Часть 1

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

Шифр: **21202550**

ID профиля: **901023**

Вариант 1

ЧИСТОВИК

№2 Дано: ν; T_0

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

1) Q_1 - ?
2) T_{min} - ?
3) A_{min} - ?

Решение:

1) Запишем уравнение для малого кол-ва тепла, выделенного при таком процессе:

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

$$= \frac{2R\nu}{T_0} T dT;$$ очевидно что происходит уменьшение температуры $dT<0$ и $dQ<0$

проинтегрируем:

$$|Q_1| = \frac{2R\nu}{T_0}\int_{\frac{5T_0}{6}}^{T_0} T dT = \frac{2R\nu}{T_0}\frac{T^2}{2}\Big|_{\frac{5T_0}{6}}^{T_0} =$$

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

$$= \frac{36-25}{36}T_0\nu R = \boxed{\frac{11}{36}T_0\nu R}$$

2) I зн - термодинамики для мал изменений:

$$dQ = dA + dU; \quad dA = dU - dQ;$$

для малых изменений $dU = \frac{3}{2}\nu R dT$; $dQ = \frac{2R\nu}{T_0} T dT$

$$dA = \nu R\left(\frac{3}{2}dT - \frac{2}{T_0}TdT\right)$$ проинтегрируем до опр. температуры T_x

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

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

$$dQ = dA + dU; \quad dA = (dQ - dU);$$

1

$$dA = \frac{2R\nu}{T_0}TdT - \frac{3}{2}\nu R dT;$$

ЧИСТОВИК

№2) (продолжение)

$dA = \nu R\left(\frac{2}{T_0}TdT - \frac{3}{2}dT\right)$ проинтегрируем до определенного значения T_x

$$A = \nu R\left(\frac{2}{T_0}\left(\frac{T_x^2}{2} - \frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3}{2}(T_x - T_0)\right) = \frac{\nu R}{T_0}\left(T_x^2 - T_0^2 - \frac{3}{2}T_xT_0 + \frac{3}{2}T_0^2\right) =$$

$$= \frac{\nu R}{2T_0}\left(2T_x^2 - 2T_0^2 - 3T_xT_0 + 3T_0^2\right) = \frac{\nu R}{2T_0}\left(2T_x^2 - 3T_0T_x + T_0^2\right)$$

Заметим, что выражение в скобках есть парабола, а значит минимальное значение в вершине:

$$y = 2T_x^2 - 3T_0T_x + T_0^2$$

$$T_x = T_{min} = T_B = \frac{-(-3T_0)}{2\cdot 2} = \boxed{\frac{3T_0}{4}};$$

Для того чтобы сов газом работа была min нужно охладить его до $\boxed{T_{min} = \frac{3T_0}{4}};$

подставим T_{min}

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

$$= \frac{9 - 18 + 8}{8}\cdot\frac{\nu RT_0}{2} = -\frac{1}{8}\cdot\frac{\nu RT_0}{2} = \boxed{-\frac{\nu RT_0}{16}};$$

Над газом совершат работу.

Ответ: 1) $\frac{11}{36}\nu RT_0$ 2) $\frac{3T_0}{4}$ 3) $-\frac{\nu RT_0}{16}$;

2

ЧИСТОВИК

№1)

Дано: $\cos\alpha = \frac{3}{5}$

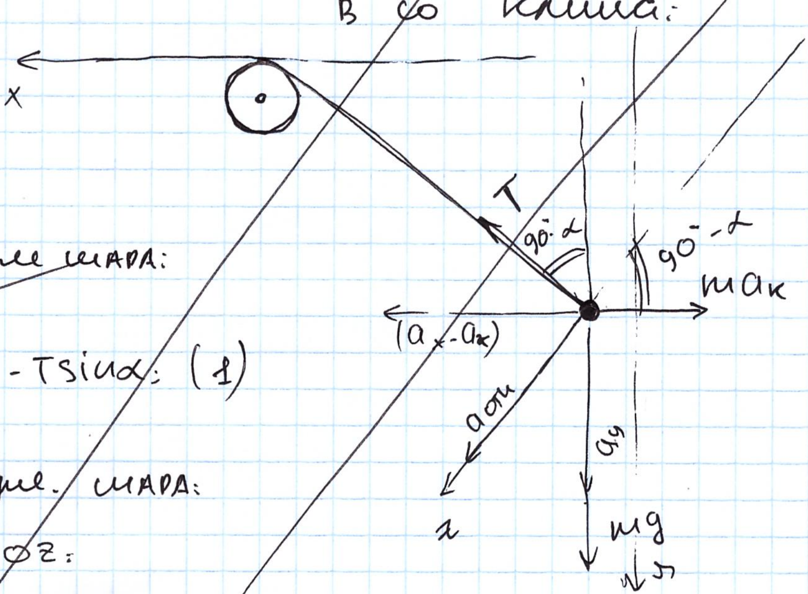
H; g

1) β - ? 2) $a_к$ - ?

3) $\frac{M}{m}$ - ? 4) T - ?

1) В СО отсчета связанной с клином шарик движется с ускорением перпендикулярном направлению нити; здесь вправо действ сила инерции

В СО клина:



II з-н. для шара:

2) Oy:

$ma_y = mg - T\sin\alpha$; (1)

2) II з-н. для шара:

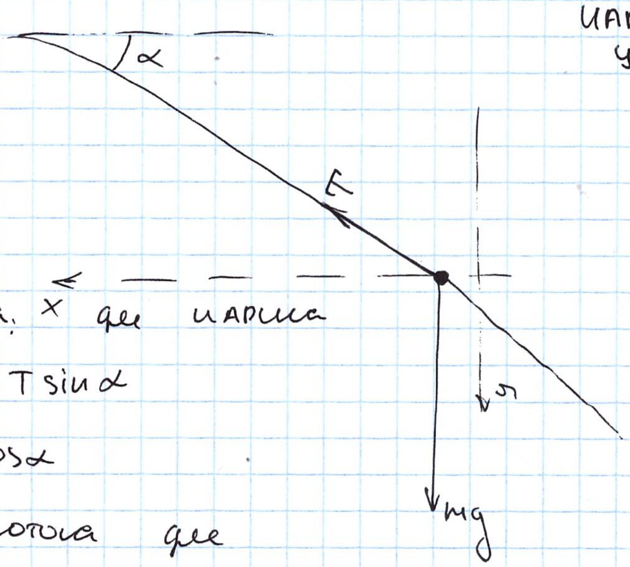
по оси Oz:

$ma_{отн} = mg\cos\alpha - ma_к\sin\alpha$

$a_{отн} = g\cos\alpha - a_к\sin\alpha$;

1) Кинематическая связь из нерастяжимости нити:

$\cancel{a_x =}$ $a\cos\beta = a_к\cos\alpha$; (1) где β - угол между направлением нити и ускорением шарика;



