

Часть 1

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

Шифр: **21200180**

ID профиля: **249910**

Вариант 1

$$\underline{N_1}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

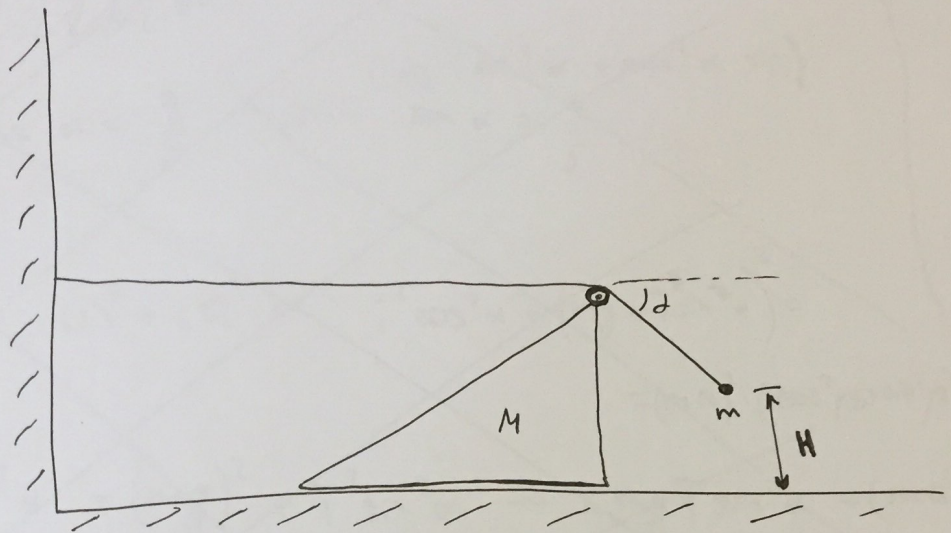
H

1) β - ?

2) $a_{\text{кн}}$ - ?

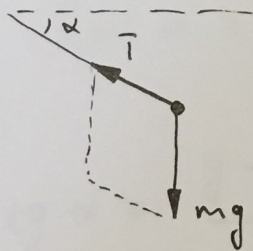
3) $\frac{m}{M}$ - ?

4) τ - ?



Рассмотрим шар в отдельности:

На него действуют
сила натяжения
веревки и сила
тяжести.

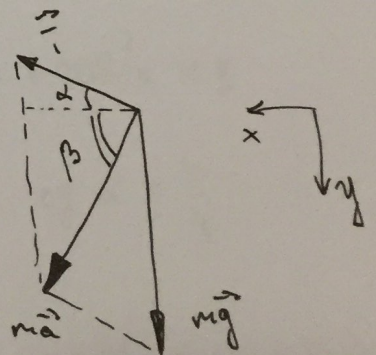


II закон Ньютона для шара:

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$Ox: T \cos \alpha = m a \cos \beta \quad (1)$$

$$Oy: mg - T \sin \alpha = m a \sin \beta \quad (2)$$



Продолжение № 1 (1)

Условие

~~1) (1)~~

Если

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

, то

$$(uz \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1)$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

~~2) (2)~~

$$(1)^2 + (2)^2$$

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

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

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

$$T^2 + (mg)^2 - 2mgT \cdot \frac{4}{5} = (ma)^2$$

$$(1): \quad T \cos \alpha = ma \cos \beta \quad (3)$$

$$(2): \quad T \sin \alpha = mg - ma \sin \beta \quad (4)$$

$$\frac{(4)}{(3)}: \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{g - a \sin \beta}{a \cos \beta}$$

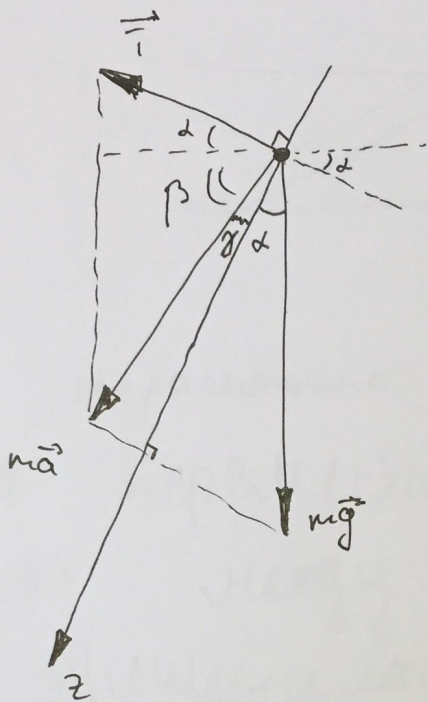
$$\text{Если } \cos \alpha = \frac{3}{5}, \text{ то } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\text{получаем, } \sin \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$

$$\frac{4}{3} a \cos \beta = g - a \sin \beta \Rightarrow 4a \cos \beta + 3a \sin \beta = 3g$$

Продолжение №1 (2)

Условие



Проведём $Oz \perp \vec{l}$

$$(m\vec{a})_z = (m\vec{g})_z, \text{ т.к.}$$

$$(\vec{l})_z = 0 \quad (\vec{l} \perp Oz)$$

$$a_z = g_z$$

$$g \cos \alpha = a \cos \gamma \quad (*)$$

~~$$(a \cos \alpha + g) = 2g \sin \alpha$$~~

$$(\alpha + \beta) + \gamma = 90^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \gamma = \sin (\alpha + \beta)$$

$$\cos \gamma = \sin \alpha + \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

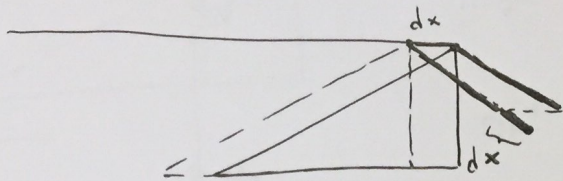
$$\cos \gamma = \frac{4}{5} \cos \beta + \frac{3}{5} \sin \beta$$

$$(*) : \quad \frac{3}{5}g = \frac{4}{5}a \cos \beta + \frac{3}{5}a \sin \beta \quad | \times 5$$

