Часть 1

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

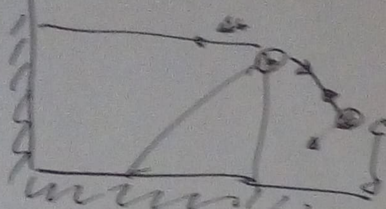
Шифр: **21203476**

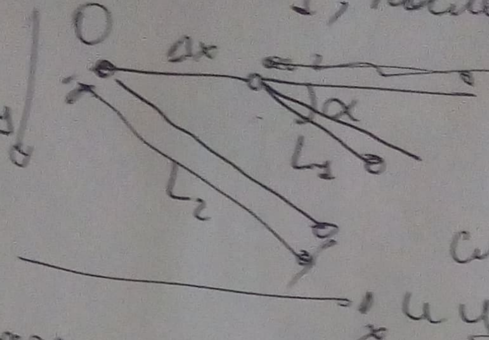
ID профиля: **807723**

Вариант 1

Чистовик. Вариант 11-01.

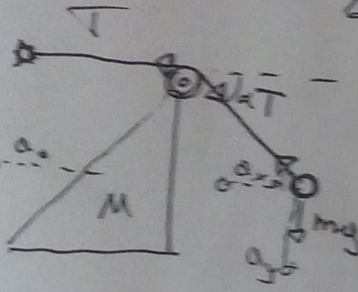
1. Рассмотрим малое перемещение клина на Δx (влево).
Пусть до это длина наклонной части нити — L_1, после перемещения — L_2. Тогда, т.к.





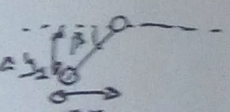
длина нити сохр., $L_2 = L_1 + \Delta x$. (4)
смещение шара по x и y.

По x координаты шара относительно O (см. рис.) — $\Delta x + L_1 \cdot \cos\alpha$;
После смещения — $L_2 \cdot \cos\alpha = \Delta x \cdot \cos\alpha + L_1 \cdot \cos\alpha$.
Т.о. смещение "влево" — $\Delta x_1 = \Delta x \cdot (1-\cos\alpha)$. Аналогично для y (направлен вниз).
Сначала — $L_1 \cdot \sin\alpha$; ~~Затем~~ после смещения $L_2 \cdot \sin\alpha = \Delta x \cdot \sin\alpha + L_1 \cdot \sin\alpha$,
смещение — $\Delta y_1 = \Delta x \cdot (1-\sin\alpha)$. ~~Рассмотрим действующие силы~~



Ускорения в итоге должны быть направлены так же, как и скорости, т.к. их проекции по x и y должны так же относиться. Найдем угол наклона полета шара:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta y_1}{\Delta x_1} = \frac{(1-\sin\alpha)\cdot\Delta x}{(1-\cos\alpha)\cdot\Delta x} = \frac{1-\sin\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{1-\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{1-\cos\alpha} = \frac{1-\sqrt{\frac{25-9}{5}}}{1-\frac{3}{5}} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{2}{5}} = \frac{1}{2}$$



$$\beta = \operatorname{arctg}\frac{1}{2}.$$

$\sin x = \sqrt{1-\cos^2 x} = \frac{4}{5}$

Пусть сила натяжения — T, масса груза — m, клина — M. Тогда ускорение клина — a_0, горизонт. проекция ускорения шара — a_x, вертикальная — a_y. Тогда из уравнений выше:

$a_x = a_0 \cdot (1-\cos\alpha)$;

$a_y = a_0 \cdot (1-\sin\alpha)$; По II закону Ньютона:

$a_0 = \frac{T - \cos\alpha \cdot T}{M} = \frac{(1-\cos\alpha)\cdot T}{M}$ (для клина)

1

Чистовик.

