-06

4.



1) как только ~~поке~~ ~~первая~~ правая сторона попала в поле, изменение потока через рамку равно

$$\frac{d\Psi}{dt} = d v B$$

Тогда возникает ЭДС (и гонит ток, как на рисунке) $\mathcal{E} = dvB$

тогда ток $I = \frac{dvB}{R}$

Сила Ампера тогда будет тормозить рамку и будет равна $F_A = IB \cdot d$, тогда $a = \frac{d^2B^2v}{Rm}$ (направлена противоположно x)

2) Пусть $x(t)$ - координата правого края, ~~x(t)=0~~ тогда (из аналогичных рассуждений)

$$\ddot{x} = -\frac{d^2B^2\dot{x}}{Rm}, \text{ откуда } \dot{x} = v_0 e^{-\frac{d^2B^2}{Rm}t} \quad (\text{ибо } \dot{x}(0) = v_0)$$

Рамка попадет в поле, когда $x(\tau) - x(0) = \frac{d}{4}$ (далее $x(t)$ меняется иначе),

то есть $v_0 \int_0^\tau e^{-\frac{d^2B^2}{Rm}t} dt = \frac{d}{4}$

$$-\frac{v_0 Rm}{d^2B^2} e^{-\frac{d^2B^2\tau}{Rm}} + \frac{v_0Rm}{d^2B^2} = \frac{d}{4}$$

$$-v_0 e^{-\frac{d^2B^2\tau}{d^2B^2}} + v_0 = \frac{d^3B^2}{4Rm}$$

$$\dot{x}(\tau) = v_0 - \frac{d^3B^2}{4Rm}$$

$$v_1 = v_0 - \frac{d^3B^2}{4Rm}$$ (ибо внутри поля скорость не меняется)

Чистовик

Физика, 11 кл.

Часть 2, вариант 11-06

4.

3) пока рамка вся в поле, изменение потока — 0, тогда ток по ней не течет и силы не действуют.

Тогда для выхода будут абсолютно такие же выражение, только вместо v_0 — v_1 (ибо изменение потока так же $dB\dot{x}$, но направлено против поля, тогда ток течет в обратном направлении (отн. входа) и равен $\frac{d\dot{x}B}{R}$, ускорение будет таким же: $\ddot{x} = -\frac{d^2\dot{x}B^2}{Rm}$.

Тогда и $v_2 = v_1 - \frac{d^3B^2}{4Rm} = v_0 - \frac{d^3B^2}{2Rm}$

Ответы: $a = \frac{d^2B^2v_0}{Rm}$; $v_1 = v_0 - \frac{d^3B^2}{4Rm}$; $v_2 = v_0 - \frac{d^3B^2}{2Rm}$

напр. против $\vec{v}_0$

P.S. раз $H > b$ рамка сначала полностью войдет в поле.

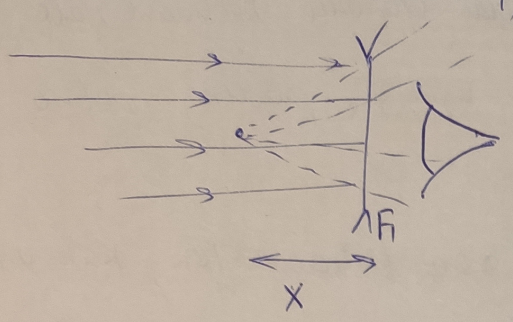
21202280 (U345660 M1268597)

Физика, 11кл.

Чистовик

Часть 2, вариант 11-06

5.

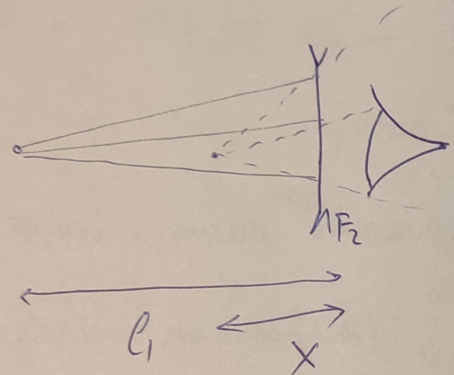


1) Очки должны создавать мнимое изображение на расстоянии x от глаза.

Формулы линз:

$$-\frac{1}{x}=\frac{1}{F_1} \quad \text{и} \quad \frac{1}{l_1}-\frac{1}{x}=\frac{1}{F_2}$$

откуда $F_1=-x$, а $F_2=\frac{x l_1}{x-l_1}$



Отношение оптических сил первой ко в-ой:

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{\frac{x l_1}{x-l_1}}{-x}=\frac{l_1}{-x+l_1} \quad \text{и равно } \frac{7}{3}$$

Тогда $x=\frac{4}{7}l_1$ $(\approx 14,3 \text{ см})$.