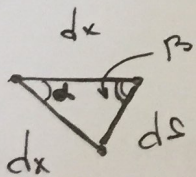
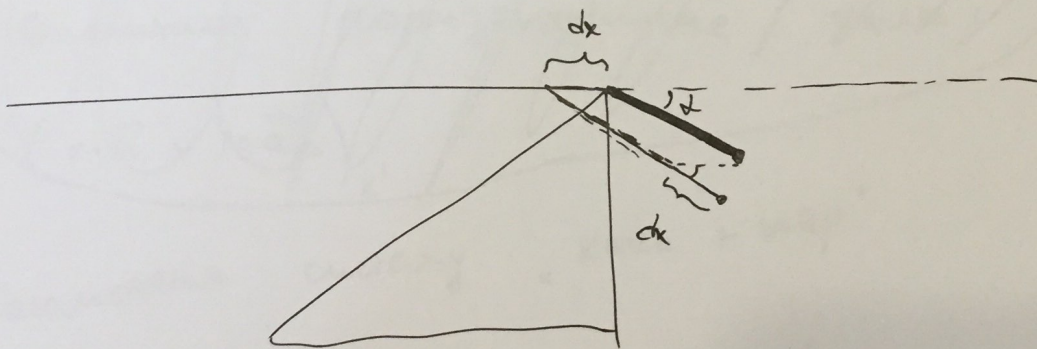
$$\underline{3g = 4a \cos \beta + 3a \sin \beta}$$

Продолжение n_1 (3)

Условие.



Нить нерастяжима \Rightarrow Если нить
при перемещении на dx влево,^{то}
нить между блоком и ниткой
удлинилась на dx .



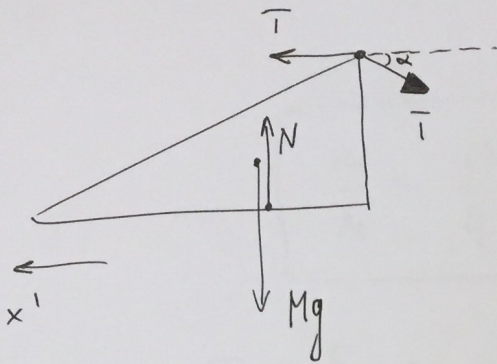
- непрерывное движение шара

$$ds = 2(dx) \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$dx = dx \cos \alpha + ds \cos \beta$$

$$\frac{2}{5} a_{ка} = a \cos \beta \quad \Leftrightarrow \quad a_{ка} = a \cos \alpha + a \cos \beta$$

У этого блок.



II закон Ньютона для камня:

$$\text{ок}' : T - T \cos \alpha = M a_{\text{ка}}$$

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

$$\frac{2T}{5} = M a_{\text{ка}} \Rightarrow T = \frac{5}{2} M a_{\text{ка}}$$

На систему «камень + шар» не действуют
внешние горизонтальные силы:
 $m\vec{a} + M\vec{a}_{\text{ка}}$ x'

Рассмотрим систему «камень + шар»:

$$\text{II закон Ньютона} : \text{ок}' : T = M a_{\text{ка}} + m a \cos \beta$$

$$\frac{5}{2} M a_{\text{ка}} = M a_{\text{ка}} + m a \cos \beta$$

$$\frac{3}{2} M a_{\text{ка}} = m a \cos \beta \quad (**)$$

Цистерна

$$U_3 (**): \quad \frac{3}{2} M a_{ка} = m \cdot \frac{2}{5} \cdot a_{ка}$$

$$\boxed{\frac{m}{M} = \frac{15}{4}}$$

$$\text{Торга } T = \frac{5}{2} \cdot M a_{ка} = \frac{5}{2} \cdot \frac{4m}{15} \cdot a_{ка}$$

$$T = \frac{2}{3} m a_{ка}$$

$$T = \frac{2}{3} m \cdot \frac{5}{2} a \cos \beta$$

$$mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{3} m a \cos \beta = m a \sin \beta$$

$$dx \sin \alpha = dS \sin \beta$$

$$\frac{4}{5} a_{ка} = a \sin \beta$$

$$T = \frac{5}{2} M a_{ка} = \frac{5}{2} M \frac{5}{4} \cdot a \sin \beta \quad (\leftarrow \text{xxx})$$

$$\frac{3}{5} T = m a \cos \beta \quad (\leftarrow \text{xxx})$$

$$\frac{5}{3} = \frac{25}{8} \frac{M \sin \beta}{m a \cos \beta} = \frac{25}{8} \cdot \frac{4}{15} \tan \beta$$

Uesro

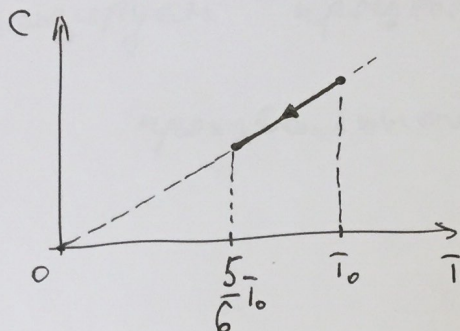
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{8}{3} \cdot \frac{15}{25} \cdot \frac{8^2}{4} = 2$$

$$\operatorname{tg} \beta = 2$$

№2

He ($i=3$) ν, T_0

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

1) Построим график $C(T)$:1) Q_1 - ?2) T_x - ?3) A_{min} - ?

По определению теплоёмкости:

$$\delta Q = \nu C(T) dT$$

Т.к. $dT < 0$, то $\delta Q < 0$ впроцессе охлаждения (δQ - полученное тепло)

Тогда организуем тепло:

$$Q_1 = - \int_{T_0}^{5/6 T_0} \delta Q = \int_{5/6 T_0}^{T_0} \delta Q = \int_{5/6 T_0}^{T_0} \nu \cdot 2R \frac{T}{T_0} dT =$$

$$= 2\nu R \cdot \frac{1}{T_0} \int_{5/6 T_0}^{T_0} T dT = \frac{2\nu R}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \left[T^2 \right]_{5/6 T_0}^{T_0} = \frac{\nu R}{T_0} \left(\frac{1}{1} - \frac{25}{36} \right) =$$

