

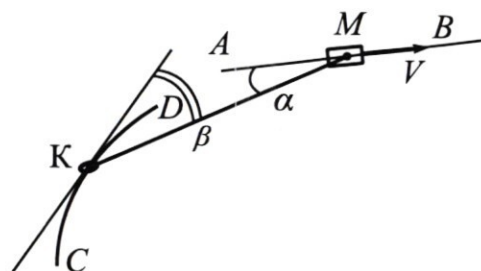
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



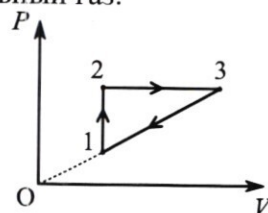
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент. ?

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1. Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2. Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3. Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

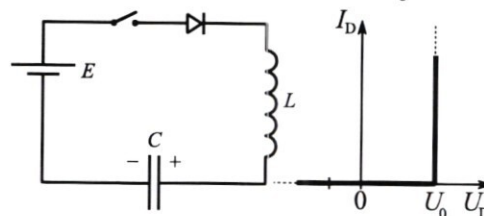
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

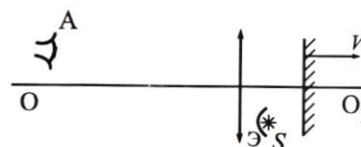


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1. На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2. Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3. Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

д/1

Дано:

$$v = 68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = 5R/3$$

$$\cos \angle = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

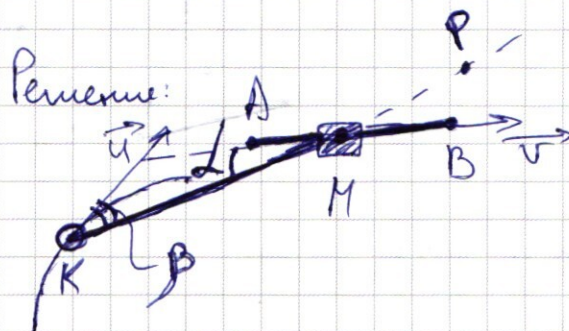
$$1) u = ?$$

$$2) u_{\text{отн}} = ?$$

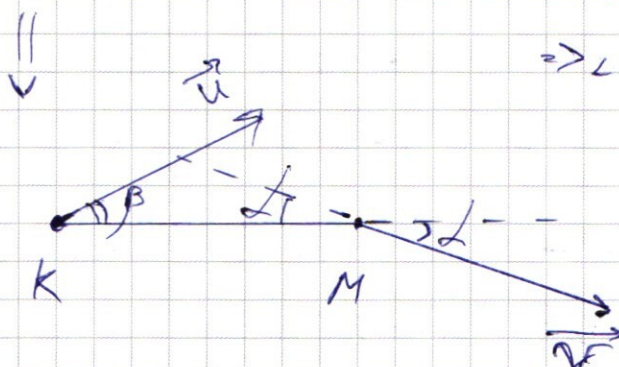
$$3) T = ?$$

Решение:

1)



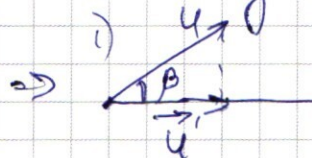
! $\angle KMA$ вертикаль
но
 $\angle KMA$ и $\angle PMB$ -
вертикальные
 $\Rightarrow \angle KMA = \angle PMB = l$



! т.к. нить нерастяжима

$\Rightarrow$ проекции скоростей центра и муфты

на нить должны быть равны



$$v' = \cos l \cdot v$$

$$u' = \cos \beta \cdot u$$

$$v' = u'$$

$$\Rightarrow \cos l \cdot v = \cos \beta \cdot u$$

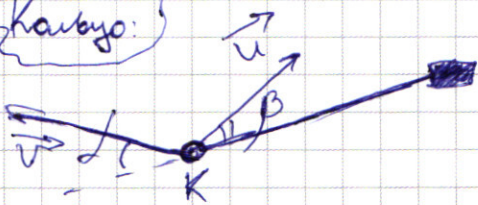
$$u = \frac{\cos l}{\cos \beta} \cdot v = \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} \cdot 68 \text{ м/с}$$