$a_x = \frac{T\cdot\cos\alpha}{m}$; $a_y = \cancel{\frac{T\cdot\sin\alpha}{m}}$ $g - \frac{T\cdot\sin\alpha}{m}$

$$\begin{cases} a_x = \frac{T\cdot\cos\alpha}{m} = a_0\cdot(1-\cos\alpha) = \frac{(1-\cos\alpha)^2\cdot T}{M} \\ a_y = g - \frac{T\cdot\sin\alpha}{m} = a_0\cdot(1-\sin\alpha) = \frac{(1-\cos\alpha)(1-\sin\alpha)\cdot T}{M} \end{cases}$$

Из первого:

$\frac{M}{m} = \frac{(1-\cos\alpha)^2}{\cos\alpha} = \frac{\left(1-\frac{3}{5}\right)^2}{\frac{3}{5}} = \frac{\frac{4}{25}}{\frac{3}{5}} = \frac{4}{15} = k$; $M = mk$; $\frac{m}{M} = \frac{15}{4}$

2

Из второго:

$$g = T\cdot\left(\frac{\sin\alpha}{m} + \frac{(1-\cos\alpha)(1-\sin\alpha)}{M}\right) = \frac{T}{M}\left(\sin\alpha\cdot k + (1-\cos\alpha)(1-\sin\alpha)\right)$$

$\frac{T}{M} = \frac{g}{\sin\alpha\cdot k + (1-\cos\alpha)(1-\sin\alpha)}$; $a_0 = \frac{(1-\cos\alpha)\cdot T}{M} = \frac{g\cdot(1-\cos\alpha)}{\sin\alpha\cdot k + (1-\cos\alpha)(1-\sin\alpha)}$

(Примем $g = 10\ \frac{м}{с^2}$)

$$= g\cdot\frac{\frac{2}{5}}{\frac{4}{15}\cdot\frac{4}{5} + \frac{2}{5}\cdot\frac{1}{5}} = g\cdot\frac{2}{\frac{16}{15} + \frac{2}{5}} = g\cdot\frac{2}{\frac{22}{15}} = g\cdot\frac{15}{11} \approx 13{,}6\ \frac{м}{с^2}$$

Пусть время опускания — t, тогда (численное значение H неизвестно)

$\frac{a_y t^2}{2} = H$; $t = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{(1-\sin\alpha)\cdot a_0}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{1}{5}\cdot a_0}} = \sqrt{\frac{10H}{a_0}}$

Т.о.

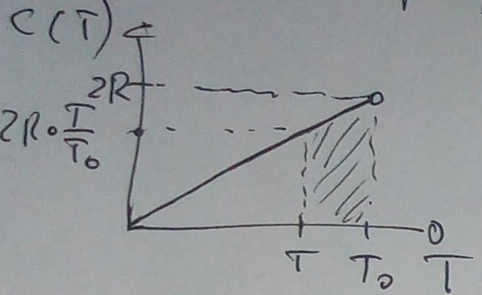
см. выше

Ответы: $\operatorname{arctg}\frac{1}{2}$; $\underset{a_0}{13{,}6}\ \frac{м}{с^2}$; $\frac{15}{4} = 3{,}75$; $\sqrt{\frac{10H}{a_0}} = \sqrt{\frac{10H}{\frac{15}{11}g}} = \sqrt{\frac{110H}{15g}} \approx \sqrt{7{,}3\frac{H}{g}}$

(При $g = 10\frac{м}{с^2}$!)

Чистовик

2. Построим график зависимости $C(T)$ от T:



При охлаждении до температуры T требуемая теплота будет по определению ~~теплоемкости~~ площадью под графиком, т.е. (т.к. теплоемкость молярная, надо домножить на „ν") $dQ=C(T)dT$

$$Q=\nu\left(\frac{2R\cdot T_0}{2}-\frac{2R\cdot\frac{T}{T_0}\cdot T}{2}\right)=\nu\left(RT_0-R\frac{T^2}{T_0}\right)$$

В частности, при $T=\frac{5}{6}T_0$:

$$Q_1=\nu\left(RT_0-R\frac{\left(\frac{5}{6}\right)^2T_0^2}{T_0}\right)=\nu RT_0\left(1-\frac{25}{36}\right)=\nu RT_0\cdot\frac{11}{36}\approx0{,}3\nu RT_0$$