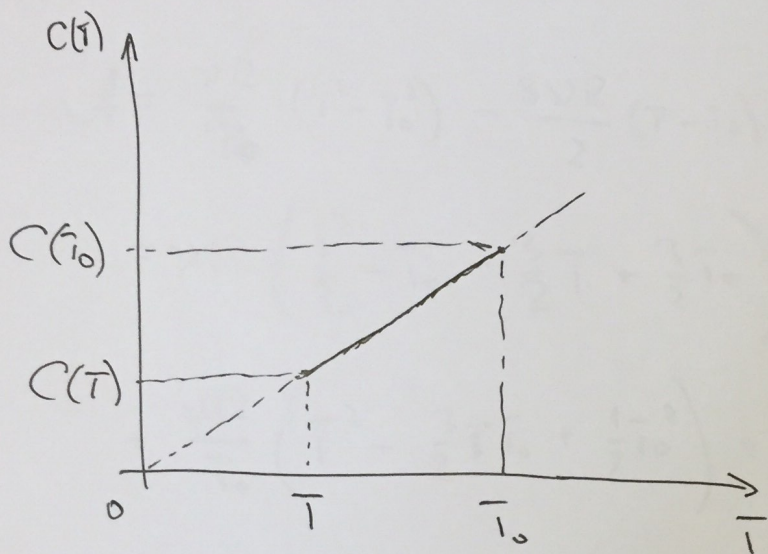
$$= \frac{\nu R}{T_0} \cdot \frac{11}{36} T_0^2 = \frac{11}{36} \nu R T_0$$

$$Q_1 = \frac{11}{36} \nu R T_0$$

Продолжение №2 (1).

Чистовик

2) проанализируем процесс ^{охлаждение} от температуры T_0 до произвольной температуры T .



Полученное тепло в этом процессе:

$$Q = \int_{T_0}^T \nu c(T) dT = -\nu \int_T^{T_0} 2R \frac{T}{T_0} dT = -\frac{2\nu R}{T_0} \int_T^{T_0} T dT =$$
$$= -\frac{2\nu R}{T_0} \cdot \frac{1}{2} (T_0^2 - T^2) = \frac{\nu R}{T_0} (T^2 - T_0^2)$$

Изменение внутренней энергии в этом процессе:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T - T_0) = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0)$$

Продолжение №2 (2).

Цесіовик

I закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A \quad \Rightarrow \quad A = Q - \Delta U$$

$$A = \frac{\nu R}{T_0} (T^2 - T_0^2) - \frac{3\nu R}{2} (T - T_0) =$$

$$= \nu R \left(\frac{T^2}{T_0} - T_0 - \frac{3}{2}T + \frac{3}{2}T_0 \right) = \nu R \left(\frac{T^2}{T_0} - \frac{3}{2}T + \frac{1}{2}T_0 \right) =$$

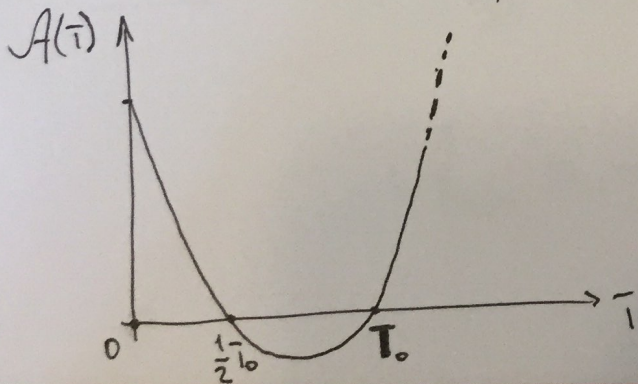
$$= \frac{\nu R}{T_0} \left(T^2 - \frac{3}{2}T T_0 + \frac{1}{2}T_0^2 \right) = \frac{\nu R}{2T_0} (2T^2 - 3T_0 T + T_0^2)$$

$$A(T) = \frac{\nu R}{2T_0} (2T^2 - 3T_0 T + T_0^2)$$

- это суммарная работа

газа, совершённая к тому моменту, когда его температура стала равной T .

Построим график $A(T)$:



$$A(T) = 0 \quad \text{при } T = \frac{1}{2}T_0 \text{ и } T = T_0$$

$$T = \left[\begin{array}{c} \frac{1}{2}T_0 \\ T_0 \end{array} \right]$$

Типовые №2 (3). Условие

Векно, это

$A = A_{\min}$, при

$$\bar{T}_x = \frac{3}{4} \bar{T}_0$$

(вершина параболы)

$$A_{\min} = A\left(\frac{3}{4} \bar{T}_0\right) = \frac{\nu R}{2 \bar{T}_0} \left(2 \cdot \frac{9}{16} \bar{T}_0^2 - 3 \bar{T}_0 \cdot \frac{3}{4} \bar{T}_0 + \bar{T}_0^2 \right) =$$

~~$A_{\min} = A\left(\frac{3}{4} \bar{T}_0\right)$~~

$$= \frac{\nu R}{2 \bar{T}_0} \left(\frac{9}{8} \bar{T}_0^2 - \frac{9}{4} \bar{T}_0^2 + \bar{T}_0^2 \right) =$$

$$= \frac{\nu R}{2 \bar{T}_0} \left(\frac{9}{8} \bar{T}_0^2 - \frac{18}{8} \bar{T}_0^2 + \frac{8}{8} \bar{T}_0^2 \right) =$$

$$= \frac{\nu R}{2 \bar{T}_0} \cdot \left(-\frac{\bar{T}_0^2}{8} \right) = -\frac{1}{16} \nu R \bar{T}_0$$

$$A_{\min} = -\frac{1}{16} \nu R \bar{T}_0$$

Ответ:

$$Q_1 = \frac{11}{36} \nu R \bar{T}_0 ; \quad \bar{T}_x = \frac{3}{4} \bar{T}_0 ;$$

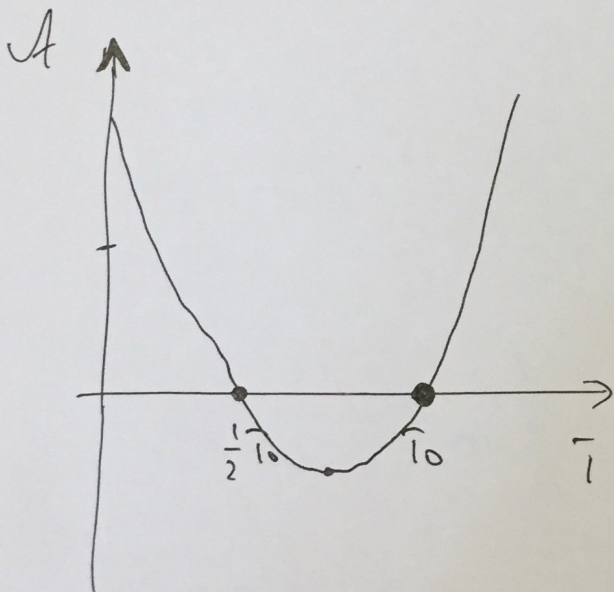
$$A_{\min} = -\frac{1}{16} \nu R \bar{T}_0$$