Ответ на 1й вопрос:
 $u = 75 \text{ м/с}$

2) Пусть муфта - ИСО

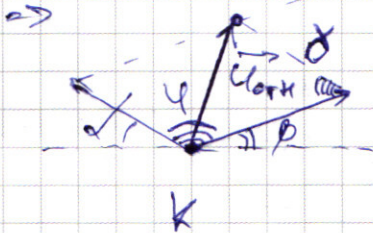
$\Rightarrow$ Земля - ИСО, где $v_3 = v$; $\vec{v}_3 = -\vec{v}$

=> Каково:



$$\angle \varphi = 180 - \alpha - \beta$$

$$\Rightarrow \angle \gamma = \alpha + \beta$$



$$u_{отн}^2 = v^2 + u^2 - \cos \gamma v u$$

$$u_{отн}^2 = v^2 + u^2 - \cos(\alpha + \beta) v u$$

$$u_{отн}^2 = v^2 + u^2 + v u (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

~~sin~~ sin alpha и sin beta:

$$\bullet \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\bullet \sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$\Rightarrow u_{отн}^2 = 68^2 + 75^2 + 68 \cdot 75 \left(\frac{15 \cdot 4}{5 \cdot 17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} \right) = 68^2 + 75^2 + 68 \cdot 75 \left(\frac{36}{5 \cdot 17} \right) = 68^2 + 75^2 - 4 \cdot 15 \cdot 36 = 8089$$

$$u_{отн} = \sqrt{8089} \text{ м/с} \approx 90 \text{ м/с}$$

Ответ на 2 вопрос:

$$u_{отн} \approx 90 \text{ м/с}$$

III) ! Каково движение по окружности $\omega(O; R)$



=> укажем есть центростремительное ускорение:

$$a_c = \frac{u^2}{R}$$

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

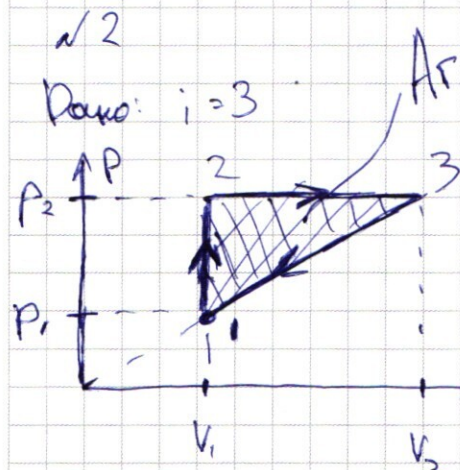
$$\Rightarrow \cos(90 - \beta) T = m a_{ц.с} = m \frac{u^2}{R}$$

$$\sin \beta T = \frac{m u^2}{R}$$

Ответ на 3 вопрос

$$T = \frac{0,1 \cdot 75^2}{3 \cdot 1,9} \approx 4,5 \cdot 15 \cdot \frac{1}{3} = 100 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Решение: Пусть $\frac{V_2}{V_1} = k$

1) $(1 \rightarrow 2)$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} \sqrt{R(P_2 - P_1)}$$

$\frac{p}{T} = \text{const.}$, где $V = \text{const.}$

$\Rightarrow p \sim T$; $Q_{12} = \Delta U_{12}$; повышается

$\Rightarrow$ на уч. $1 \rightarrow 2$ T повышается

$$\Rightarrow \left\{ C_{12} = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U_{12}}{\sqrt{T_2 - T_1}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)}}{\sqrt{T_2 - T_1}} = \frac{3}{2} R \right\}$$

