Часть 1

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

Шифр: **21202725**

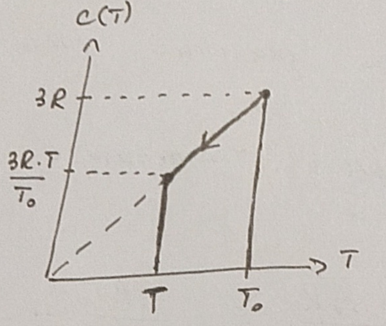
ID профиля: **122046**

Вариант 3

Чистовик

№2

1) Зависимость $C(T) = \frac{3R}{T_0} \cdot T$ — линейная функция



Площадь под этим графиком есть величина, равная суммированию молярных теплоёмкостей при всех температурах от T_0 до T

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{n} Q_i = \sum_{i=1}^{n} (\nu \cdot C_i \Delta T_i) = \nu \cdot \sum_{i=1}^{n} (C_i \Delta T_i)$$

$C_i \cdot \Delta T_i$ — по сути и есть молярная теплоемкость при определённой температуре, и поэтому $\sum_{i=1}^{n}(C_i \Delta T_i)$ по величине равна площади под графиком

$$\sum_{i=1}^{n}(C_i \Delta T_i) = \frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0)\right) \cdot \Delta T =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{3R}{T_0} \cdot \frac{3}{5}T_0 + \frac{3R}{T_0} \cdot T_0\right) \cdot \Delta T = \frac{1}{2} \cdot R\left(\frac{9}{5} + 3\right) \cdot \left(T_0 - \frac{3}{5}T_0\right) =$$

$$= \frac{1}{5} R T_0 \left(\frac{9}{5} + 3\right) = \frac{24}{25} R T_0$$

газ отдаёт тепло, поэтому $\Delta T = T_0 - \frac{3}{5}T_0 > 0$, а не наоборот: должно быть $Q_1 > 0 \Rightarrow \Delta T > 0$

$$Q_1 = \nu \cdot \frac{24}{25} R T_0 = \frac{24}{25} \nu R T_0$$

2) По I началу термодинамики,

$\Delta U = Q + A = Q - A'$ (A' – работа газа)

$$A' = Q - \Delta U = \nu \cdot \frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0)\right) \cdot (T_\phi - T_0) - \frac{3}{2}\nu R (T_\phi - T_0) =$$

$$= \nu \cdot \frac{1}{2}\left(\frac{3RT}{T_0} + 3R\right) \cdot (T_\phi - T_0) - \frac{3}{2}\nu R (T_\phi - T_0) = \left(\frac{3\nu R T}{2T_0} + \frac{3\nu R}{2}\right)(T_\phi - T_0) -$$

$$- \frac{3}{2}\nu R (T_\phi - T_0) = (T_\phi - T_0)\left(\frac{3\nu R}{2T_0} \cdot T + \frac{3\nu R}{2} - \frac{3\nu R}{2}\right) = \frac{3\nu R}{2T_0} \cdot T \, (T_\phi - T_0) =$$

Чистовик

$$= -\frac{3\nu RT}{2} + \frac{3\nu RT^2}{2T_0} = \cancel{\frac{3\nu R}{2T_0}\cdot T^2 + \frac{3\nu R}{2}T} \quad \boxed{\frac{3\nu R}{2T_0}\cdot T^2 - \frac{3\nu R}{2}T}$$

Получена квадратичная зависимость $A'(T)$: парабола с ветвями вверх. Поэтому минимальное значение достигается в вершине

$$\left(T_x = \frac{\frac{3\nu R}{2}}{2\cdot\frac{3\nu R}{2T_0}} = \frac{T_0}{2}\right) \text{ — искомая температура}$$

3) $$A'\left(\frac{T_0}{2}\right) = \frac{3\nu R}{2T_0}\left(\frac{T_0}{2}\right)^2 - \frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{2} = \frac{3\nu R T_0^2}{8T_0} - \frac{3\nu RT_0}{4} =$$

$$= \frac{3\nu RT_0}{8} - \frac{3\nu RT_0}{4} = -\frac{3\nu RT_0}{8} < 0$$

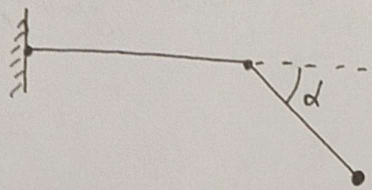
Ответ: 1) $Q_1 = \frac{24}{25}\nu RT_0$, 2) $T_x = \frac{T_0}{2}$, 3) $A'\left(\frac{T_0}{2}\right) = -\frac{3}{8}\nu RT_0$