Упробук

$$2\bar{T}^2 - 3\bar{T}_0 \cdot \bar{T} + \bar{T}_0^2 = 0$$

$$D = 9\bar{T}_0^2 - 4\bar{T}_0^2 = \bar{T}_0^2$$

$$\bar{T}_{1,2} = \frac{3\bar{T}_0 \pm \bar{T}_0}{4} = \begin{cases} \frac{1}{2}\bar{T}_0 \\ \bar{T}_0 \end{cases} \quad A_{\min} = \frac{\nu R}{2\bar{T}_0} \left(2 \cdot \frac{3}{4} \right)$$



$$A = A_{\min}$$

$$\frac{\bar{T}_0 + \frac{1}{2}\bar{T}_0}{2} = \frac{\frac{1}{2}}{2}$$

$$\nu Q = dU + \underbrace{\nu A}_{\neq 0}$$

$$\nu A = p dV = 0$$

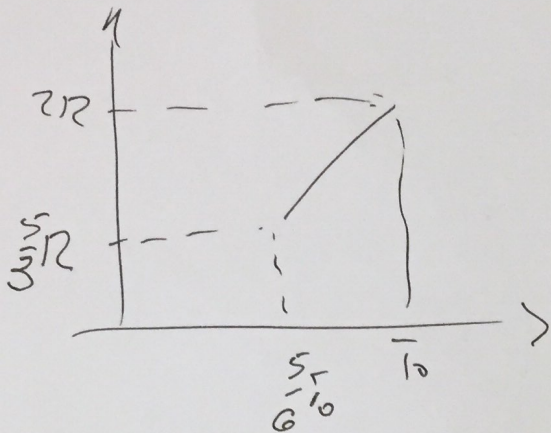
$$V = V_{\min}$$

$$\nu c_A d\bar{T} = \frac{3}{2} \nu R d\bar{T}$$

$$2\nu R \frac{\bar{T}}{\bar{T}_0} d\bar{T} = \frac{3}{2} \nu R d\bar{T}$$

$$\bar{T} = \frac{3}{4} \bar{T}_0$$

Черновик



$$C(T_0) = 2R$$

$$C\left(\frac{5}{6}T_0\right) = 2R \cdot \frac{5}{6} = \frac{5}{3}R$$

$$\int_{T_1}^{T_2} C(u) du = \frac{1}{2} \left(2R + \frac{5}{3}R \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot T_0 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{11R}{3} \cdot \frac{1}{6} T_0 = \frac{11}{36} R T_0$$

Часть 2

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

Шифр: **21200180**

ID профиля: **249910**

Вариант 1

№3.

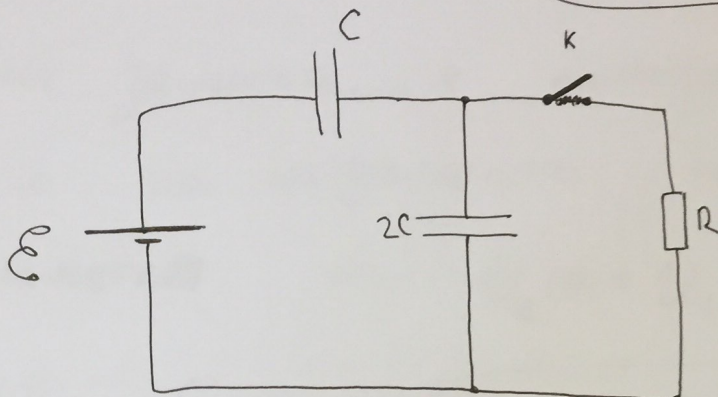
\mathcal{E}, C, R

t_0

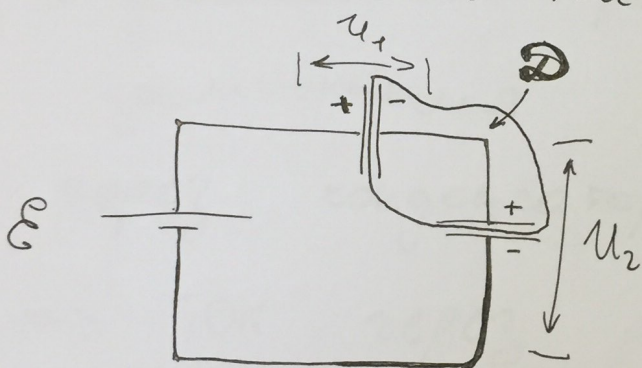
1) $\eta(t_0) - ?$

2) $Q - ?$

3) $\eta - ?$



1) Пока ключ разомкнут, режим - установившийся, через конденсаторы ток не течёт.



$$\mathcal{E} = U_1 + U_2 \quad (*)$$

Вначале конденсаторы не заряжены. \Rightarrow

Закон сохр. заряда: ~~$Q_1 = Q_2$~~
(для области D)

$$0 = -C U_1 + 2C U_2 \Rightarrow U_1 = 2U_2$$

$$(*) : \mathcal{E} = U_2 + U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{\mathcal{E}}{3} ; U_1 = \frac{2\mathcal{E}}{3}$$

~~Зарядка~~ ~~Формы~~ Суммарная энергия заряженных конденсаторов вначале:

$$W(0) = \frac{C U_1^2}{2} + \frac{2C U_2^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \frac{4\mathcal{E}^2}{9} + C \frac{\mathcal{E}^2}{9} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$$

№3 (1)