II з-н. Ньютона для шарика

$ma_y = mg - T\sin\alpha$

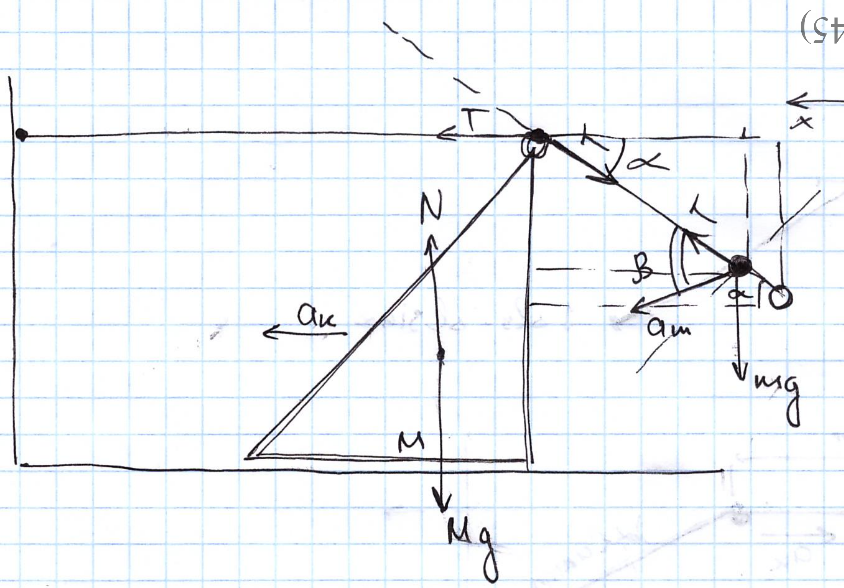
$ma_x = T\cos\alpha$

II з-н. Ньютона для клина:

$Ma_к = T(1 - \cos\alpha)$;

3

ЧЕРНОВИК



$a_m \cos\beta = a_к \cos\alpha$

$L_{нити_x} = X_к + X_{m_x}$;

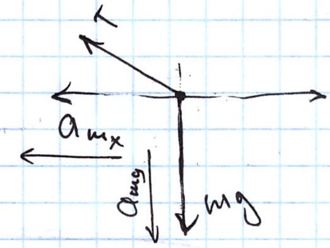
$L_{нити_y} = X_{m_y}$

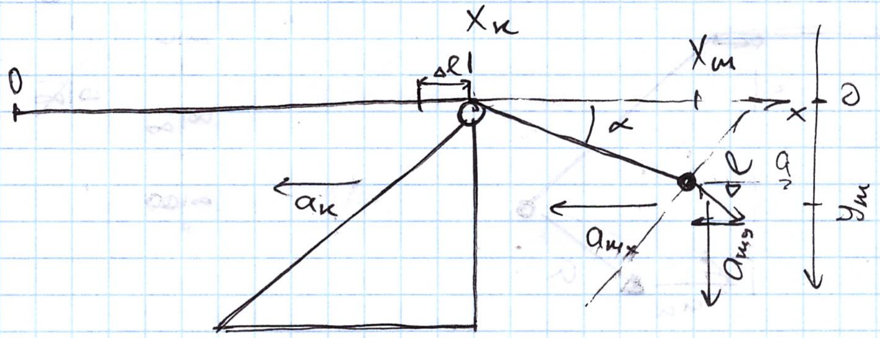
$\Delta l =$

$\Delta l_к$

$\Delta l_к$

$\Delta l \cos\alpha = \Delta l_{m_x}$





$L_{нити_x} = X_к + X_m$,

$L_{нити_y} = y_m$;

$\Delta l \sin\alpha = \Delta L_y$

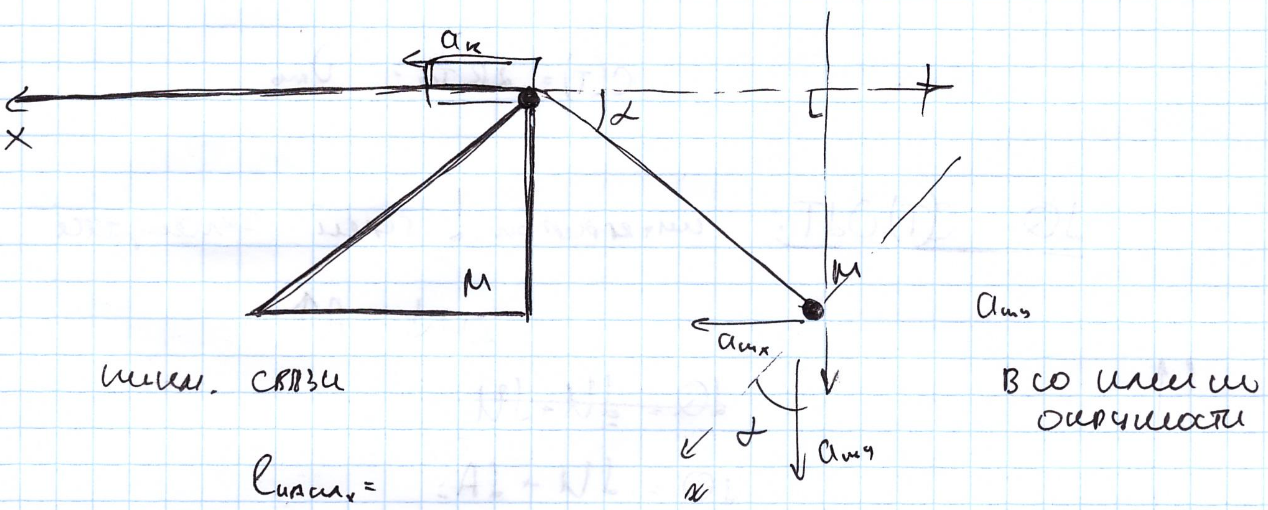
$\Delta l \cos\alpha =$

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

$dQ = C(T)\,\nu\,dT = 2R\frac{T}{T_0}\nu\,dT = \frac{2R\nu}{T_0}\cdot T\,dT$

$dQ = \int$

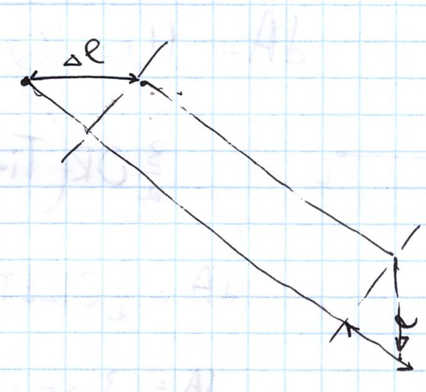
$\frac{3}{2}$

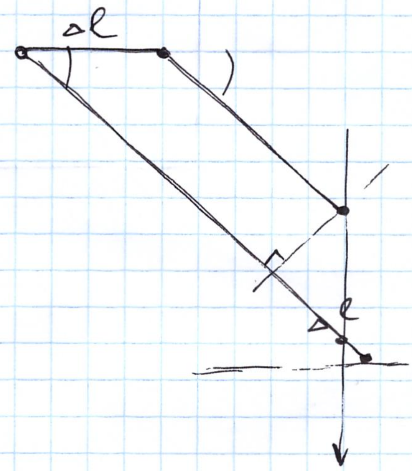


нити. связи

В СО нити и окружности

$\ell_{нити_x} =$





$A = \frac{3}{2}\nu R dT - dQ$

21202550 (U901023 M1264045)

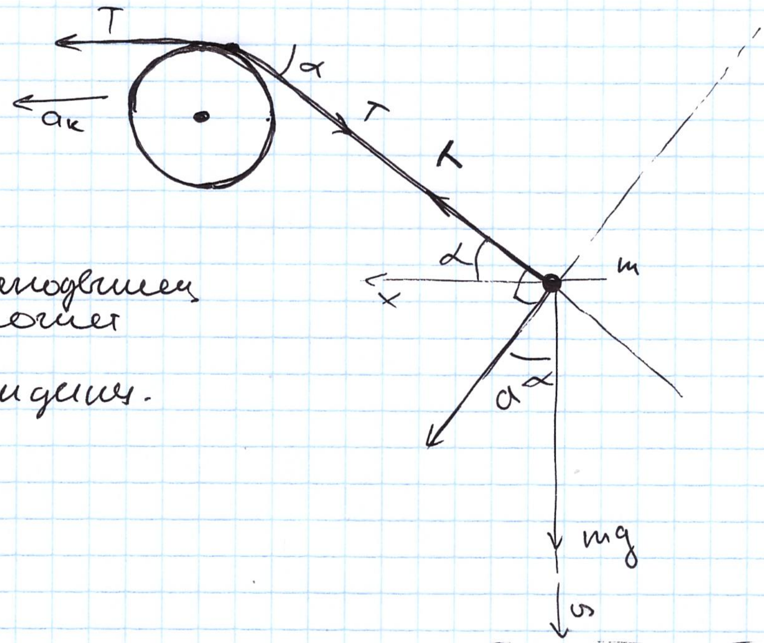
ЧИСТОВИК ЧЕРНОВИК

№1 $\cos\alpha = 3/5$
$H;\ g$

1) β -? 2) $a_к$ -?
3) $\frac{m}{M}$ -? 4) T -?