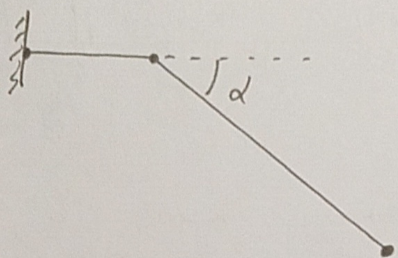
21202725 (U122046 M1264749)

Чистовик

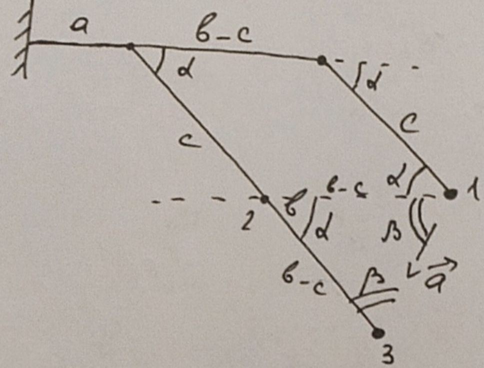
№1

1) Изобразим 2 некоторых положения д при движении (поскольку мы будем рассматривать только нить, то изображать клин нет смысла)





Угол наклона не изменился, но при этом "свисающий" участок нити увеличивается, а горизонтальный - уменьшается. Изобразим положения нити на одном чертеже



Все силы постоянны, поэтому и движение равноускоренное, а ~~...~~ также ускорение относительно земли сонаправлено с вектором перемещения

Ввиду нерастяжимости нити если обозначить куски нити а, в и с, то четвёртый равен в-с

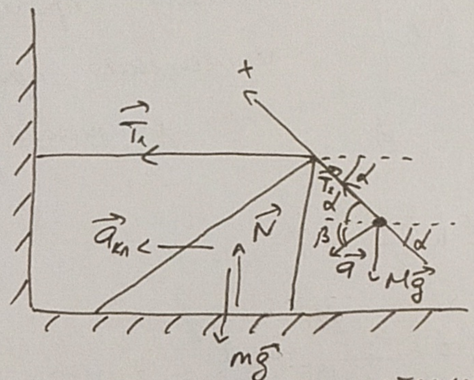
Проведём через начальное положение шара (1) прямую параллельно земле. Тогда нить в разобьется на с и в-с (образуется параллелограмм), и получим равнобедренный треугольник с вершинами 1, 2 и 3, причём искомый угол β при основании, а α при вершине. $\alpha + 2\beta = 180^\circ$, $\alpha = \arccos \frac{5}{13}$

Чистовик

$2\beta = 180^\circ - \arccos\frac{5}{13} \Rightarrow \boxed{\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}\arccos\frac{5}{13} \approx 56,3^\circ}$

3)

$\frac{M}{m}$ - ?



нить невесомая (легкая) и нерастяжимая:

$T_1 = T_2 = T$

Поскольку нить нерастяжима и для нее характерно постоянство длины, то проекции ускорений клина и шара на направление нити одинаковы

$a_{кл} = a_x = a \cdot \cos(\alpha+\beta) \approx 0,4a$ (проекция $\vec{a}$ на x отрицательна)

По II закону Ньютона в проекции на ~~нить~~ направление ускорения

$$\begin{cases} m a_{кл} = T \\ Ma = T \cdot \cos(\alpha+\beta) - Mg \cdot \sin\beta \end{cases}$$

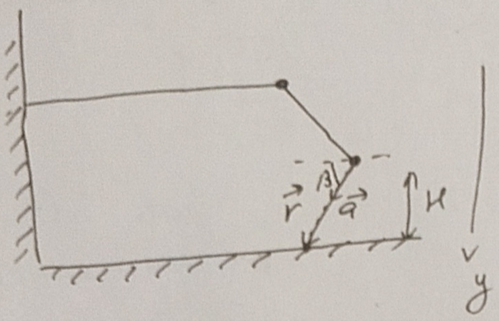
$\frac{M}{m} = \frac{T \cdot \cos(\alpha+\beta) - Mg \cdot \sin\beta}{T}$.