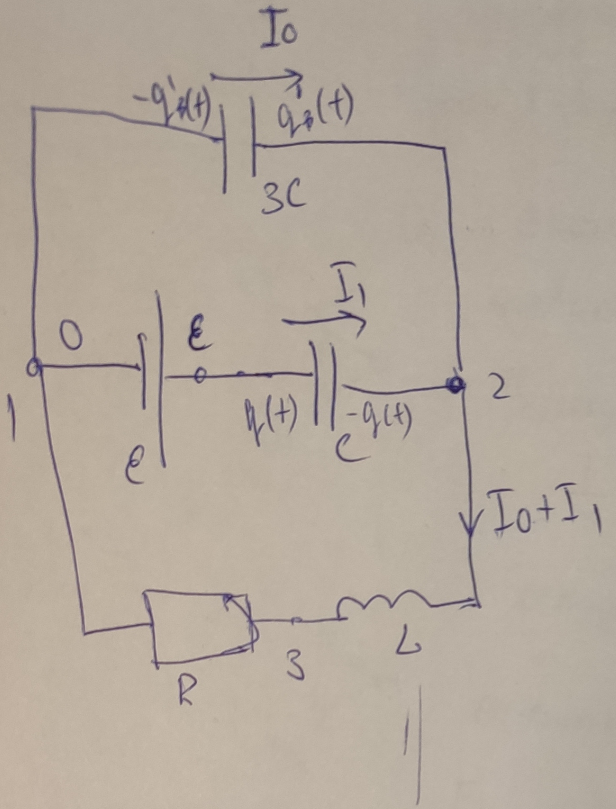
А оптическая сила первых очков: $D_1=\frac{1}{F_1}=\frac{1}{-x}=-7$ дптр.

2)

Аналогично, пусть D - искомая оптическая сила.

Тогда $\frac{1}{l_2}-\frac{1}{x}=D$; $D=\frac{x-l_2}{x l_2}=\frac{4l_1-7l_2}{4l_1 l_2}=-5$ дптр

21202280 (U345660 M1268597)



Черновик

$$I_0 = \dot{q}_1'(t)$$

$$I_1 = \dot{q}(t)$$

$$\mathcal{E}_{инд.} = (\dot{q}_1' + \dot{q})L$$

$$\varphi_2 = q'(t)/3C$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = \frac{q'(t)}{3C} - (\ddot{q}' + \ddot{q})L$$

$$\dot{I}_0 \quad \dot{I}_1$$

$$\| $$

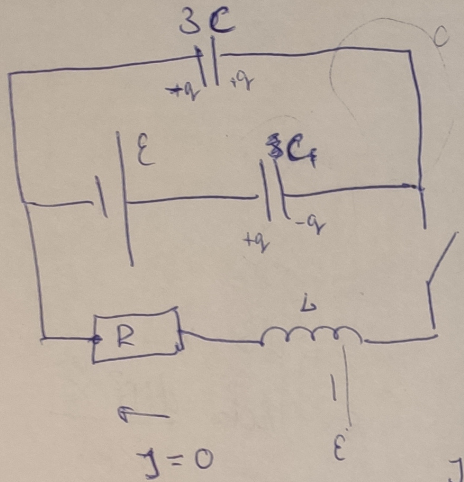
$$(I_0+I_1)R$$

2)

Al

21202280 (U345660 M1268597)

Черновик



~~$UC = Q$~~

$$\frac{q_0}{C} + \frac{q_0}{3C} = \varepsilon$$

$$4q_0 = \varepsilon \cdot 3C$$

$$q_0 = \frac{3}{4}\varepsilon C$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$\frac{C}{2}\cdot\left(\frac{3}{4}\varepsilon\right)^2 + \frac{C}{2}\left(\frac{1}{4}\varepsilon\right)^2$$

$J = 0$; $\quad \varepsilon_L = L \cdot \dot{I}$

энергия $\cancel{I}$ $I^2R \cdot t$

IRQ

$$\varepsilon_L = \frac{1}{4}\varepsilon \qquad \frac{1}{4}\varepsilon = L\dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{1}{4}\varepsilon L$$

конечное — $\frac{C}{2}\varepsilon^2$

~~разница~~ $\frac{C}{2}\,\frac{9+1}{16}\varepsilon^2 = \frac{C}{2}\,\frac{5}{8}\varepsilon^2$ и $\frac{C}{2}\varepsilon^2$

$$\frac{5}{16} + \frac{1}{4} \quad \frac{9}{16}$$

$+A_\varepsilon$ — потери $= Q'$

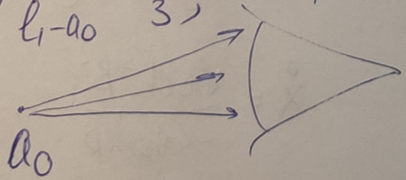
$$Q' = \frac{\varepsilon^2 C}{2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{7}{3}$$

$$\frac{1}{l_1} - \frac{1}{a_0} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{\frac{a_0 l_1}{a_0 - l_1}}{-a_0} = \frac{7}{3} \Rightarrow \frac{l_1}{l_1 - a_0} = \frac{7}{3}; \quad a_0 = \frac{4}{7}l_1$$