Решение:

1)



• Верхний участок нити неподвижен, а значит шарик может двигаться только перпендику-лярно нити

тогда очевидно что

$\beta = (90^\circ - \alpha) \Rightarrow$

$\Rightarrow \sin\beta = \cos\alpha;$

$\boxed{\beta = \arcsin\left(\frac{3}{5}\right)}$

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

$tg\alpha = \frac{4}{3}$

2) Запишем II зн. Ньютона для шарика:

Oy: $ma\sin\alpha = T\cos\alpha; \Rightarrow T = ma\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = ma\,tg\alpha;$ подст-м

Ox: $ma\cos\alpha = mg - T\sin\alpha;$

$ma\cos\alpha = mg - ma\,tg\alpha\cdot\sin\alpha;$

$ma\left(\cos\alpha + tg\alpha\sin\alpha\right) = mg;$

$a\left(\cos\alpha + tg\alpha\sin\alpha\right) = g;$

$a\left(\frac{3}{5} + \frac{4}{3}\cdot\frac{4}{5}\right) = g; \Rightarrow \boxed{a = \frac{3}{5}g}$ ускорение шара

3) II зн. на клин:

Ox: $Ma_к = T(1 - \cos\alpha)$ (3)

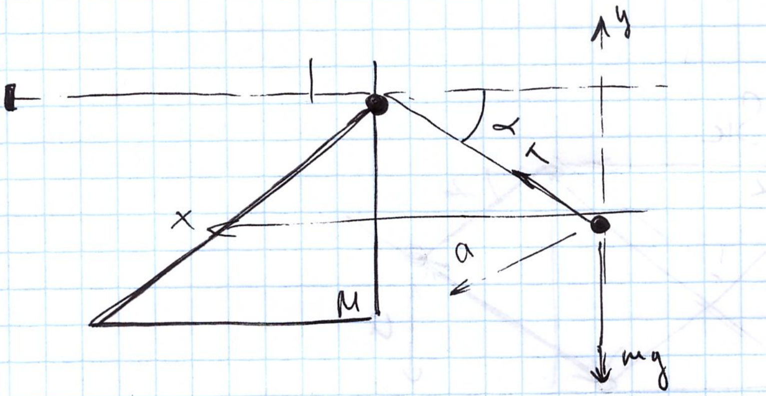
4)

$$RD\left(\frac{2}{T_0}\left(\frac{T_x^2}{2}-\frac{T_0^2}{2}\right)-\frac{3}{2}\left(T_x-T_0\right)\right)=DR\left(\frac{T_x^2}{T_0}-T_0-\frac{3}{2}T_x+\frac{3}{2}T_0\right)=$$

$$=\frac{DR}{T_0}\left(T_x^2-T_0^2-\frac{3}{2}T_xT_0+\frac{3}{2}T_0^2\right)=\frac{DR}{2T_0}\left(2T_x^2-2T_0^2-3T_xT_0+3T_0^2\right)=$$

$$=\frac{DR}{2T_0}\left(2T_x^2+T_0^2-3T_xT_0\right)=$$

$$2T_x^2-3T_xT_0+T_0^2$$

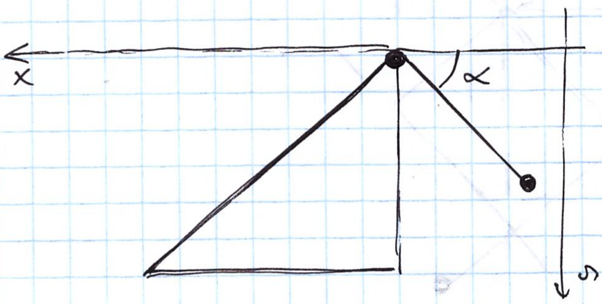


$$m\,a_{m_y}=mg-T\sin\alpha$$

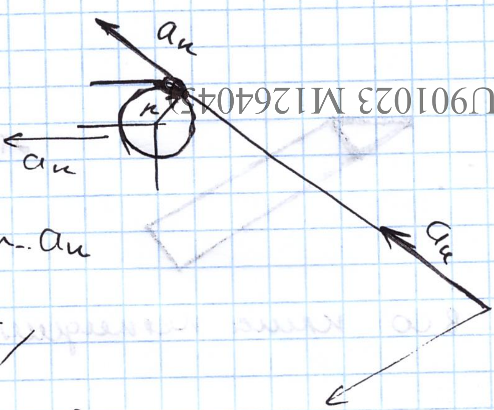
$$m\,a_{m_x}=T\cos\alpha$$

$$a_{m_y}=$$

$$M a_{M_x}=T-T\cos\alpha=(1-\cos\alpha)T$$

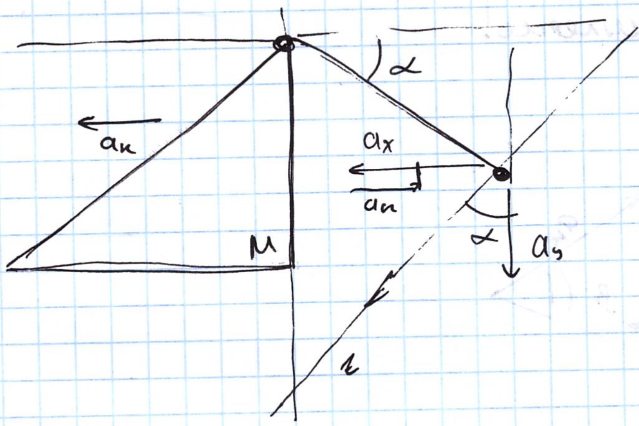


черновик



a_a:

$\beta n - a_n$

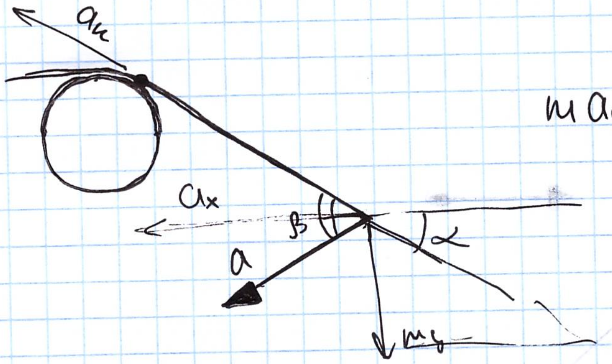


$\frac{a_y}{\cos\alpha} = a_{отн}$

$a_{отн} = \frac{a_x - a_n}{\sin\alpha}$

$\frac{a_y}{\cos\alpha} = \frac{a_x - a_n}{\sin\alpha};$

$tg\alpha\, a_y = a_x - a_n;$



$m a_n = T - mg\sin\alpha;$

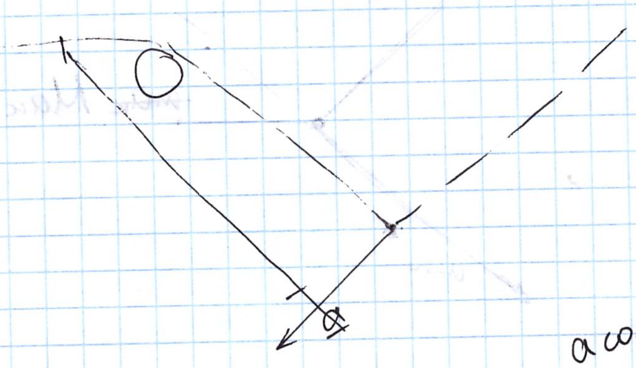
$M a_n = (T - T\cos\alpha)$

$a_n = a\cos\beta$

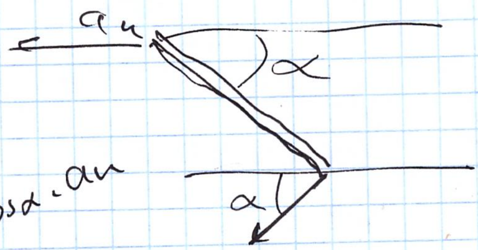
$\frac{9}{15} + \frac{16}{15}$

$\frac{25}{15}$

$\frac{5}{3}$



l



$a\cos\alpha \cdot a_n$

$Ma_n = (T - T\cos\alpha)$

$ma_n = T - mg\sin\alpha;$

Часть 2

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

Шифр: **21202550**

ID профиля: **901023**

Вариант 1

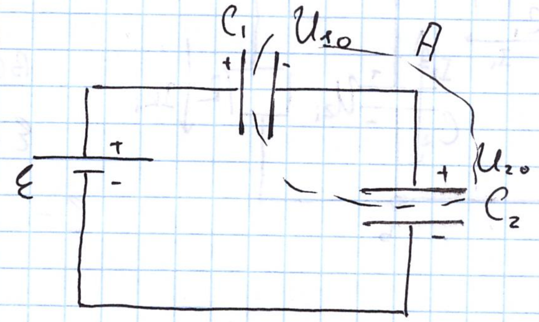
Листовик

Дано: $\mathcal{E}$; $C_2 = C$; $C_1 = 2C$; R

1) I_{R_0} - ? 2) Q - ? W 3) I_R - ?

Решение:

1) Рассмотрим начальное состояние электрической цепи:



• U_{10} и U_{20} - напр. на конденсаторах до зам. К

• по I закону Кирхгофа:

$\mathcal{E} = U_{10} + U_{20}$; (1)

• по З.С.З для обл. A:

$-C_1U_{10} + C_2U_{20} = 0$; $CU_{20} - 2CU_{10} = 0$;

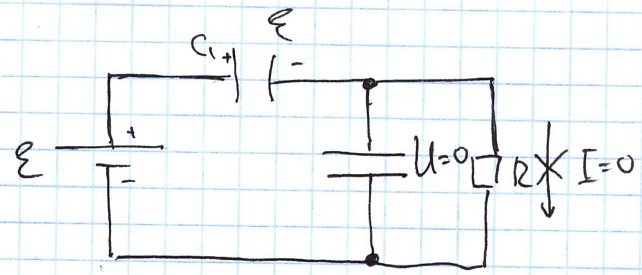
$U_{20} = 2U_{10}$; (2) подст. в (1) получим что:

• $U_{10} = \frac{\mathcal{E}}{3}$; $U_{20} = \frac{2\mathcal{E}}{3}$;

2) Сразу после замыкания ключа разность потенциалов на клеммах резистора равна $U_{20} = \frac{2\mathcal{E}}{3}$ тогда по закону Ома:

$$\boxed{I_{R_0} = \frac{2\mathcal{E}}{3R}}$$

3) Через некоторое время режим в цепи установится и ток через R течь перестает, тогда и напряжение на C_2 будет равно нулю а на C_1 $\boxed{U_{1k} = \mathcal{E}}$;



конечное состояние

• к этому моменту через источник протечет заряд:

$\Delta Q = C_1\mathcal{E} - C_1U_{10} = 2C(\mathcal{E} - U_{10}) = \frac{2\mathcal{E}}{3} \cdot 2C = \frac{4C\mathcal{E}}{3}$;

• по ЗСЭ для всей цепи:

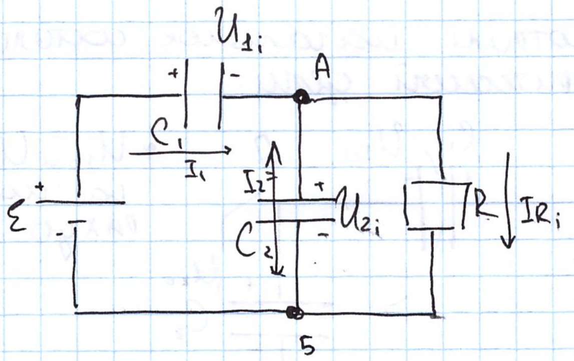
$\frac{C_1U_{10}^2}{2} + \frac{C_2U_{20}^2}{2} + A_{ист} = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} + \cancel{Q}\,W$; где ~~Q~~ W выделившееся тепло;

решая уравнение получим, что

$$\boxed{W = \frac{7C\mathcal{E}^2}{9}}$$

1

4) Нарисуем цепь в абстрактный момент времени:



$(\varphi_A - \varphi_5) = I_{Ri} R = U_{2i} =$

$= \mathcal{E} - U_{1i}$;

Выполнено.

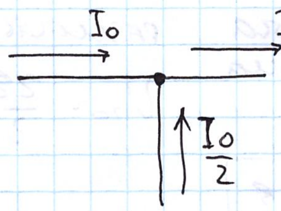
$\mathcal{E} - U_{1i} = U_{2i}$;

$\mathcal{E} - \frac{Q_{1i}}{2C} = \frac{Q_{2i}}{C}$; продифференцируем его

$-\frac{I_{1i}}{2} = I_{2i}$! ток I_2 течет вверх, об этом говорит знак $-$; (т.к. заряд на нижней обкладке убывает)

• по модулю токов: $I_1 = 2I_2$ тогда $\Rightarrow I_2 =$

• Рассмотрим узел A:



• по I закону Кирхгофа:

$$\boxed{I_R = I_0 + \frac{I_0}{2} = \frac{3I_0}{2}}$$

Ответ: 1) $I_{R_0} = \frac{2\mathcal{E}}{3R}$; 2) $\frac{7C\mathcal{E}^2}{9}$ 3) $\frac{3I_0}{2}$;

②

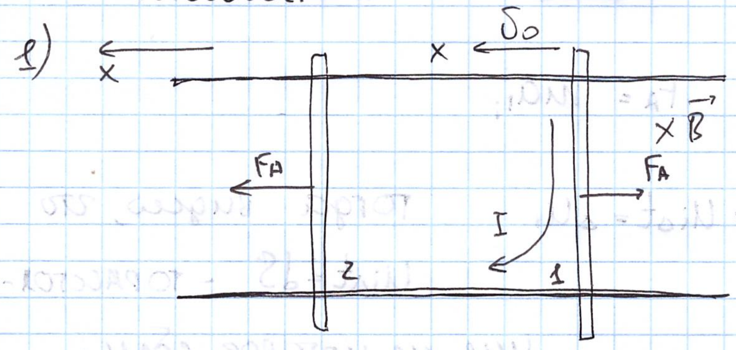
чистовик

№41 Дано: L; m; $2m$; υ_0; R; B; S_0

1) a_2 - ? 2) υ_1 и υ_2 - ? 3) $S_{кон}$ - ?