21202725 (U122046 M1264749)

Ao ⑤

4)

Чистовик



ускорение постоянно, поэтому применим формулу перемещения при равноускоренном движении

$$\vec{r} = \vec{v_0} t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$y: \quad H = v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2} = \frac{a_y t^2}{2} \qquad (v_{0y} = 0)$$

$$a_y = a \cdot \sin\beta \approx 0,829 a$$

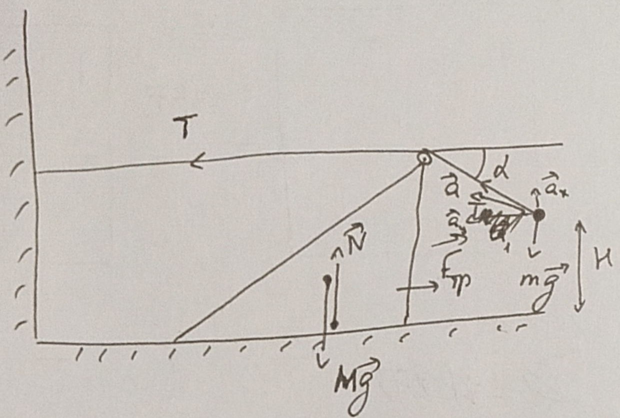
$$H = 0,4145 a t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{H}{0,4145 a}}$$

Ответ: 1) $\beta \approx 56,3°$

21202725 (U122046 M1264749)

1

Черновик



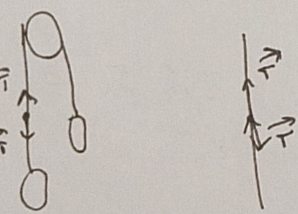
~~$\frac{8}{5}R + 3R \cdot \frac{3}{5}T_0 =$~~

~~$3R$~~

~~$= \frac{9}{25}RT_0 + \frac{3}{5}RT_0 =$~~

~~$= \frac{24}{25}RT_0$~~

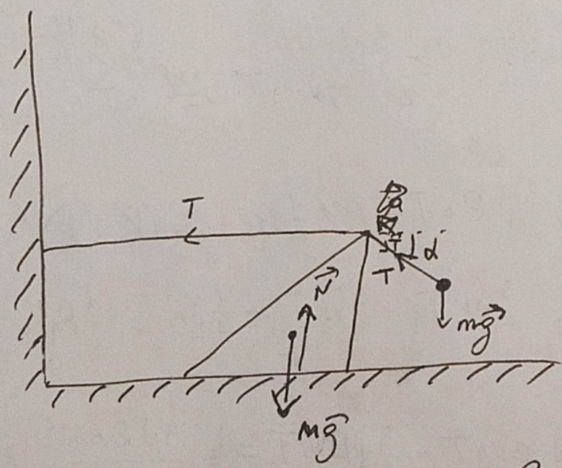
a_1 относит. клина



$a_x = T\cdot\sin\alpha - mg$

$a_y = T\cdot\cos\alpha$

$ma = \sqrt{T^2 - m^2g^2}$



$\frac{T - T\cdot\cos\alpha}{M} = \frac{T\cdot\cos\alpha}{m}$

$a_x = \frac{T\cdot\sin\alpha - mg}{m} = 0$

$a_y = \frac{T\cdot\cos\alpha}{m}$

~~T = Ma~~

~~$T + T\cdot\cos\alpha = Ma$~~

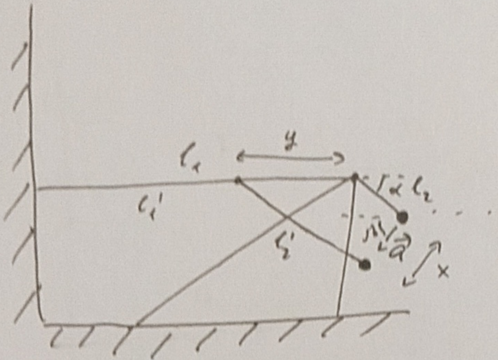
$T\cdot\sin\alpha + Mg = N$

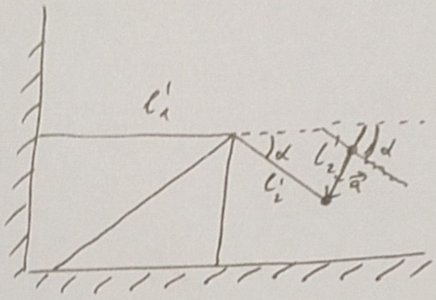
T

21202725 (U122046 M1264749)