3

~~Соответств~~ По I закону термодинамики: (тепло выделяется, $\Delta U<0$)

$$-\Delta U=-Q-A;\quad A=-Q-\Delta U=-\nu\left(RT_0-R\frac{T^2}{T_0}\right)+\frac{i}{2}\nu R(T_0-T)=$$

(i – число ст. свободы)

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

Максимум квадратичной функции ax^2+bx+c находится при $x=-\frac{b}{2a}$, в нашем случае — $T=-\frac{\left(-\frac{i}{2}\right)}{2\cdot\left(\frac{1}{T_0}\right)}=\frac{i}{4}T_0=\frac{3}{4}T_0$

Работа сама: (гелий – одноатомный, $i=3$)

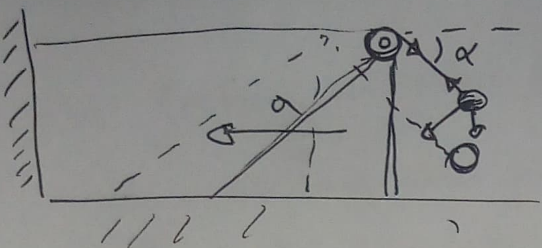
$$A=\nu R\left(-T_0+\frac{T^2}{T_0}+\frac{i}{2}T_0-\frac{i}{2}T\right)=\nu R\left(\frac{i-2}{2}T_0+\frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2T_0^2}{T_0}-\frac{i}{2}\cdot\frac{3}{4}T_0\right)=$$

$$=\nu R\left(\frac{1}{2}T_0+\frac{9}{16}T_0-\frac{3}{2}\cdot\frac{3}{4}T_0\right)=\nu R\cdot\left(\frac{8}{16}T_0-\frac{9}{16}T_0\right)=-\frac{\nu RT_0}{16},$$

т.е. работу нужно производить над газом,

Ответы: $Q_1=\nu RT_0\cdot\frac{11}{36}\approx0{,}3\nu RT_0$; $T=\frac{3}{4}T_0$; $A=-\frac{\nu RT_0}{16}$ (работа газа)

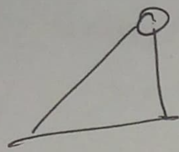
Черновик

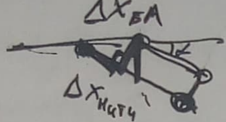


Уменьш. энергии – тепло

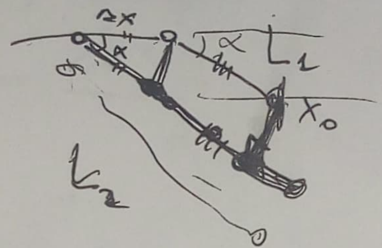
$$\Delta U - Q$$

$\Delta U =$





$$\frac{3^2}{4^2} = \frac{9}{16} -$$



(4)

$$\frac{9}{16}T_0 - \frac{3}{2}\cdot\frac{3}{4}T_0 + \frac{1}{2}T_0 =$$

$$= \frac{1}{2}T_0 - \frac{9}{16}T_0 = -\frac{1}{16}T_0$$

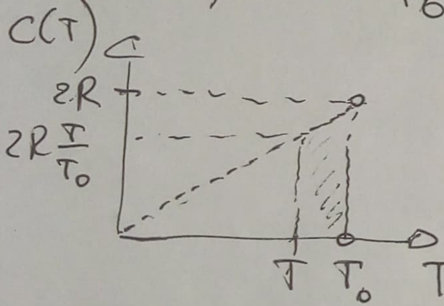
$$L_2 \cancel{\sin\alpha} = \Delta x + \frac{L_1}{\cancel{\sin\alpha}}$$

$$C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$$

по x: $x_0 = \Delta x + L_2$

сначала: $\Delta x + L_1 \cdot \cos\alpha$

потом: $L_2 \cdot \cos\alpha = \Delta x \cdot \cos\alpha + L_1 \cdot \cos$



$\Delta x = \Delta x_{блока} \cdot \cos\alpha$

по y: сначала $L_1 \cdot \sin\alpha$

потом: $L_2 \cdot \sin\alpha = \Delta x \cdot \sin\alpha + L_1 \cdot \sin$

$\Delta y = \Delta x_{блока} \cdot \sin\alpha$

$Q =$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = Q - \Delta U \quad Q = \frac{2R\cdot T_0}{2} - \frac{2R\frac{T}{T_0}\cdot T}{2} = RT_0 - \frac{RT^2}{T_0} = R(T_0 - T) = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = \frac{i}{2}\nu RT = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$$