Решение:

1)



• Пусть расстояние между перемычками ℓ, тогда магнитный поток через перемычки

$$\Phi = \ell L B$$

• $\mathcal{E}_i = \Phi' = LB\ell'$, а в начальный момент t

$\mathcal{E}_{нач} = LB\upsilon_0$;

• $I_{нач} = \frac{LB\upsilon_0}{3R}$; ток течет по часовой стрелке (по правилу правой руки).

• тогда на обе перемычки действует сила Ампера $F_A = BI_{нач}L$

на 2 влево, а на 1 вправо по пр-лу левой руки

по II з-ну Ньютона для 2-ой перемычки:

$F_A = 2ma_2$; $a_2 = \frac{F_A}{2m} = \frac{BL}{2m} \cdot \frac{BL\upsilon_0}{3R} = \frac{B^2L^2\upsilon_0}{6mR}$;

$$\boxed{a_2 = \frac{B^2L^2\upsilon_0}{6mR}}$$

2) Заметим что внешних сил на перемыч системы перемычки 1 и 2 нет, тогда по ЗСИ на ось OX.

OX: $m\upsilon_0 = 2mu + mu$ в конечный момент времени скорости перемычек равны, иначе $\ell' \neq 0$ а значит перемычки бы ускорялись.

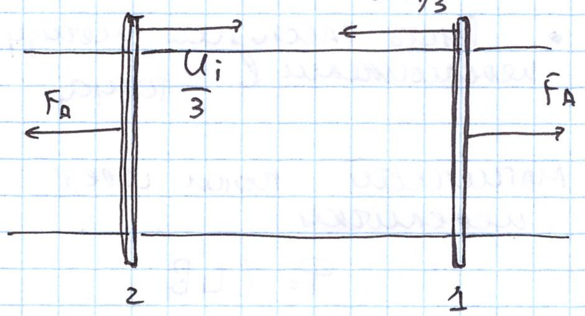
$\upsilon_0 = 3u$; $\boxed{u = \frac{\upsilon_0}{3}}$

3

3) • Перейдем в СО отсчёта центра масс системы из двух перемычек: u_i - скорость сближения перемычек!

• в любой момент движения в ней выполняется равенство $u_1 = \frac{2u_i}{3}$ и $u_2 = \frac{u_i}{3}$, где u_i - скорость сближения перемычек в i момент времени.

В СО Ц.М



- $F_A = BL \cdot \frac{BLU_i}{3R} = \frac{B^2L^2U_i}{3R}$

- по II з-ну Ньютона на 1 перемычки в i мом. времени:

$F_A = ma_i$;

$\frac{B^2L^2U_i}{3Rm} = \frac{\Delta U_1}{\Delta t} \Rightarrow \frac{B^2L^2}{3RM} \cdot U_i\Delta t = \Delta U_1$ тогда видим, что $U_i\Delta t = dS$ – то расстояние на которое сблизились перемычки в i момент времени

$$dS_i = \frac{\Delta U_1 \, 3Rm}{B^2L^2}$$ проинтегрируем

$$S = \frac{3Rm}{B^2L^2}\left(\frac{2\upsilon_0}{3} - 0\right) = \frac{\cancel{3}Rm \cdot 2\upsilon_0}{\cancel{3}B^2L^2} \quad \frac{2\upsilon_0 Rm}{B^2L^2}$$ на столько сократилось

расстояние между перемычками к продолжит. пр-му времени:

Тогда $S_{кон} = S_0 - S = \boxed{S_0 - \frac{2\upsilon_0 Rm}{B^2L^2}}$;

Ответ: 1) $\frac{B^2L^2\upsilon_0}{6mR}$ 2) $u = \upsilon_0/3$ 3) $S_0 - \frac{2Rm\upsilon_0}{B^2L^2}$;

4

ШИСТОВИК

Дано: $H = 9$ см; $d = 36$ см; $F = 9$ см; $z = 24$ см

1) X – ? 2) $D_м$ – ? 3) ?

Решение:

21202550 (U901023 M1264046)

1) • Найдем расстояние f на котором получится изображение картины

• Учитывая то, что $d > 2F$ оно будет уменьшенным, перевернутым, действит.

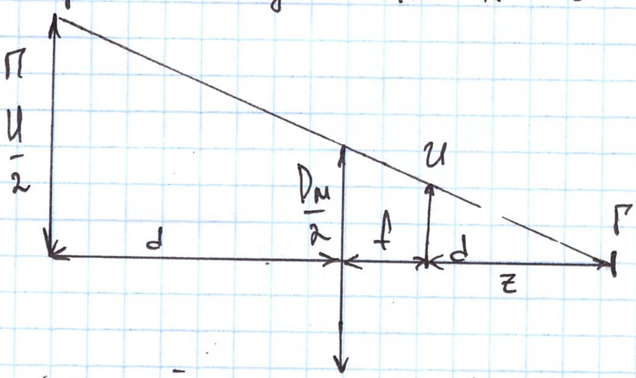
• по Ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{36 \cdot 9}{36-9} = 12 \text{ см};$$

$$\Gamma = \frac{12}{36} = \frac{1}{3}$$ – уменьшение в 3 раза

Тогда очевидно что $X = z + f = 24$ см $+ 12$ см $= 36$ см $= d$;

2)

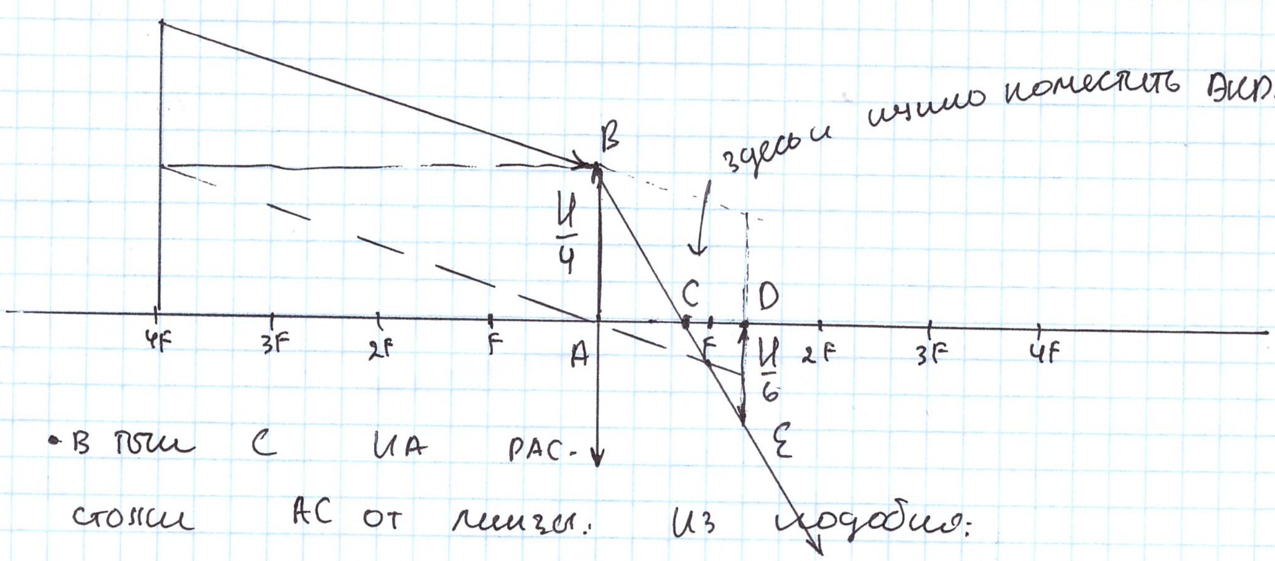


• минимальный диаметр линзы получим тогда когда $D_м$ будет достаточно большим чтобы ни один луч