3

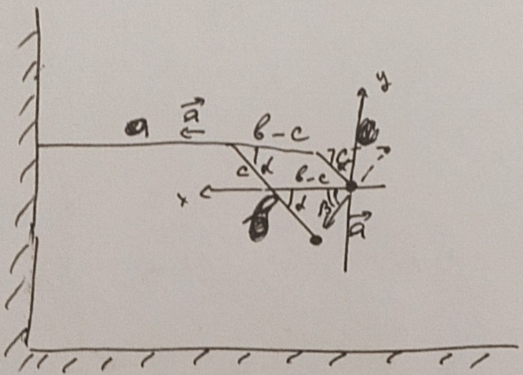
Черновик





$x = \frac{at^2}{2}$

$y =$



$a + b - c - a$

b. $l = a + b$

b -

~~π – 180~~

3,14рад – 180°

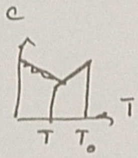
0,385рад – x

$x = \frac{180 \cdot 0{,}395}{}$

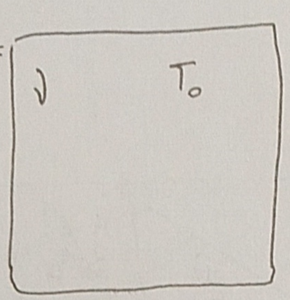
21202725 (U122046 M1264749)

2

Черновик



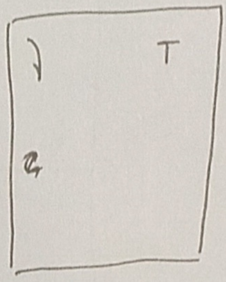
$Q = \nu \cdot (T_2 - T_1)\frac{1}{2}\left(\frac{3R\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}} + \frac{3R\cdot\frac{3}{5}\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}}\right)\cdot\Delta T =$



$c = \frac{3R}{T_0}\cdot T$

$c = 3R\frac{T}{T_0}$

$\longrightarrow$



$= \nu\cdot\frac{8}{5}T_0\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{24}{5}\Delta T$

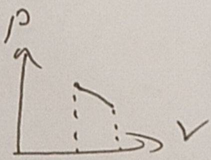
$\frac{24}{5}$

$\cancel{Q = \Delta U + A}$ $\cancel{Q = \nu R \Delta T}$ $Q = \nu\cdot c\cdot\Delta T$

$\sum Q_i = \nu\cdot\sum c_i \Delta T_i = \sum 3R\frac{T_i}{T_0}\cdot\Delta T_i = 3\nu R\sum\frac{T_i}{T_0}\cdot\Delta T_i = \frac{3\nu R}{T_0}\sum T_i\Delta T_i =$

$= \frac{3\nu R\Delta T}{T_0}\sum T_i \cdot \cancel{\Delta T} = \frac{3\nu R\Delta T}{T_0}\cdot\frac{T_0+T}{2} = \frac{3\nu R\Delta T^2}{2T_0} =$ $\nu\cdot\frac{1}{2}(c(T)+c(T_0))\cdot\Delta T$

$Q = \nu\cdot c\cdot\Delta T = \nu\cdot\Delta T\cdot\frac{c_1+c_2}{2} = \frac{1}{2}\nu\cdot\Delta T\cdot\frac{3R}{T_0}\cdot\Delta T^2 = \frac{3\nu R\cdot\frac{18}{25}T_0}{2} = 3\nu R$



$Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \cancel{p_1}\ \frac{1}{2}\cancel{(p_1+p_2)(V_1-V_2)} =$

$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$A'_{MIN} = \frac{3}{2}\nu RT_2 - \frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{1}{2}\nu RT_1 - \frac{1}{2}\nu RT_2 + \frac{1}{2}p_2V_1 - \frac{1}{2}p_1V_2$

$\cancel{A' = Q - \Delta U = \nu\cdot c\cdot\Delta T - \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{1}{2}\cdot\frac{3\nu R\Delta T^2}{2T_0}} - \frac{3}{2}\nu R\Delta T =$

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

$\frac{9}{5} = 1{,}8$

$(A')' =$

$\Delta\ A = Q - \Delta U$

$\cancel{\frac{9{,}8}{5}}$

$\frac{24}{5}\cdot\frac{1}{5}$

21202725 (U122046 M1264749)

Часть 2

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

Шифр: **21202725**

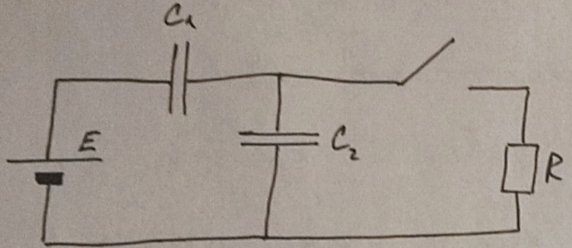
ID профиля: **122046**

Вариант 3

Чистовик

№3

1



$C_1 = 4C$

$C_2 = C$

C R E

1) ~~[illegible]~~ J – ?