I) $\frac{C_1}{C_2} = ?$

II) $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$

III) $\eta = ?$

$(2 \rightarrow 3)$

$\frac{p}{T} = \text{const.}$, где $p = \text{const.}$

$\Rightarrow V \sim T$. $\Rightarrow$ на уч. $2 \rightarrow 3$ T повышается, т.к. повышается V

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$$

$$Q_{23} = p_2(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} p_2(V_2 - V_1) = \frac{5}{2} (p_2(V_2 - V_1))$$

$$\Rightarrow \left\{ C_{23} = \frac{Q_{23}}{\sqrt{T_3 - T_2}} = \frac{\frac{5}{2} p_2(V_2 - V_1)}{\frac{p_2(V_2 - V_1)}{R}} = \frac{5}{2} R \right\}$$

$$pV = \sqrt{RT}$$

$$\Rightarrow \sqrt{T} = \frac{pV}{R}$$

$(3 \rightarrow 1)$

$\frac{p}{T} = \text{const.} \Rightarrow pV \sim T$

$$p_2 V_2 > p_1 V_1$$

$\Rightarrow T$ уменьшается на уч. $(3 \rightarrow 1)$

$$\Rightarrow Q_{31} < 0$$

$$\Rightarrow C_1 = C_{12}$$

$$C_2 = C_{23}$$

$$\Rightarrow \text{Ответ на 1 вопрос:}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \left(\frac{5}{3}\right)^{-1} = \frac{3}{5}$$

$$\text{II)} Q_{23} = \frac{5}{2}(V_2 - V_1)p_2$$

$$A_{r23} = p_2(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \text{Ответ на 2 вопрос:}$$

$$\frac{\frac{5}{2}p_2 \Delta V}{p_2 \Delta V} = \frac{5}{2} = \frac{Q_{23}}{A_{r23}}$$

$$\text{III)} \eta = \frac{A_r}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2\left(\frac{3}{2}(p_2 - p_1)V_1 + \frac{5}{2}p_2(V_2 - V_1)\right)} =$$

$$= \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{3(p_2 - p_1)V_1 + 5p_2(V_2 - V_1)} \quad \text{где } \eta - \text{max.}$$

$$\begin{cases} U_3(3 \rightarrow 1) \\ p \sim V \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = k \end{cases}$$

$$= \frac{(k-1)V_1(k-1)p_1}{3(k-1)p_1V_1 + 5k p_1(k-1)V_1} = \frac{(k-1)^2}{3k - 3 + 5(k^2 - k)} = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k-1}{3+5k} \right) =$$

~~8+5=13~~

д/3 Дано:

S

d

$l = 0,25d$

T

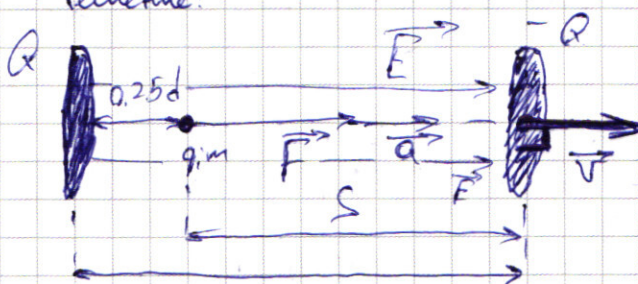
$$\frac{q}{m} = 8$$

$$1) v_1 = ?$$

$$2) Q = ?$$

$$3) v_2 = ?$$

Решение:



$$\textcircled{S:} \quad d - l = \frac{aT^2}{2} = \frac{3}{4}d$$

$$\frac{qE}{m} T^2 = \frac{3}{2}d$$

$$\left\{ E = \frac{3dm}{2qT^2} \right\}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\Rightarrow F = ma = qE \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

$\textcircled{v:}$

$$v_1 = at = \frac{q \cdot 3dm}{m^2 q T^2} \cdot T =$$

$$= \frac{3dmq}{2qTm} = \frac{3d}{2T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_1 = \frac{3d}{2T}$$