идущий от картины к глазу не попал бы никуда кроме как через линзу. Из подобия треугольников с коэф $\frac{1}{2}$ получим, что $\boxed{D_м = \frac{H}{2}}$

5

3) Рассмотрим самые крайние лучи идущие от картины:



• В точк C на расстоянии AC от линзы. Из подобия:

$$AC = \frac{3}{5}f = \frac{3}{5} \cdot 12 = \frac{36}{5} = 7{,}2 \text{ см}$$ от линзы справа

Ответ: 1) 36 см, 2) $\frac{H}{2}$ 3) 7,2 справа

$\frac{2C}{2}\cdot\frac{\varepsilon^2}{9} + \frac{C\cdot 4\varepsilon^2}{18} + \cancel{\varepsilon\cdot 2C}\big($ 4ε

$\frac{2C}{2}\,\frac{\varepsilon^2}{9} + \frac{C\,4\varepsilon^2}{18} + \frac{4C\varepsilon^2}{3} = \frac{2C\varepsilon^2}{2} + W = \Big|\cdot 18$

$\cancel{W} =$

3

$\frac{4C\varepsilon^2 + 4C\varepsilon^2}{18} + \frac{4C\varepsilon^2}{3} - \frac{2C\varepsilon^2}{2} = W =$

$W = \frac{7C\varepsilon^2}{9}$

$\frac{8C\varepsilon^2}{\cancel{9}}$ $\quad \frac{8C\varepsilon^2}{18} + \frac{24C\varepsilon^2}{18} - \frac{18C\varepsilon^2}{18} = W$

7

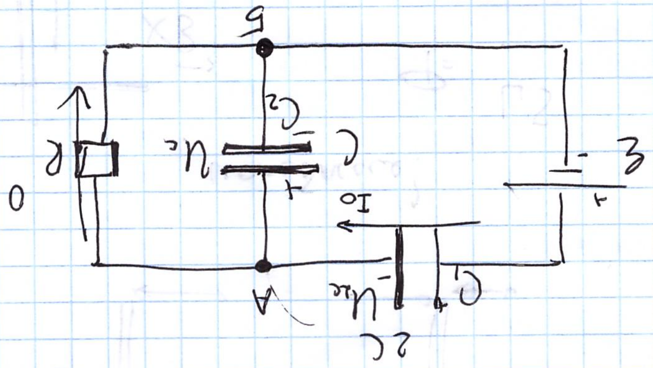
$\frac{\cancel{8C\varepsilon^2}\;32C\varepsilon^2 - 18C\varepsilon^2}{18} = W$

$\frac{1\cancel{4}C\varepsilon^2}{\cancel{18}_{9}} = W$

черновик

№3) $C_2 = C$ $\quad C_1 = 2C$

$\varepsilon = U_{10} + 2U_{10}$

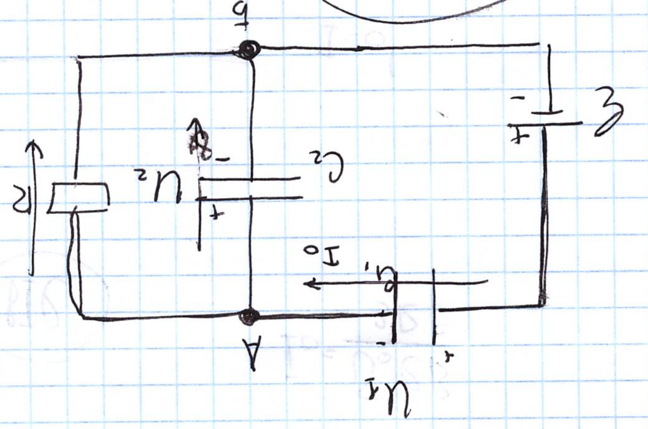


$(\varphi_A - \varphi_Б) = U_2 = I_R R = -U_1 + \varepsilon.$

$\varepsilon - U_1 = I_R R = U_2;$

$\varepsilon - U_1 = U_2$

$\varepsilon - U_1 = U_2$



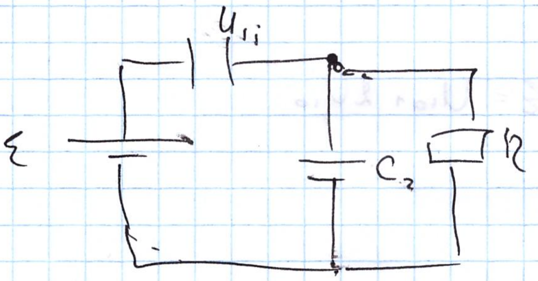
$(\varphi_A - \varphi_5) = U_2 = I_R R;$

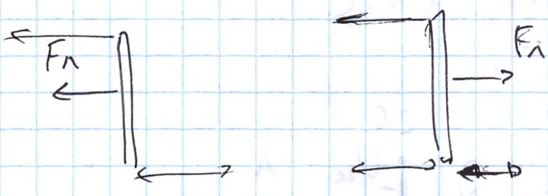
$\varphi_A - \varphi_5 = -U_1 + \varepsilon :$

$= (\varepsilon - U_1)$

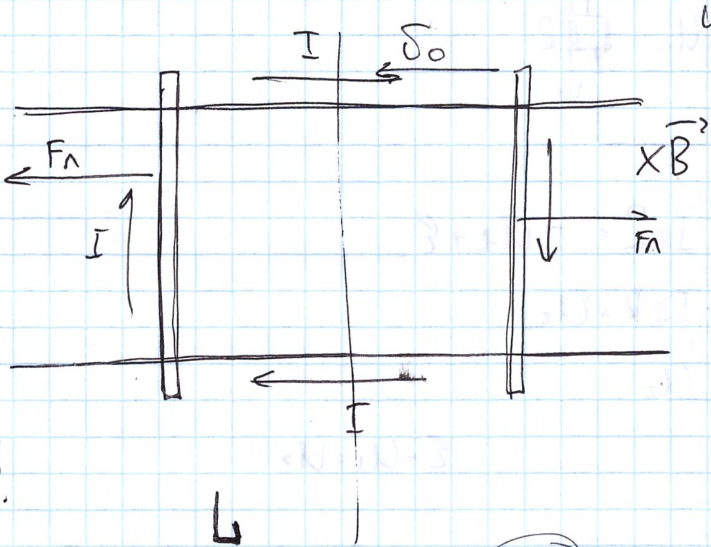
$\varepsilon - U_1 =$

21202550 (U901023 M1264046)





колебание?



$\Phi = LS$

$\Phi = L l B$

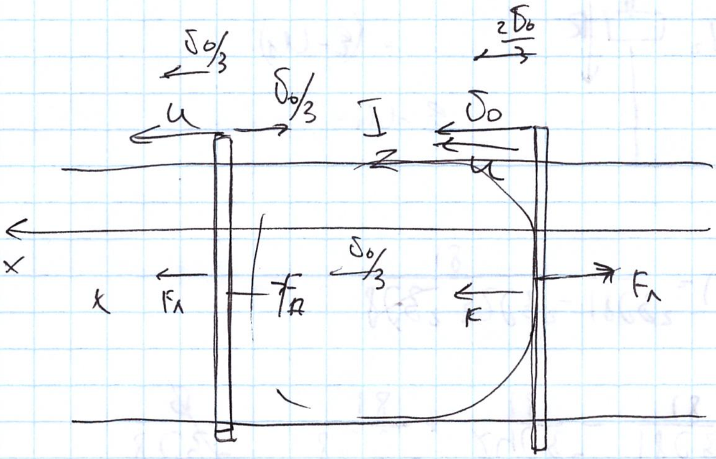
$\Phi' = v_0 l B$

$\varepsilon_i = v_0 l B$

$I_0 = \frac{v_0 l B}{3R}$

ЗСЭ!