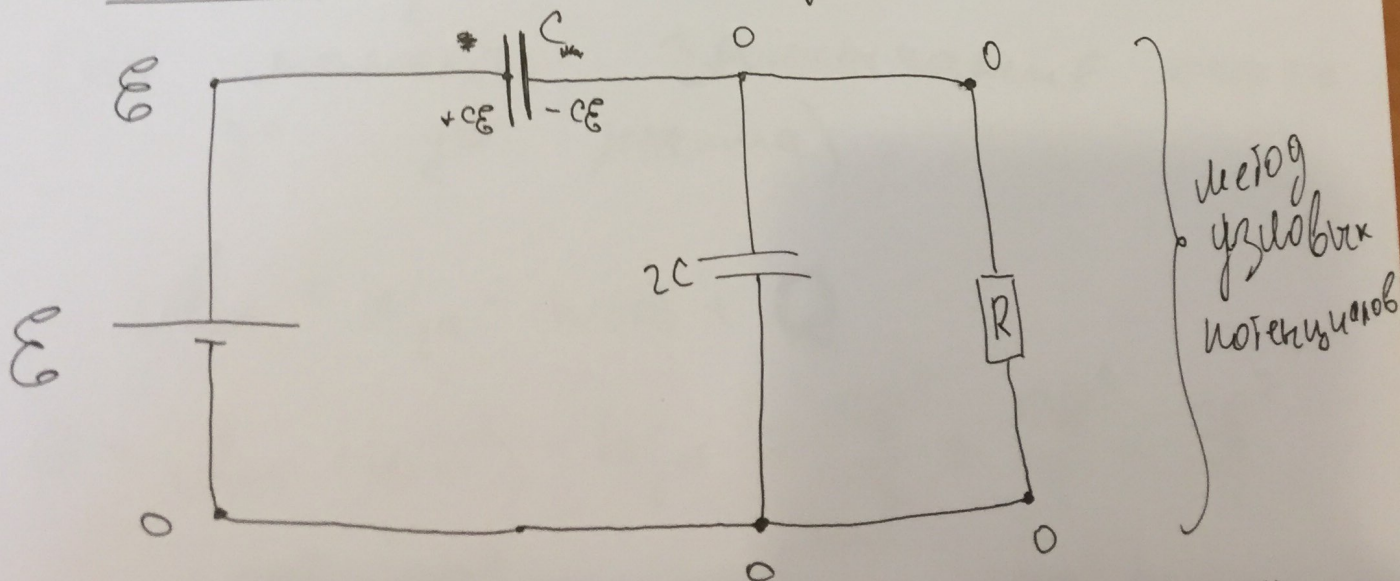
Числовик.

Сразу после замыкания ключа
напряжение на конденсаторах скачком
не ~~меняется~~ $\Rightarrow U_R(0) = U_2 = \frac{\mathcal{E}}{3}$

$$j(0) = \frac{U_R(0)}{R} = \frac{\mathcal{E}}{3R}$$

$$j(0) = \frac{\mathcal{E}}{3R}$$

2) В установившемся режиме после
замыкания ключа ток
через конденсаторы не течёт \Rightarrow
 \Rightarrow ток через резистор тоже
не течёт. $\Rightarrow U_{R_{уст}} = 0$



Значит

$$U_{C_1, \text{уст}} = \mathcal{E}$$

\Rightarrow

$$\text{Заряд на нём } q = C\mathcal{E}$$

(из с2)

~~Суммарная~~

Суммарная энергия

(источник конденсаторов)

~~в цепи~~

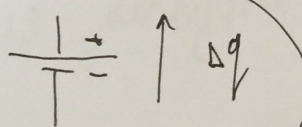
в установившемся режиме после

замыкания ключа

$$W_{уст} = \frac{CE^2}{2} + 0 = \frac{CE^2}{2}$$

Заряд, протекший через источник
за время установления:

$$\Delta q = C \left(E - \frac{2E}{3} \right) = \frac{CE}{3}$$

(в направлении: )

$$A_{ист} = E \cdot \Delta q = \frac{CE^2}{3} \quad (\text{работа источника})$$

ЗСЭ для цепи

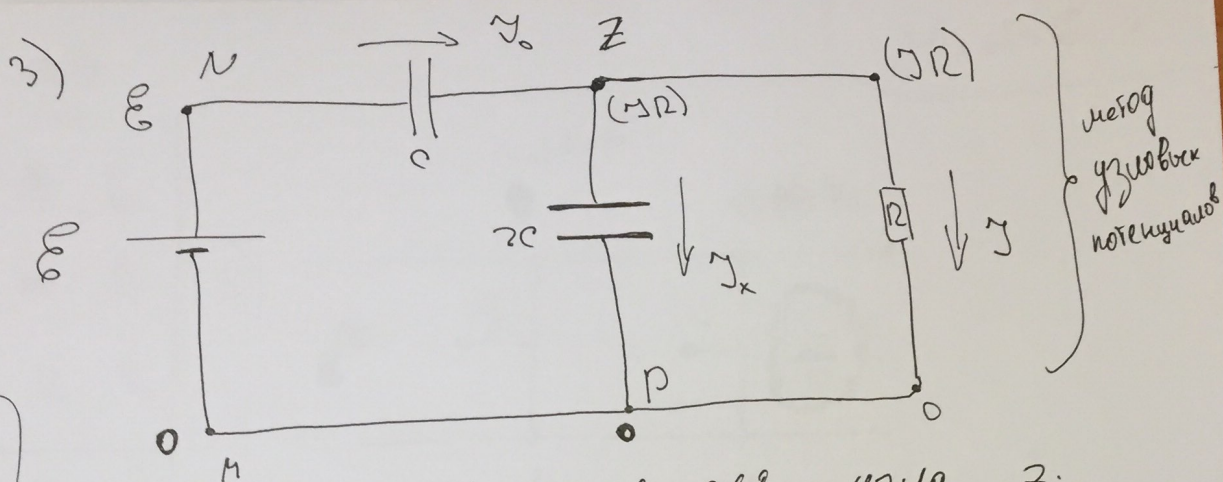
(от момента замыкания ключа
до уст. режима):

$$A_{ист} = W_{уст} - W(0) + Q$$

$$Q = A_{ист} + W(0) - W_{уст} = \frac{CE^2}{3} + \frac{CE^2}{3} - \frac{CE^2}{2}$$

$$Q = \frac{2CE^2}{3} - \frac{CE^2}{2}$$

$$Q = \frac{CE^2}{6}$$



Устойчива

I направление Кирхгофа для узла Z:

$$I_0 = I_x + I \quad (1)$$

$E = U_c + U_{2c}$ (для конфигура MNPZP)