$$p^n V = \text{const}$$

$$c\frac{n-c_p}{n-c_v} = \text{const}$$

$$-\frac{D}{4a} = -\frac{\left(\frac{3}{2}\right)^2 - 4\cdot\frac{1}{2}}{4} = -\frac{\frac{1}{4}}{4} = -\frac{1}{16}$$

Часть 2

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

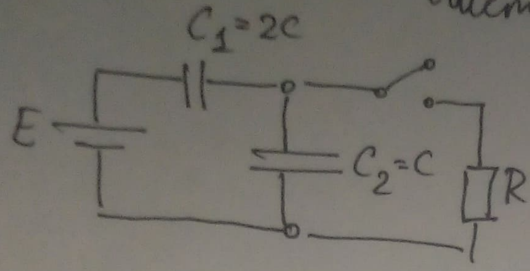
Шифр: **21203476**

ID профиля: **807723**

Вариант 1

Чистовик. Вариант 11-01. ①

3.



До ~~замыкания~~ ключа ~~сис~~ в состоянии равновесия (q_1 – заряд C_1, q_2 – C_2):

$$\frac{q_1}{2C} + \frac{q_2}{C} = E;$$ При этом, т.к. изначально не заряжены $q_1 = q_2 = q_0$:

$$\frac{q_0}{2C} + \frac{2q_0}{2C} = E; \quad q_0 = \frac{2}{3}CE.$$ При замыкании ключа изначально на резисторе напряжение будет то же, что и на C_2, т.е. ток через R:

$$I_R = \frac{U_{C_2}}{R} = \frac{q_0}{CR} = \frac{\frac{2}{3}CE}{CR} = \frac{2}{3}\frac{E}{R}$$

После ~~до~~ замыкания ключа равновесие установится при $U_{C_2} = 0$, т.к. иначе заряд будет перетекать через R, уменьшая его. Тогда $q_2 = 0$; q_1: $\frac{q_1}{C_1} = E$; $q_1 = 2CE$. Тогда протекший через батарею заряд – $\Delta q = q_1 - q_0 = \frac{4}{3}CE$. Запишем ЗСЭ ($Q$ – тепло, выд. на резисторе):

$$\frac{q_0^2}{2 \cdot 2C} + \frac{q_0^2}{2 \cdot C} = \frac{q_1^2}{2 \cdot 2C} - \left(\frac{4}{3}CE\right) \cdot E + Q;$$

$$Q = \frac{3q_0^2}{4C} - \frac{q_1^2}{4C} + \frac{4}{3}CE^2 = \frac{3\,\frac{4}{9}C^2E^2}{4C} - \frac{4C^2E^2}{4C} + \frac{4}{3}CE^2 =$$

$$= \frac{1}{3}CE^2 - CE^2 + \frac{4}{3}CE^2 = \frac{2}{3}CE^2$$

Запишем для произвольного момента напряжение в контуре $E - C_1 - C_2$:

$E = \frac{q_1}{2C} + \frac{q_2}{C}$; $q_1 = 2CE - 2q_2$. Возьмем производную по времени:

$I_1 = -2I_2$, где I_1 – ток через C_1, I_2 – через C_2. Тогда

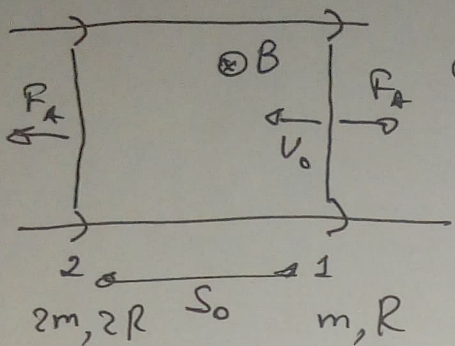
Если $I_1 = I_0$, то $I_2 = \frac{I_0}{2}$, ток через R: $I_R = I_0 - \frac{I_0}{2} = \frac{I_0}{2}$

Ответы: $\frac{2}{3}\frac{E}{R}$; $Q = \frac{2}{3}CE^2$; $I_R = \frac{I_0}{2}$.