2) Q – ?

3) J_0, U_R – ?

1) Когда при разомкнутом ключе установился режим,

$$E = U_{C_1} + U_{C_2}$$

Конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно:

$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4C \cdot C}{4C + C} = \frac{4}{5}C$$

$$E = U_{C_0} = \frac{q}{C_0} = \frac{q}{\frac{4}{5}C} = \frac{5q}{4C}$$ – напряжение на эквивалентном

конденсаторе, подключённом вместо C_1 и C_2

$$U_{C_1} = \frac{q}{C_1} = \frac{q}{4C}, \qquad U_{C_2} = \frac{q}{C_2} = \frac{q}{C}$$

(последовательное соединение, заряд одинаковый)

$$E = \frac{5q}{4C} \Rightarrow \frac{q}{C} = \frac{4}{5}E$$

Тогда $U_{C_1} = \frac{q}{4C} = \frac{4}{5}E/4 = \frac{1}{5}E$, $\quad U_{C_2} = \frac{q}{C} = \frac{4}{5}E$

Сразу после замыкания ключа конденсатор C_2 и резистор R имеют одинаковое напряжение: $U_R = U_{C_2}$ – параллельное соединение

По закону Ома для участка цепи $U_R = J \cdot R \Rightarrow J = \frac{U_R}{R}$

$$J = \frac{U_R}{R} = \frac{U_{C_2}}{R} = \frac{4E}{5R}$$

Чистовик

2) После замыкания ключа весь заряд с конденсатора C_1 стечёт через резистор R. Поскольку ~~энергия~~ тепло в цепи может выделиться только через резистор, то искомое количество теплоты равно изменению энергии на конденсаторе C_1:

$$Q = \Delta W_{C_1} = \frac{C_1 \cdot U_{C_1}^2}{2} - 0 = \frac{4C \cdot \left(\frac{1}{5}E\right)^2}{2} = \frac{2}{25} CE^2$$

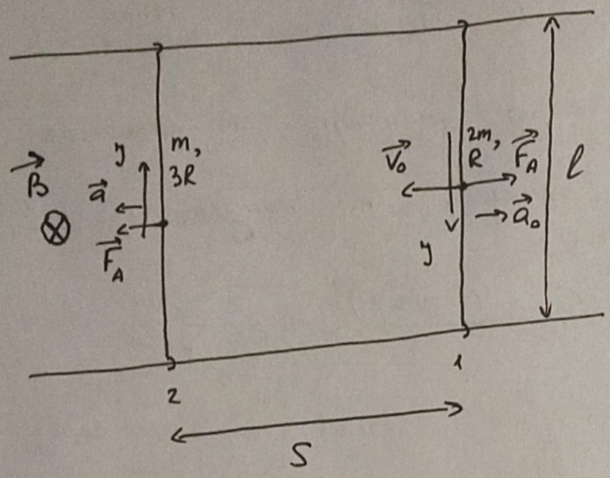
3) Когда ключ замкнут, ток течёт только через конденсатор C_1 (в течение некоторого времени) и резистор R.

Ответ: 1) $I = \frac{4E}{5R}$

2) $Q = \frac{2}{25} CE^2$

Чистовик

№4



m B V_0
l R

1) $\vec{a}_0$

2) v_1 – ?
v_2 – ?

3) S

S_0 – ?

1) Когда правый проводник (перемычка 1) начинает двигаться, возникает ЭДС ~~[illegible]~~ в движущемся проводнике:

$$\mathcal{E} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{B\cdot\Delta S}{\Delta t}\right| = B\cdot\left|\frac{\Delta x\cdot l}{\Delta t}\right| = Bl\cdot\left|\frac{\Delta x}{\Delta t}\right| = BV_0 l$$

(Δx – малое перемещение; ΔS – малое изменение площади контура)

По закону Ома для полной цепи,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+3R} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \Rightarrow \mathcal{E} = 4IR$$

Тогда $4IR = BV_0 l \Rightarrow I = \frac{BV_0 l}{4R}$

При прохождении электрического тока по проводнику, находящемся в магнитном поле, возникает сила Ампера

$$F_A = BIl\cdot\sin\alpha = BIl = B\cdot\frac{BV_0 l}{4R}\cdot l = \frac{B^2V_0 l^2}{4R}$$

По II закону Ньютона, $F_A = 2m\cdot a_0 \Rightarrow a_0 = \frac{F}{2m} = \frac{B^2V_0 l^2}{8mR}$

Чистовик

2) Через продолжительное время скорость перемычек установится, причём они будут равны (в противном случае в контуре возникнет ЭДС, и будет действовать на проводники сила Ампера.