$F_A = BIl$



$I=0!$

$2m v_{2x} + m v_{1x} = m v_0$

$3m v_{см} = m v_0$

$2 v_{2x} + v_{1x} = v_0$

$v_{см} = \frac{v_0}{3}$

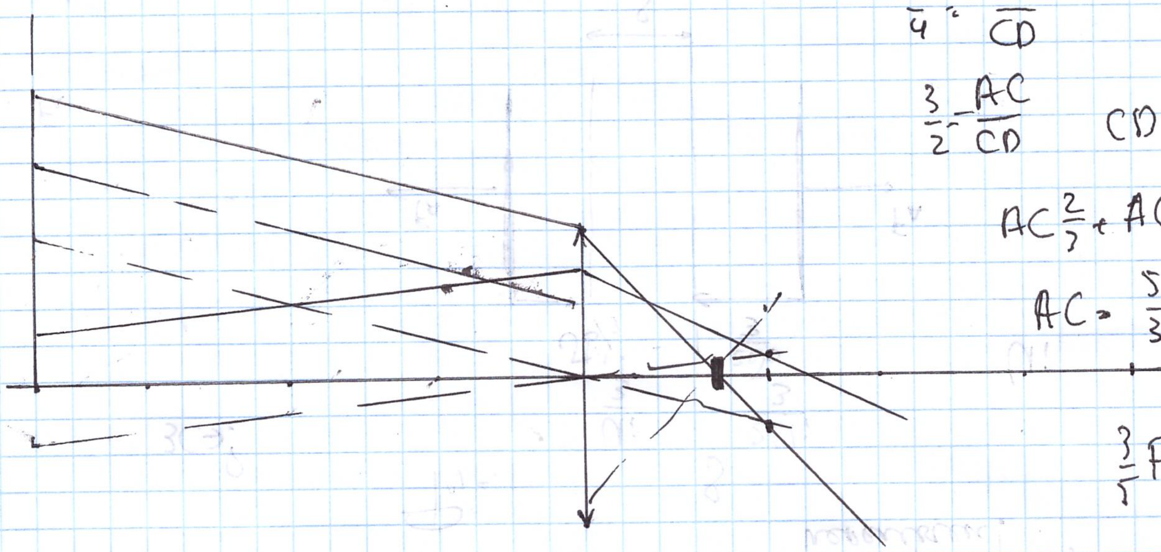
$$\frac{u}{4} : \frac{u}{6} = \frac{AC}{CD}$$

$$\frac{6}{4} = \frac{AC}{CD}$$

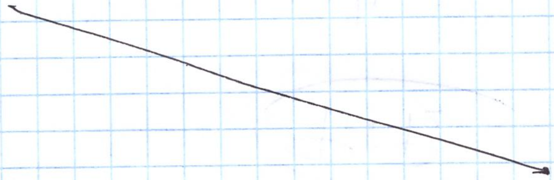
$$\frac{3}{2} = \frac{AC}{CD} \qquad CD = \frac{2}{3}AC$$

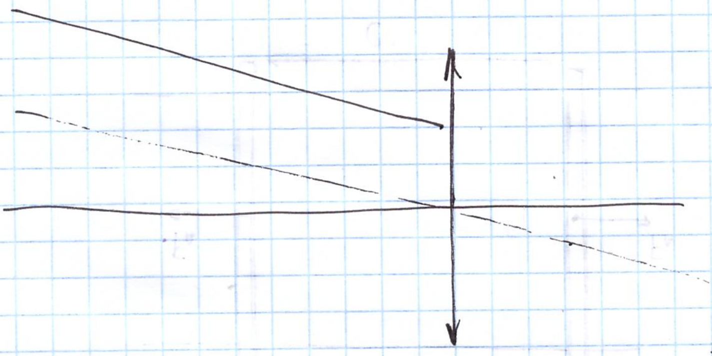
$$AC\frac{2}{3} + AC = f$$

$$AC = \frac{5}{3}f$$



$$\frac{3}{2}F = A$$





gul 1.

$ma_1 = F_A$

$ma_2 = F_A$

$a_1 = \frac{F_A}{m}$

$a_1 = \frac{B^2L^2}{3R}v_i$

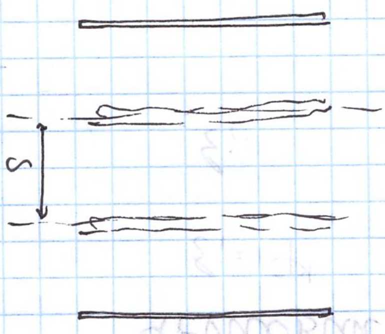
$\frac{\Delta v_1}{\Delta t} = \frac{B^2L^2}{3R}v_i$

$\frac{B^2L^2}{3R}$

$F_A = BLI$

$F_A = \frac{BL \cdot BL}{3R} \cdot v_i$

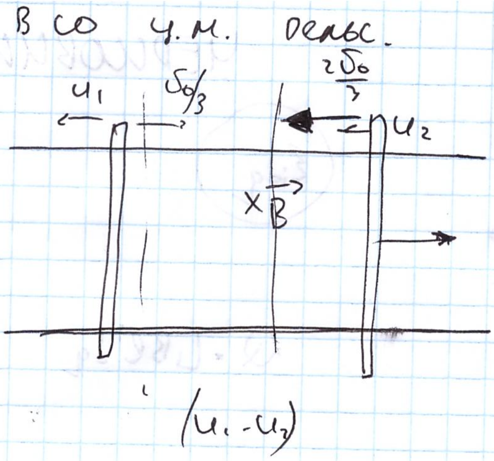
$F_A = \frac{B^2L^2}{3R}v_i$



21202550 (U901023 M1264046)

ЧЕРНОВИК

В СО ц.м. рельс.

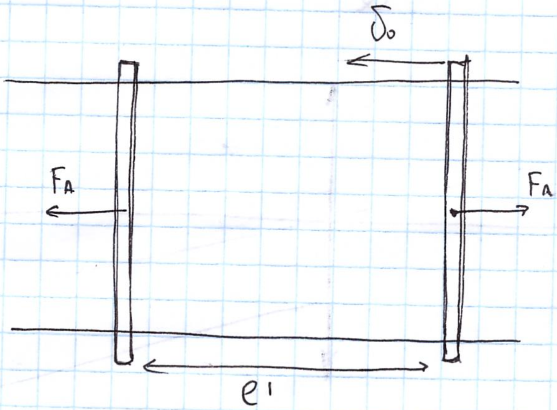


ЧЕРНОВИК

$\mathcal{E}_i = \Phi'$

$\mathcal{E}_i =$

$m\,d\delta =$



$\mathcal{E}_i = \Phi'$

$\mathcal{E}_i = \ell' L B$

$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{3R} = \frac{\mathcal{E}_i}{\ell' L B}$

$F_A = BIL =$

$F_A = \quad \mathcal{E}$

$= BL \cdot \frac{\mathcal{E}_i}{\ell' L B} = \frac{\mathcal{E}_i}{\ell'}$

$\Phi_1 = \Phi_2$

$I_i = \frac{\ell' B L}{3R}$ $\quad F_A = BL \cdot \frac{BL\ell'}{3R} = \frac{B^2 L^2 \ell'}{3R}$

L

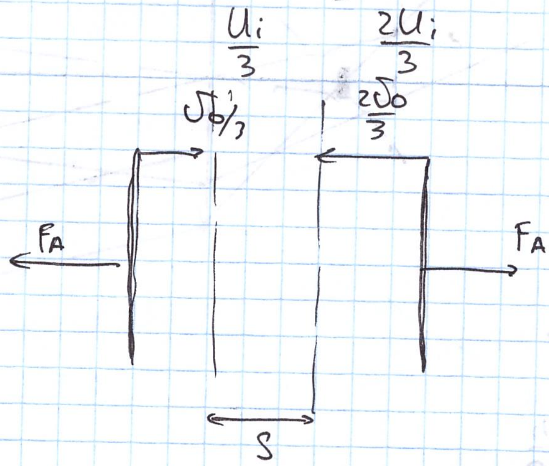
достаточно найти перемещ. одной из перемычек!