Чистовик.

2

17.



По закону Фарадея в контуре (рельсы + перемычки) возникает ЭДС $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dS \cdot B}{dt} = \Delta V \cdot B \cdot L$, где ΔV — разность между скоростями. Тогда возникает сила Ампера, толкающая переднюю перемычку вперед, а заднюю — назад, и равная:

$$F_A = I \cdot L \cdot B = \frac{\mathcal{E}}{R+2R} \cdot L \cdot B = \frac{\Delta V \cdot L^2 B^2}{3R};$$

Ускорения тогда по II закону Ньютона:

$$a_1 = \frac{F_A}{m} = \frac{\Delta V L^2 B^2}{3Rm}; \quad a_2 = \frac{F_A}{2m} = \frac{\Delta V L^2 B^2}{6Rm}.$$

В частности, в нач. момент $\Delta V = V_0$, ускорение перемычки 2 —

$a_2 = \frac{V_0 L^2}{6Rm}$. Заметим, что сила симметрична, т.е. толкая одну в одну сторону, она с той же силой толкает другую в другую. Т.о., импульс сохраняется. ~~По з.с.и~~

В конце ($t \to \infty$) ~~перем~~ $\Delta V = 0$, т.к. силы не возникает. Пусть их скорости V_2, тогда по ЗСИ:

$$(2m+m)V_2 = mV_0; \quad V_2 = \frac{V_0}{3}$$ (у обеих перемычек).

Разность скоростей ΔU:

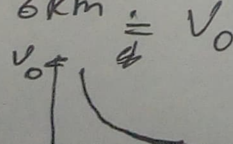
$(\Delta V = V_1 - V_2)$

$$-\frac{d\Delta V}{dt} = a_2 - a_1 = \frac{\Delta V L^2 B^2}{6Rm}.$$

Т.е. это экспонента ~~с коэффициентом~~ (решение такого дифф. уравнения всегда $A \cdot e^{-kx}$, при $\neq 0$) (по модулю, на самом деле — со знаком „−")

$$\Delta V(t) = \Delta V_0 \cdot e^{-\frac{L^2B^2}{6Rm}t} = V_0 \cdot e^{-\frac{L^2B^2}{6Rm}t}.$$

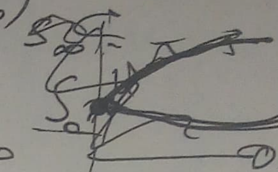
Искомое расстояние —

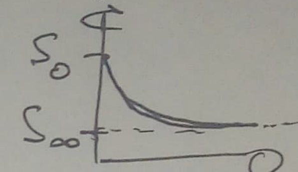


Интеграл по ΔV (пот), причём $S(0)=S_0$. $\exists$ на $t\to\infty$ $S(t)\to S_\infty$ ($t=0$)

Тогда (Искомое $-S_\infty$)

$$S(t)=S_\infty+V_0\frac{6RM}{L^2B^2}\cdot e^{-\frac{L^2B^2}{6Rm}t},$$



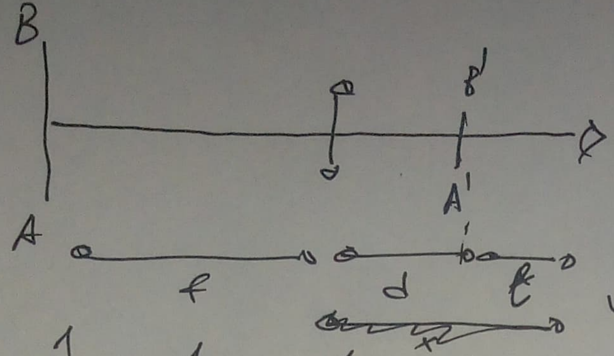


причём при $t=0$:

$$S_0=S_\infty+\frac{6RmV_0}{L^2B^2};\quad S_\infty=S_0-\frac{6RmV_0}{L^2B^2}$$

Ответы: $a_2=\frac{V_0L^2B^2}{6Rm}$; $\frac{V_0}{3}$ у обеих; $S_0-\frac{6RmV_0}{L^2B^2}$

Чистовик.