$v_1 = v_2 = v$

Начальная скорость левого проводника (перемычки 2) – 0, а конечная (установившаяся) – v (влево направлена)

Начальная скорость перемычки 1 – $V_0^{(\text{влево})}$, установившаяся – v (влево)

Левый "проводник" за счёт ускорения разгоняется:

$$v = at \Rightarrow \underline{t = \frac{v}{a}}$$

Правый "проводник" за счёт ускорения тормозит:

$$a_0 = \frac{V_0 - v}{t} \Rightarrow \underline{t = \frac{V_0 - v}{a_0}}$$

На левую перемычку действует сила Ампера

$F_A = m \cdot a$ – точно такая же, как и на правую перемычку

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2 V_0 \ell^2}{4mR} = 2a_0$$

Имеем: $\frac{v}{a} = \frac{V_0 - v}{a_0} \Leftrightarrow \frac{v}{2a_0} = \frac{V_0 - v}{a_0} \Leftrightarrow v = 2V_0 - 2v \Leftrightarrow v = \frac{2}{3}V_0$

3) Пусть до установление равных скоростей перемычка 1 прошла путь S_1, а перемычка 2 – путь S_2

$$S_1 = \frac{V_0^2 - v^2}{2a_0} = \frac{V_0^2 - \left(\frac{2}{3}V_0\right)^2}{2a_0} = \frac{\frac{5}{9}V_0^2}{2a_0} = \frac{\frac{5}{9}V_0^2 \cdot 8mR}{2B^2 V_0 \ell^2} = \frac{20}{9} \cdot \frac{V_0 m R}{B^2 \ell^2}$$

$$S_2 = \frac{v^2}{2a} = \frac{\left(\frac{2}{3}V_0\right)^2}{2a} = \frac{\frac{4}{9}V_0^2}{4a_0} = \frac{\frac{4}{9}V_0^2 \cdot 8mR}{4B^2 V_0 \ell^2} = \frac{8}{9} \cdot \frac{V_0 m R}{B^2 \ell^2}$$

Чистовик

Как видим, $S_1 > S_2$, т.е. перемычка 1 пройдёт большее ~~расстоя~~ расстояние. Значит, искомое расстояние между перемычками ~~расст~~

$$S_0 = S + S_2 - S_1 = S + \frac{8}{9}\cdot\frac{mV_0R}{B^2\ell^2} - \frac{20}{9}\cdot\frac{mV_0R}{B^2\ell^2} = S - \frac{4}{3}\cdot\frac{mV_0R}{B^2\ell^2}$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{B^2V_0\ell^2}{8mR}$

2) $v_1 = v_2 = \frac{2}{3}V_0$

3) $S_0 = S - \frac{4mV_0R}{3B^2\ell^2}$

№5

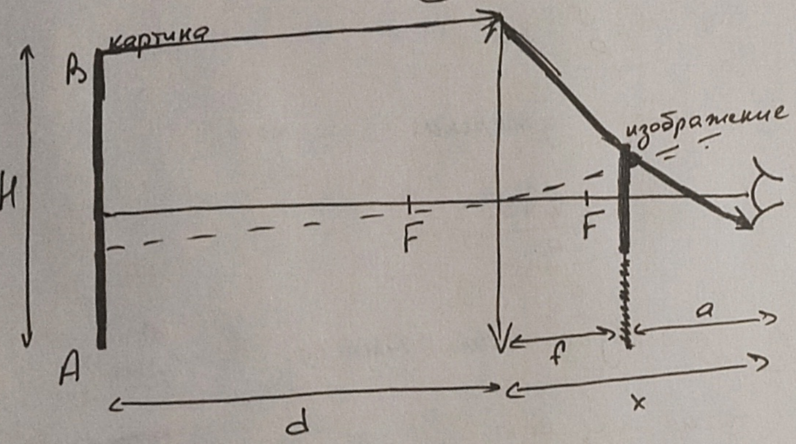
$F = 18$ см, $d = 72$ см,

$H = 9$ см, $a = 24$ см

1) x – ?