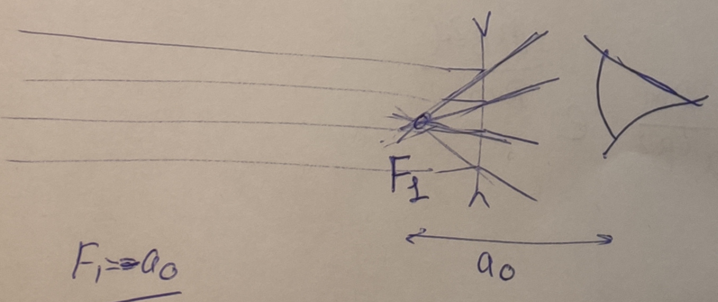
$$F_2 = \cancel{\frac{a_0 - l_1}{a_0 l_1}} \quad \frac{a_0 l_1}{a_0 - l_1}$$

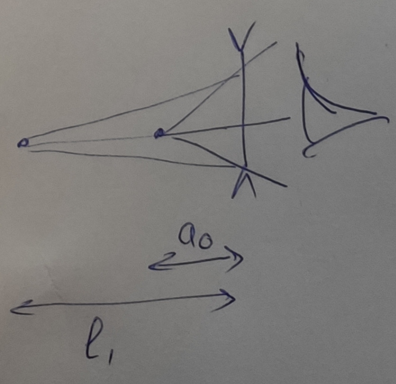


$$\frac{-250}{100 \cdot 0{,}5}$$

-3

-3

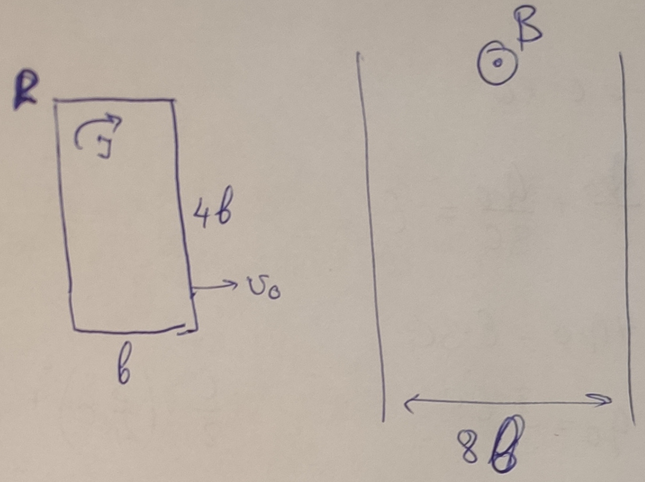




$F_1 = a_0$

21202280 (U345660 M1268597)

Черновик



$$\frac{dS}{dt} = 4b v_0$$

$$\frac{d\Psi}{dt} = 4d\, v_0 \cdot B$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Psi}{dt} = d v_0 B$$

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{d v_0 B}{R}$$

$$F_A = J d B = \frac{d^2 B^2 v_0}{R}$$

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{d^2 B^2 v_0^2}{mR}$$

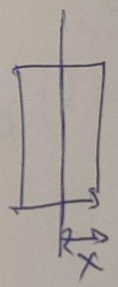
$$v_0 \tau + \frac{a \tau^2}{2} = \frac{d}{4}$$

$$\frac{d^2 B^2 v_0^2}{2mR} \tau^2 + v_0 \tau = \frac{d}{4}$$

$$\tau = \underline{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + \frac{d^3 B^2 v_0}{2mR}}}$$

$$\mathcal{E} = dB \cdot \dot{x}$$

$$F_A = JBd = \frac{d^2 B^2 \dot{x}}{R}$$



$$\ddot{x} \cdot m = \frac{-d^2 B^2 \dot{x}}{R}$$

$$\ddot{x} = \frac{-d^2 B^2}{mR} \dot{x}$$

$$v = \dot{x}$$

$$\dot{x} = k e^{-\frac{d^2 B^2}{mR} t}$$

$$\dot{x}(0) = v_0$$

$$k = v_0$$

$$\dot{x} = v_0 e^{-\frac{d^2 B^2}{mR} t}$$

$$x = \frac{-v_0 m R}{d^2 B^2} e^{\frac{-d^2 B^2 t}{mR}}$$

$$x = \frac{d}{4} \iff e^{\frac{-d^2 B^2 t}{mR}} = \frac{d^3 B^2}{-4 v_0 m R}$$

$$\dot{x} = \frac{\cancel{v_0} d^3 B^2}{-4 \cancel{v_0} m R}$$

$$v_0 \frac{-Rm}{d^2 B^2} e^{\frac{-d^2 B^2 t}{Rm}}$$