Ответ на 1й вопрос:

$$v_1 = \frac{3d}{2T}$$

II) ~~Q = UC = EdC = \epsilon_0 \epsilon S E d~~

$$E = \frac{Q}{2\epsilon\epsilon_0 S d^2} = \frac{3dm}{2q T^2}$$

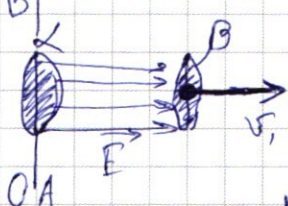
$$\Rightarrow Q = \frac{3dm \epsilon\epsilon_0 S d^2}{2q T^2} = \frac{3d \epsilon\epsilon_0 S d^2}{8 T^2}, \text{ где } E=1.$$

$$\Rightarrow Q = \frac{3d \epsilon_0 S d^2}{8 T^2}$$

Ответ на 2й вопрос:

$$Q = \frac{3d \epsilon_0 S d^2}{8 T^2}$$

III) $Q = UC = (\varphi_A + \varphi_B)C$



! Пусть AB - нулевая уровень для потенциалов

$$\Rightarrow Q = \varphi_B C \Rightarrow \varphi_B = \frac{Q}{C} = Ed.$$

$\Rightarrow$ По закону сохранения энергии:

$$W_n = W_k$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + q \frac{Q}{C} \quad / : \frac{m}{2}$$

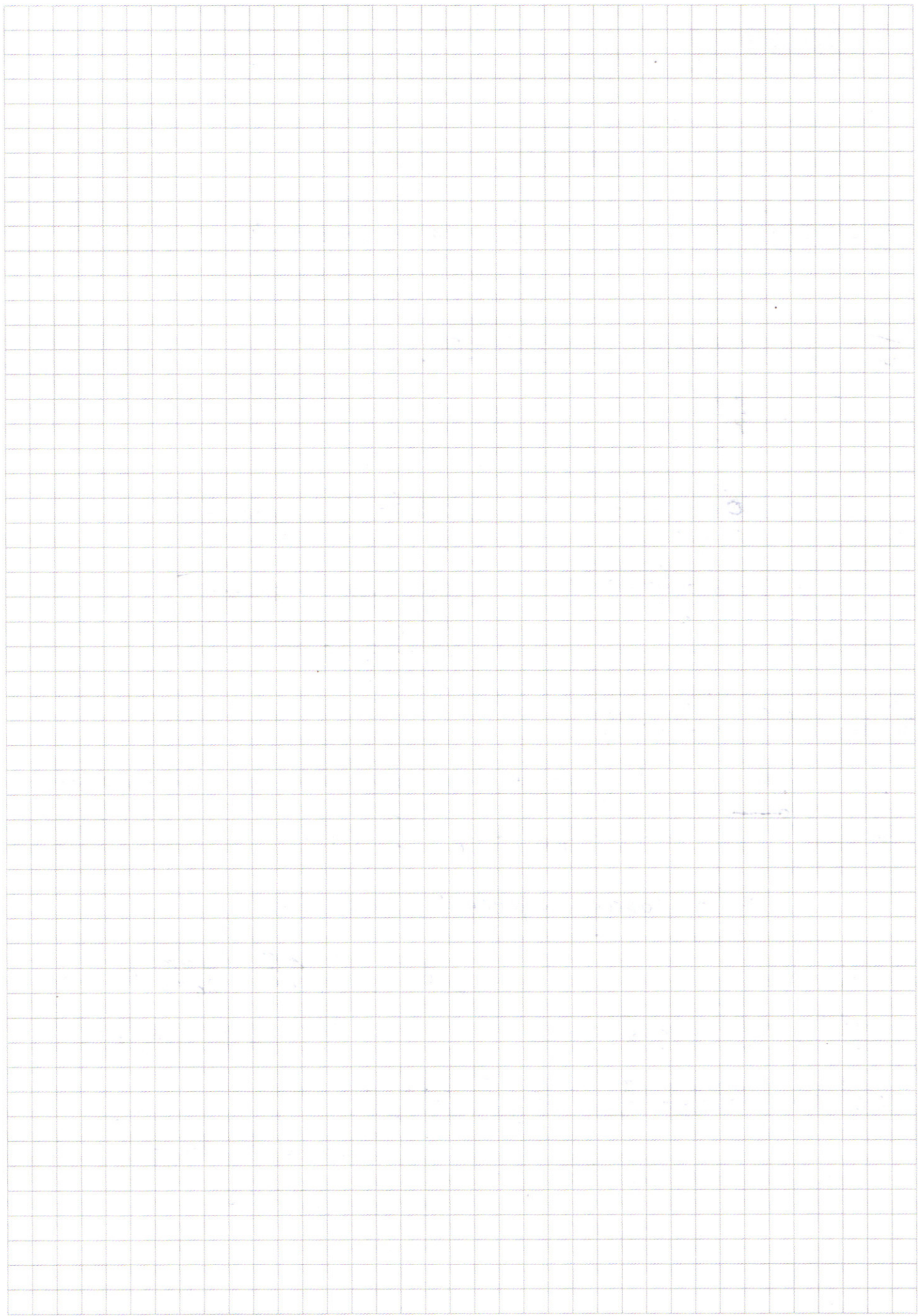
$$v_2^2 = v_1^2 + \frac{qQ}{m} \cdot \frac{3dm}{2q T^2} \cdot d = \frac{9d^2}{4T^2} + 3 \frac{d^2}{T^2} = \frac{21}{4} \frac{d^2}{T^2}$$