2) $D_м$ – ?

3) L_0 – ?



Ответ: $x = 48$ см

1) Формула тонкой собирающей линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F\cdot d}{d-F} = \frac{18см\cdot 72см}{72см - 18см} = 24см$$

Глаз рассматривает изображение картины, находясь от него на расстоянии a. Поэтому $x = f + a = 24см + 24см = 48см$

2) Линза должна иметь диаметр $D_м$ такой, чтобы лучи из краёв картины пересеклись в глазу и при этом проходили через края линзы

~~Поэтому глаз находится в двойном фокусе линзы~~

При минимальном диаметре изображение в глазу будет перевёрнутым

Чистовик

2) После замыкания ключа, когда режим установится,

~~по закону Ома для полной цепи~~

напряжение на C_1 будет равняться нулю, т.к. весь заряд на нём будет постепенно стекать через резистор R.

Напряжение на резисторе R и конденсаторе C_2 будет равняться E: $U_R' = E$, $U_{C_2}' = E$ (параллельное соединение)

До замыкания ~~цепи~~ ключа:

$$W_1 = \frac{C_1 U_{C_1}^2}{2} + \frac{C_2 U_{C_2}^2}{2} = \frac{4C\left(\frac{1}{5}E\right)^2}{2} + \frac{C\left(\frac{4}{5}E\right)^2}{2} = \frac{2}{25}CE^2 + \frac{8}{25}CE^2 = \frac{2}{5}CE^2$$

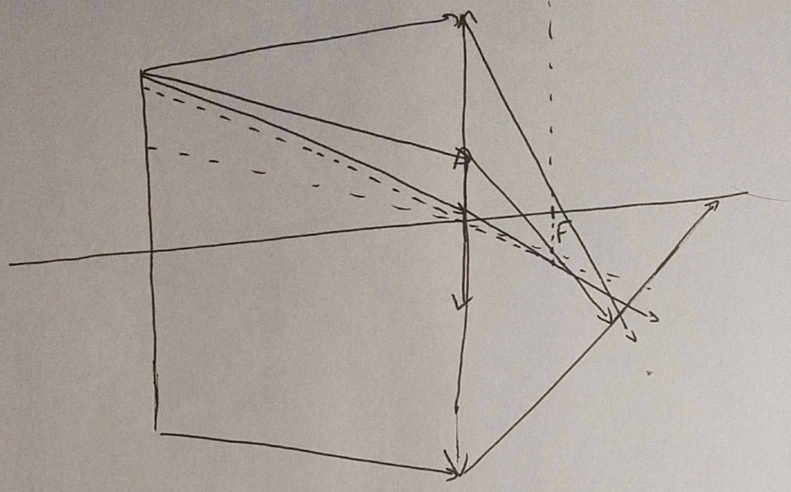
После замыкания ключа:

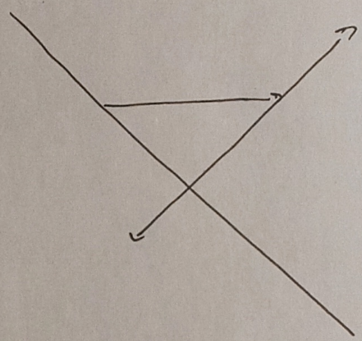
$$W_2 = \frac{C_2 (U_{C_2}')^2}{2} = \frac{C \cdot E^2}{2}$$