$\Phi_1 =$

S

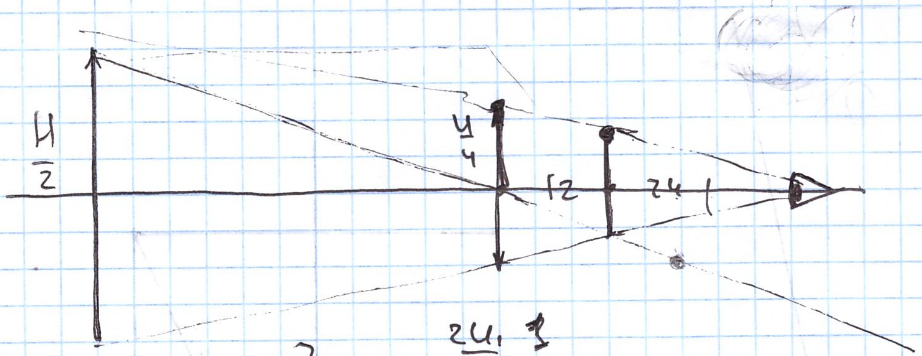
ЗСЭ?

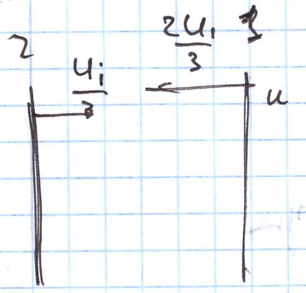
U_i



$F_A =$

B^2L^2





Qe

$$\frac{B^2L^2u_i}{3R} = 2ma_2$$

$$\frac{2mB^2L^2u_i}{3R} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t}$$

$$\frac{B^2L^2u_i\Delta t}{6Rm} = \Delta u_2$$

$$D_m = \frac{H}{2}$$

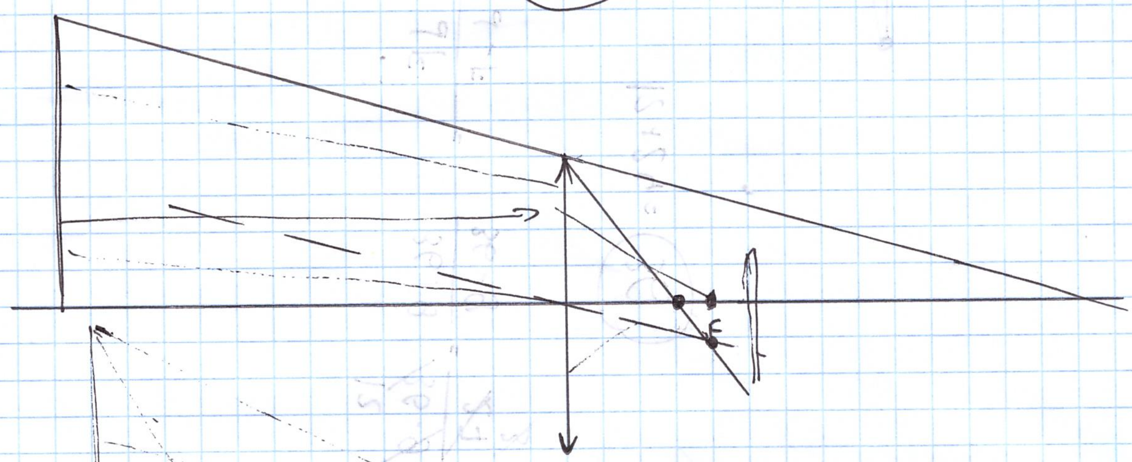
$$u_i\left(\frac{v_0}{3}-0\right) = d\int \frac{B^2L^2}{6Rm}$$

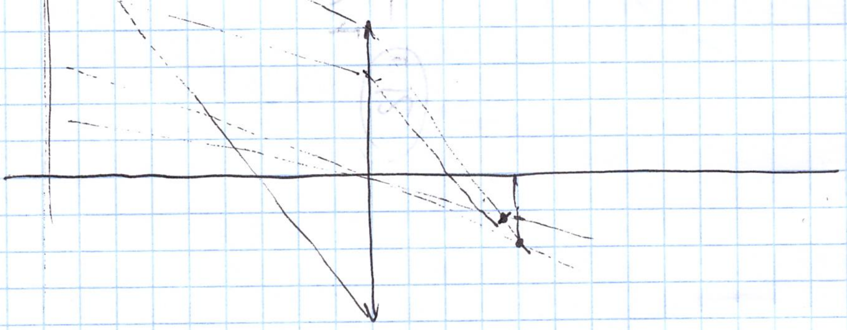
$$\frac{24}{36} = \frac{h}{H/4}$$

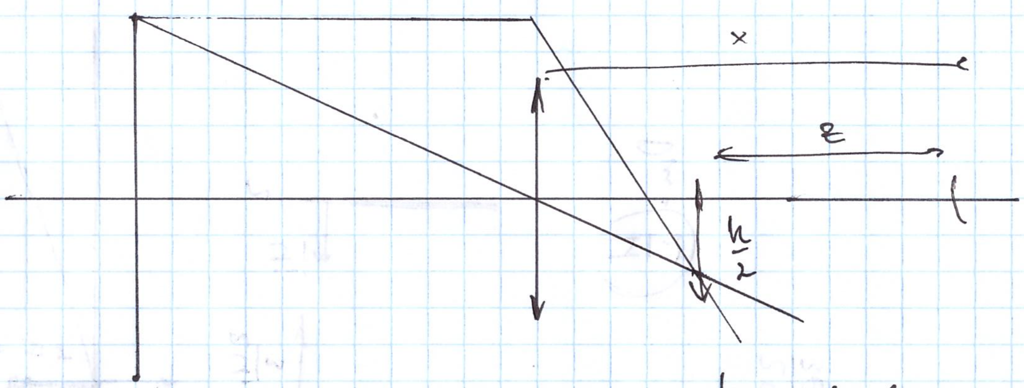
$$\frac{6RM}{B^2L^2}\cdot\frac{v_0}{\cancel{3}} = \frac{2Rmv_0}{B^2L^2}$$

$$\frac{H}{4}\cdot\frac{\cancel{24}^{6}}{36} = h$$

$$\frac{H}{6} = h \Rightarrow \frac{H}{2}\cdot\frac{1}{3}$$







$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d} \qquad f=\frac{dF}{d-F}=\frac{36\cdot 9}{36-9}=\frac{\cancel{36}^{12}\cdot\cancel{9}^{1}}{\cancel{27}_{\cancel{3}}}=12$$

$$12+24=36$$