Продифференцируем по времени:

$$\dot{E} = \dot{U}_c + \dot{U}_{2c}, \quad \dot{E} = 0, \quad \text{т.к. } E = \text{const}$$

$$\dot{U}_c = -\dot{U}_{2c}$$

$$I_0 = C \dot{U}_c; \quad I_x = 2C \dot{U}_{2c} \Rightarrow I_x = -2C \dot{U}_c$$

$$I_x = -2I_0$$

(1): $I_0 = -2I_0 + I \Rightarrow I = 3I_0$

~~$I_0 = C \frac{dU}{dt}$ $I = C \frac{dU}{dt}$~~ Ответ: $I(0) = \frac{E}{3R};$
 $Q = \frac{C E^2}{6}; \quad I = 3I_0.$

№4

B, L

m, R

V_0, S_0

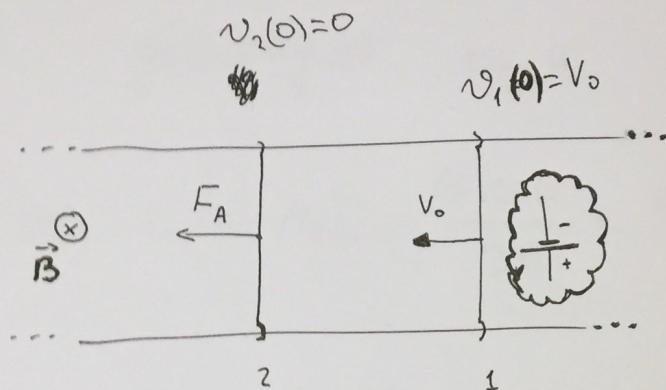
1) $a_0 - ?$

2) $v_1^* - ?$

$v_2^* - ?$

3) $S - ?$

1)



В начальный момент времени

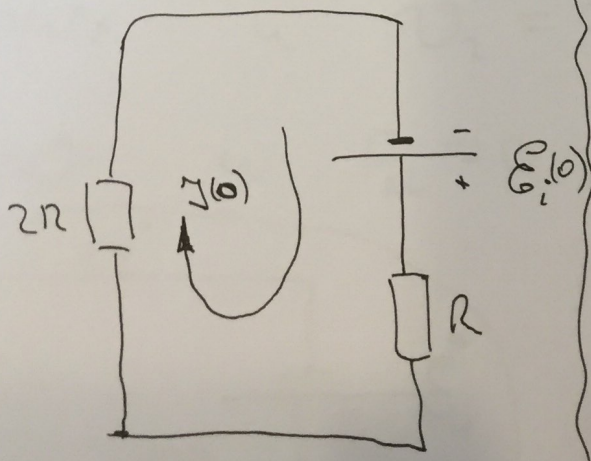
$$v_1(0) = V_0 ; v_2(0) = 0 \quad , \text{т.к.}$$

скорость — инертная величина и скачком не меняется.

на концах перемычки 1 возникает разность потенциалов (ЭДС индукции), обусловленная составляющей силы Лоренца.

~~$$\mathcal{E} = BLv$$~~

$$\mathcal{E}_i(0) = BLV_0$$



по закону

Ома :

$$I(0) = \frac{\mathcal{E}_i(0)}{3R}$$

На перемычку z в начальный момент времени действует сила Ампера:

$$F_A = B I(t) \cdot L = BL \cdot \frac{B V_0 L}{3R} = \frac{B^2 L^2 V_0}{3R}$$

II z -н Ньютона для перемычки z :

$$F_A = 2m \cdot a_0 \Rightarrow a_0 = \frac{B^2 L^2 V_0}{6mR}$$

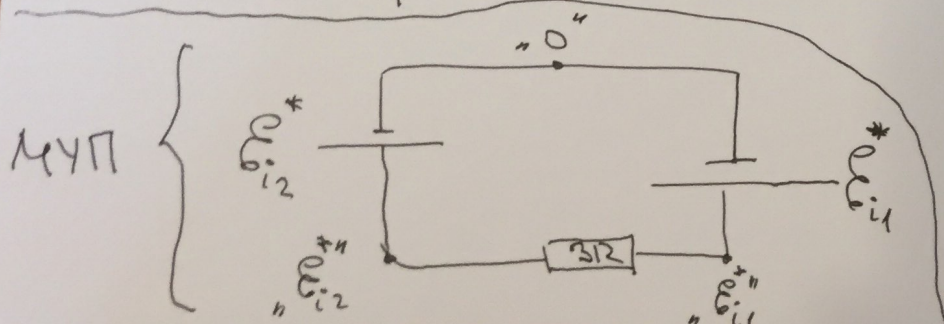
2) Через большой прямоугольник времени:

$$E_{i_1}^* = B v_1^* L \quad ; \quad E_{i_2}^* = B v_2^* L$$

Движение уставно выполняется \Rightarrow

$$\Rightarrow v_1^* = \text{const} \quad \text{и} \quad v_2^* = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{A_1} = 0 \quad \text{и} \quad F_{A_2} = 0 \Rightarrow M_{y_0} = 0$$



B уст. режиме
тока $и$ $и$ \Rightarrow

$$\Rightarrow E_{i_1}^* = E_{i_2}^* \Rightarrow$$

на (2).

Числовик

$$\Rightarrow v_1^* = v_2^*$$

(В уст. режиме через большой промежуток времени скорости параметров равны).