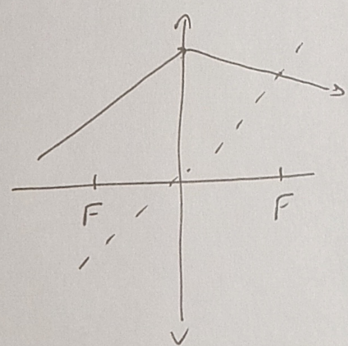
2 Черновик

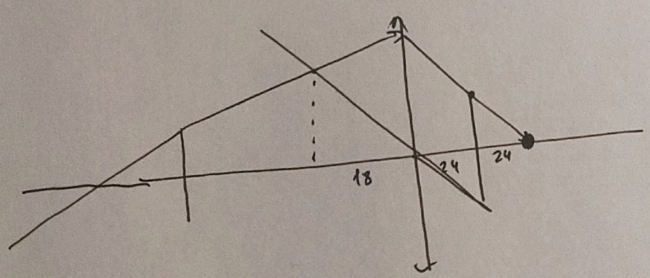
4

Черновик



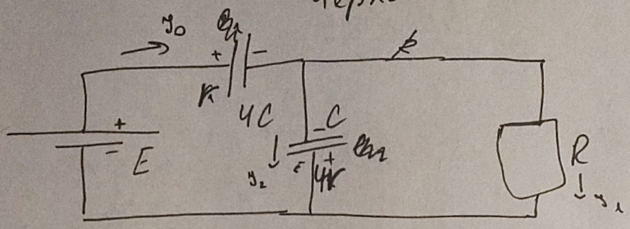






Черновик

1



$U_R = U_2 = IR$

$I = \frac{U_2}{R} = \frac{\frac{4}{5}E}{R}$

$U_1 + U_2 = E$

$\frac{4C^2}{5C} = \frac{4}{5}C$

$E = IR$

$I = \frac{E}{R}$ $U_R = E$

$IR = \frac{q}{C} = E$

$I = \frac{E}{R}$

$\frac{q}{\frac{4}{5}C} = E$

$q = \frac{4}{5}EC$

$U_1 = \frac{q}{4C} = \frac{\frac{4}{5}EC}{4C} = \frac{1}{5}E$

$U_2 = \frac{4}{5}E$

CE^2

$Q = I^2Rt = \frac{E^2}{R}t$

I_0

$\frac{2}{25} + \frac{8}{25} = \frac{10}{25} = \frac{2}{5}$

$I = \frac{E}{R}$

$r = \frac{1}{\omega C}$

$I_R = \frac{E}{R} - I_0$

r_1

$U_R = E - I_0 R$

$BV_0 l = \mathcal{E}$

$I_2 \cdot 4r = E - I_0 r$

$I_0 r_1 + I_1 R = E$

$BIl = F_A = 2ma_0$

$I_1 R = I_2 \cdot 4r$

$I = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

$B\upsilon l = \mathcal{E} = IR$

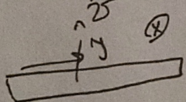
$I_1 R = E - I_0 r$

$\mathcal{E} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t} = Bl\frac{\Delta x}{\Delta t} = BV_0 l = I \cdot 4R$

$I = BV_0$

$I = \frac{BVl}{R}$

$a_0 = \frac{F}{m} = \frac{BIl}{2m} = \frac{B \cdot \frac{\mathcal{E}}{4R} l}{}$



$BV_{отн} l = 0$

a

$2a$

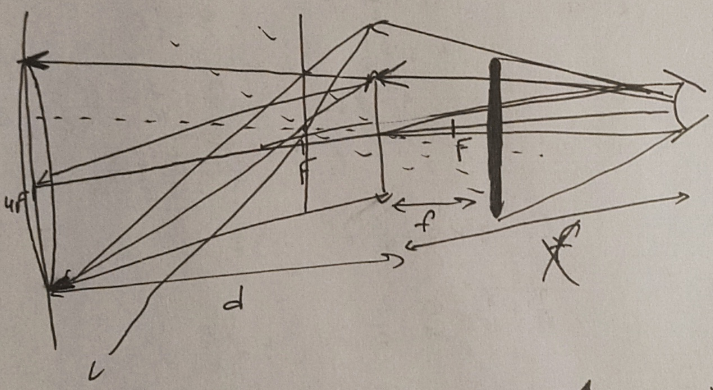
$maQ = \frac{B^2 V_0 l^2}{4mR}$

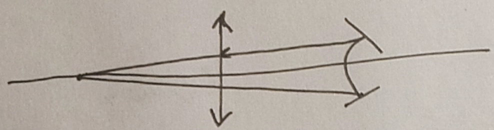
21202725 (U122046 M1264750)

Черновик

$$S_1 = \frac{V_0^2 - v^2}{2a_0} = \frac{V_0^2 - \frac{4}{9}V_0^2}{2a_0} = \frac{\frac{5}{9}V_0^2}{2a_0}$$

$$S_2 = \frac{v^2}{2a} = \frac{\frac{4}{9}V_0^2}{2a_1} = \frac{\frac{4}{9}V_0^2}{4a_0}$$





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

$$\frac{1}{18} = \frac{1}{72} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{3}{72} = \frac{1}{f} \qquad f = \frac{72}{3} = 24 \text{ см}$$

72/3

12/9 = 4/3