5. 

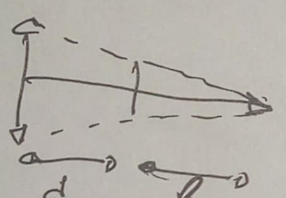
Расстояние от AB до линзы — f, от линзы до изображения (A'B') — d. ~~от изображения до глаза l~~. Тогда по уравнению тонкой линзы для изображения:

$$\frac{1}{f}+\frac{1}{d}=\frac{1}{F};\quad \frac{1}{d}=\frac{1}{F}-\frac{1}{f},\quad d=\frac{1}{\frac{1}{F}-\frac{1}{f}}=\frac{Ff}{f-F}$$

Раз до изображения от глаза расстояние $l = 24$ см, то искомое расстояние от глаза до линзы x ~~расст~~

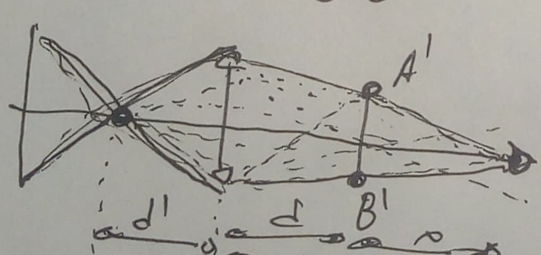
$$l+d=l+\frac{Ff}{f-F}=24\text{ см}+\frac{36\text{ см}\cdot 9\text{ см}}{36\text{ см}-9\text{ см}}=24\text{ см}+\frac{36}{3}\text{ см}=24\text{ см}+12\text{ см}=36\text{ см}.$$

Наблюдатель может рассмотреть картину в линзе, если она туда „влезает", т.е. проецируется по наблюдателю.



Увеличение линзы будет $\Gamma=\frac{d}{f}$. Соответственно, в крайнем случае из подобия:

$$\frac{H\cdot\Gamma}{l}=\frac{D_м}{l+d};\quad D_м=\frac{l+d}{l}\cdot H\cdot\Gamma=\frac{36\text{ см}}{24\text{ см}}\cdot 9\text{ см}\cdot\frac{12\text{ см}}{36\text{ см}}=\frac{9\text{ см}}{2}=4{,}5\text{ см}$$



Будем считать глаз наблюдателя точкой, воспринимающей только те лучи, которые в неё „приходят". Тогда нужно найти, где пересекаются все лучи, исходящие из этой точки. Т.к. она ведет себя как источник, воспользуемся формулой тонкой линзы (d' — искомое, $f' = l+d = x$):

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

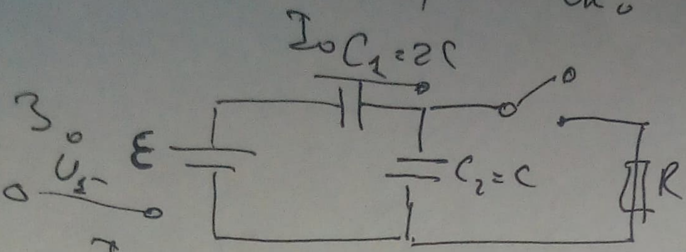
Чистовик.

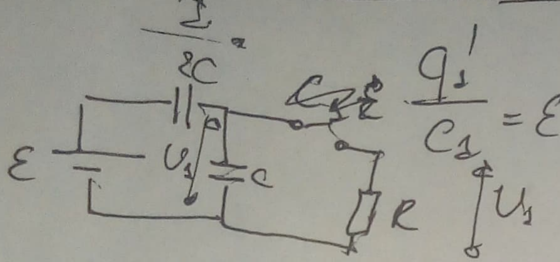
$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{x+d}; \quad d' = \frac{F(x+d)}{x+d-F} = \frac{9\,см \cdot 36\,см}{36\,см - 9\,см} = 12\,см$$

Т.е. на 12 см от линзы между картиной и линзой.