ЗСЧ для системы двух переменных:

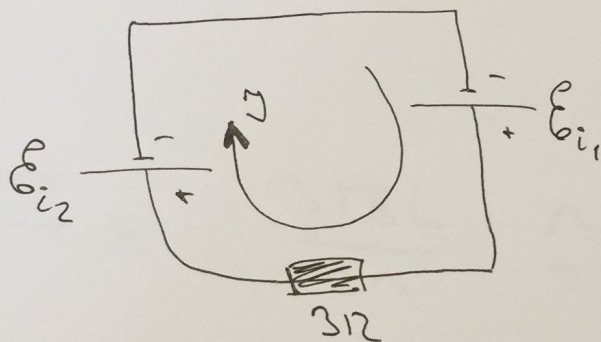
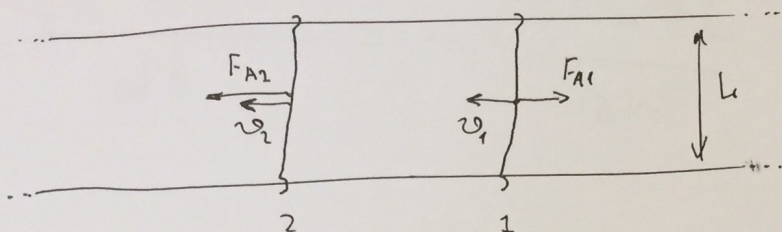
(внешних горизонтальных сил нет)

$$mV_0 = m v_1^* + 2m v_2^*$$

$$mV_0 = 3m v_1^*$$

$$v_1^* = v_2^* = \frac{V_0}{3}$$

3) Рассмотрим систему двух перемещающихся в произвольный момент времени.



$$I = \frac{\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2}}{3R} = \frac{B L (v_1 - v_2)}{3R}$$

II закон Ньютона:

$$\begin{cases} F_{A1} = -m a_1 = -m \frac{dv_1}{dt} \\ F_{A2} = 2m a_2 = 2m \frac{dv_2}{dt} \end{cases} \quad \left\| \begin{array}{l} F_{A1} = F_{A2} = B I L \end{array} \right.$$

$$\frac{dv_1}{dt} = - \frac{B I L}{m}, \quad \frac{dv_2}{dt} = \frac{B I L}{2m}$$

$$\frac{dv_1}{dt} - \frac{dv_2}{dt} = - \frac{B^2 L}{m} - \frac{B^2 L}{2m} = - \frac{3B^2 L}{2m}$$

$$\frac{d(v_1 - v_2)}{dt} = - \frac{3B^2 L}{2m}$$

$v_1 - v_2 = v_{\text{отн}}$ — скорость 1-й перемычки относительно 2-й.

$$\frac{dv_{\text{отн}}}{dt} = - \frac{3B^2 L}{2m} \cdot \frac{B L v_{\text{отн}}}{3R}$$

$$dv_{\text{отн}} = - \frac{B^2 L^2}{2Rm} \underbrace{v_{\text{отн}} dt}_{dx}$$

dx — изменение x — смещение 1-й перемычки отн. 2-й:

$$\int_{v_0}^0 dv_{\text{отн}} = - \frac{B^2 L^2}{2Rm} \int_0^x dx \Rightarrow v_0 = \frac{B^2 L^2}{2Rm} \cdot x$$

(N 4 (5))

Учебник.

$$x = \frac{2mRv_0}{B^2 L^2}$$

$$S = S_0 - x$$

$$S = S_0 - \frac{2mRv_0}{B^2 L^2}$$

Ответ:

$$a_0 = \frac{B^2 L^2 v_0}{6mR} ; \quad v_1^* = v_2^* = \frac{v_0}{3} ;$$

$$S = S_0 - \frac{2mRv_0}{B^2 L^2}$$

N5

$$F = 9 \text{ см}$$

$$H = 9 \text{ см}$$

$$d = 36 \text{ см}$$

$$S = 24 \text{ см}$$

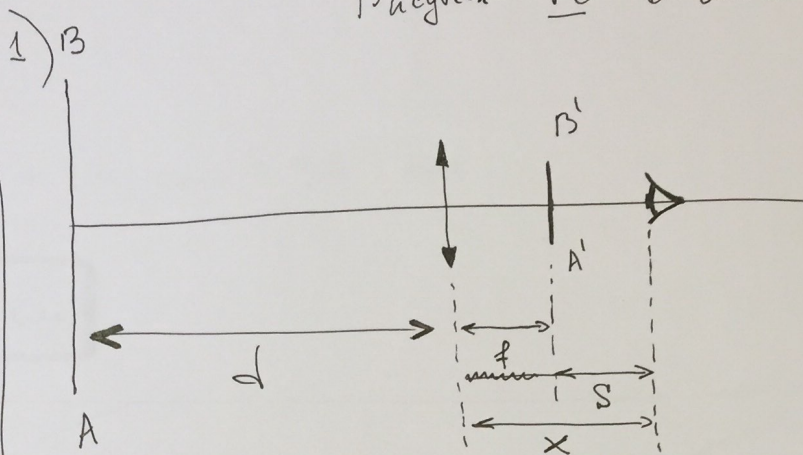
$$1) x = ?$$

$$2) D_{\text{из}} = ?$$

$$3) y = ? \text{ (изе?)}$$

Чистовик

Рисунок не в масштабе.



Найдём расстояние от изображения
картинки до линзы (f):

$d > F \Rightarrow$ изображение действительное.

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{Fd}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{9 \text{ см} \cdot 36 \text{ см}}{27 \text{ см}} = 12 \text{ см}$$

Поперечное увеличение $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{12}{36} = \frac{1}{3}$

~~$\Gamma = \frac{h}{H} \Rightarrow h = \frac{H}{3} = \frac{9 \text{ см}}{3} = 3 \text{ см}$~~
 $\Gamma = \frac{h}{H} \Rightarrow h = \frac{H}{3} = \frac{9 \text{ см}}{3} = 3 \text{ см}$
(диаметр изображения)

~~001 + 81~~

N5 (1).

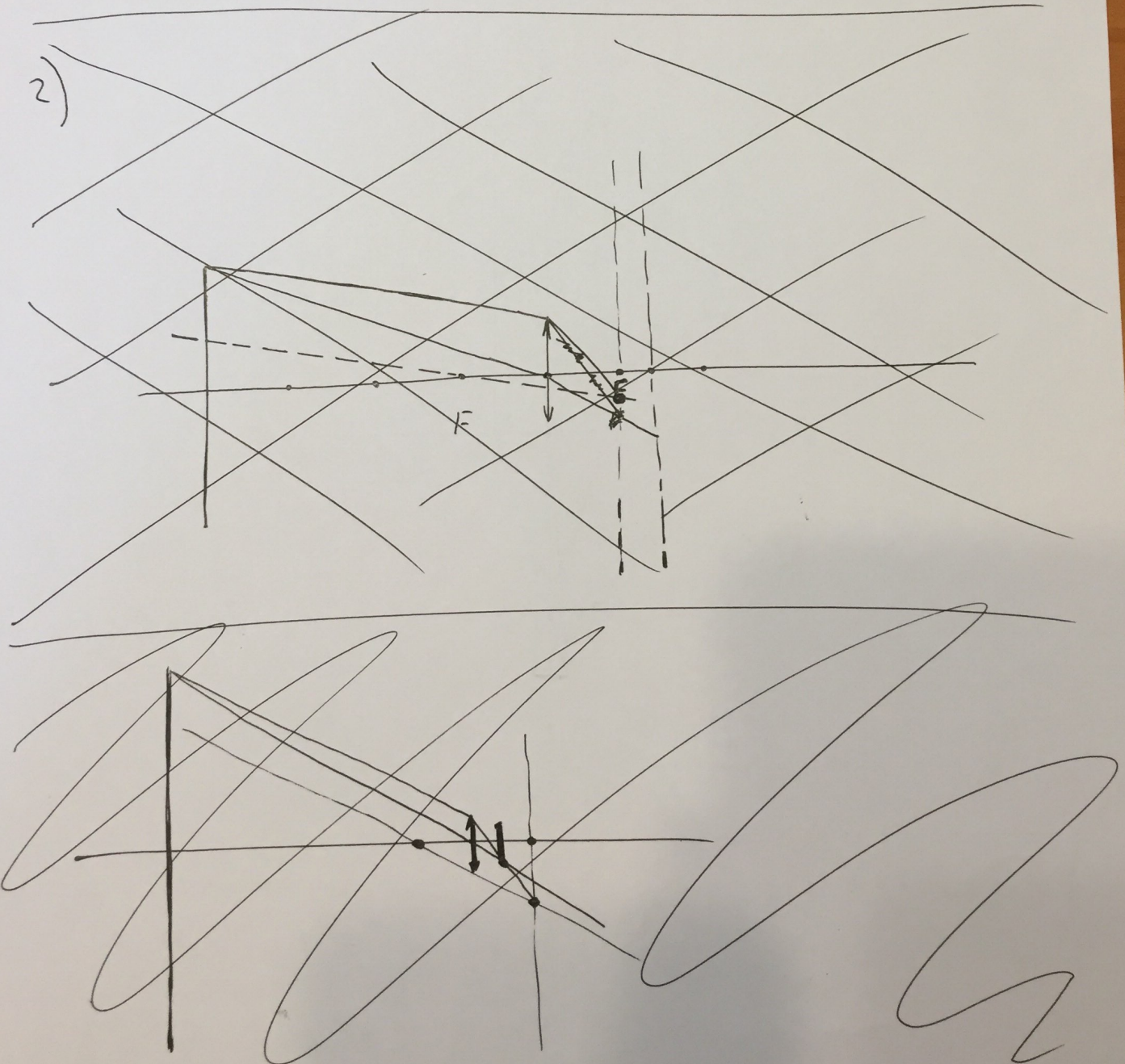
Чесовик.

$$x = f + s$$

$$x = 12 \text{ см} + 24 \text{ см} = 36 \text{ см}$$

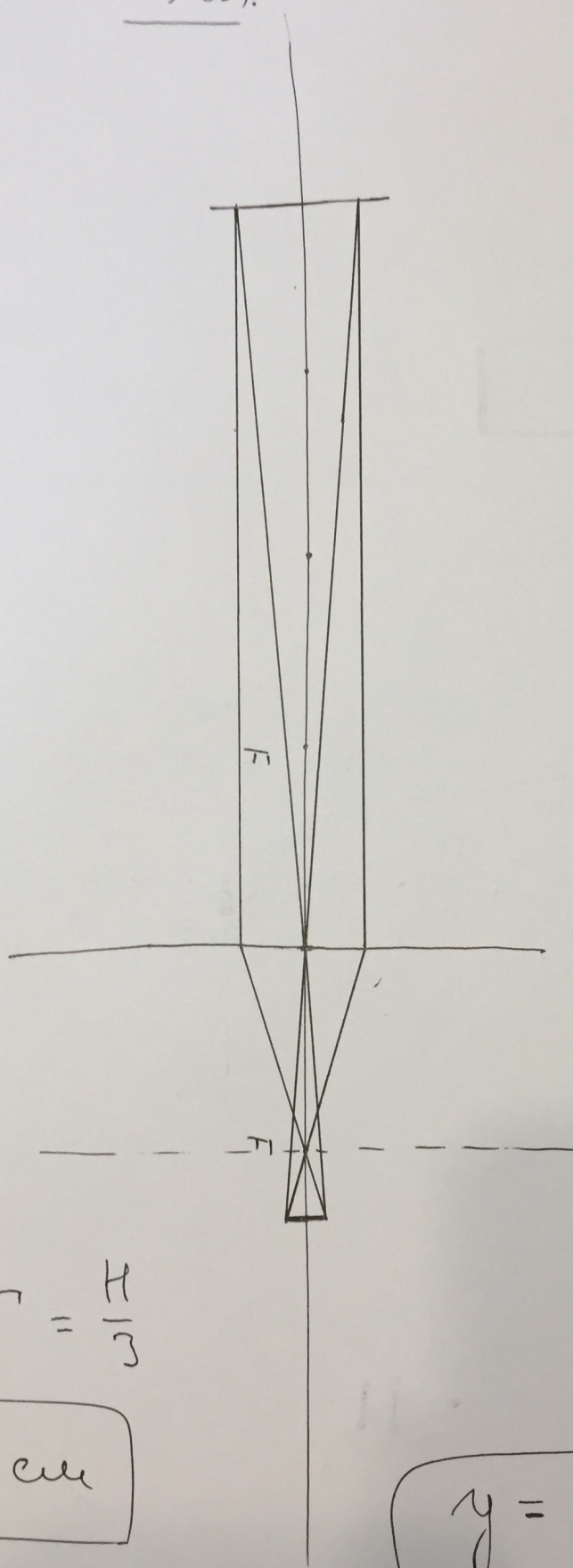
$x = 36 \text{ см}$

2)



№5(2).

Числовик.



$$D_M = H \Gamma = \frac{H}{3}$$

$$D_M = 3 \text{ см}$$

$y = 18 \text{ см}$
между линзой и
изображением.