Ответы: $x = 36$ см, $D_м = 4{,}5$ см; $d' = 12$ см, между картиной и линзой.

Черновик.





$$\frac{q_1}{C_1}+\frac{q_2}{C_2}=\mathcal{E};$$

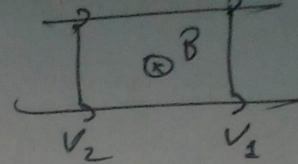
$$q_1+2q_2=2C\cdot\mathcal{E}$$

$$\cancel{q_1+q_2=0}$$

$$q_1=q_2$$

$$3q=2C\mathcal{E}$$

$$q=\frac{2C\mathcal{E}}{3}$$



$$\frac{dV_1}{dt}=(V_1-V_2)k$$

$$\frac{dV_2}{dt}=(V_1-V_2)k_2$$

$$d(V_1+V_2)$$

(6)

$$q_2=2C\mathcal{E}$$

$$R\cdot I_R=Cq_2$$

$$\begin{cases}2Cq_1+Cq_2=\mathcal{E}\\ Cq_2=I_RR\end{cases}$$

$$2Cq_1+I_RR=\mathcal{E}$$

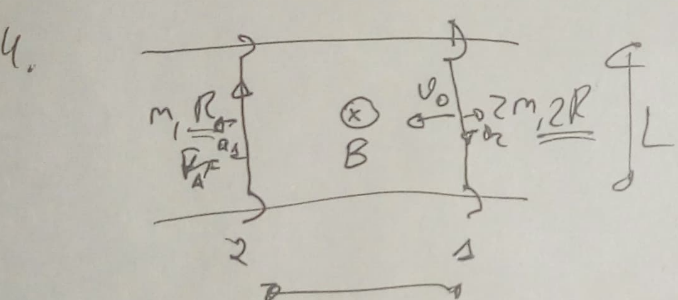
$$\frac{dq_1}{dt}=I_C(t)+I_R(t)=\frac{dq_2}{dt}+Cq_2$$

$$I_{1\,\text{ток}}=2I_2,\quad I_R=\frac{I_0}{2}$$

$$\frac{dq_2}{dt}=I_C(t);\ \frac{q_1}{2C}+\frac{q_2}{C}=\mathcal{E};\ q_1=2C\mathcal{E}-2q_2$$

$$\mathcal{E}=\frac{d\Phi}{dt}=\Delta V\cdot L\cdot B$$

4.

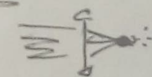


$$I=\frac{\mathcal{E}}{3R}=\frac{\Delta V\cdot LB}{3R}$$

$$F_A=I\cdot l\cdot B=ILB$$

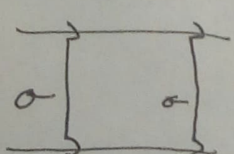
$$a_1=\frac{ILB}{2m}=\frac{(V_2-V_1)LB}{2m}$$

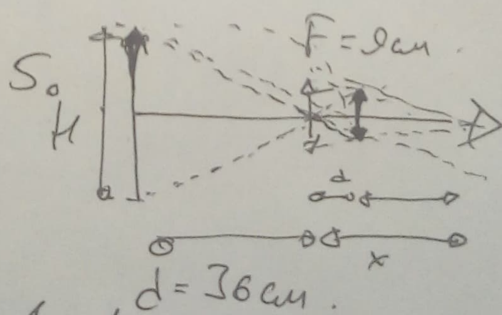
$$a_2=\frac{ILB}{m}$$

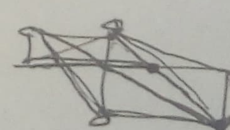


Через п. п. времени — $\frac{2mv_0}{3m}$

В конце $\Delta V=0$ и только $=\frac{2}{3}v_0$







S_0 F; H; f

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

d = 36 см.