~~Q = UC = (\varphi_A + \varphi_B)C~~

$$\Rightarrow v_2 = \frac{\sqrt{21}}{2} \frac{d}{T}$$

Ответ на 3й вопрос:

$$v_2 = \frac{\sqrt{21}}{2} \frac{d}{T}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.

Дано:

F

$$h = \frac{3}{4} F$$

$$e = \frac{F}{2}$$

v

$$L_0 = F$$

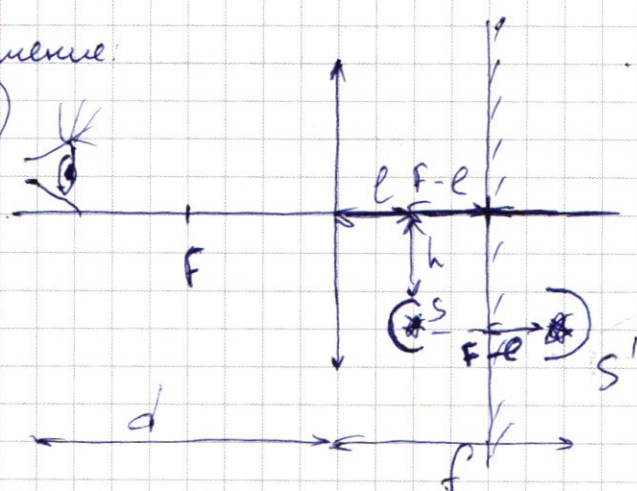
I) $d = ?$

II) L

III) $v' = ?$

Решение:

I)



S' - изображение в
зеркале

S - предмет

! в.к. Наблюдатель А будет изображение в зеркале

$$f = F + (F - e) = \frac{3}{2} F$$

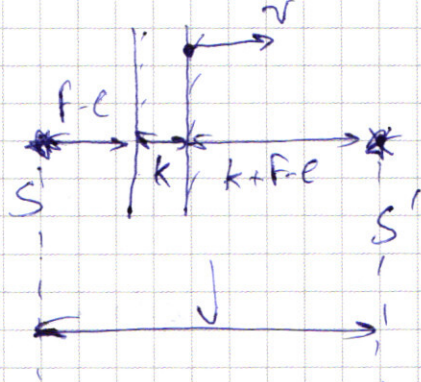
$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{Ff}{f-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

Ответ на 1 вопрос:

$$d = 3F$$

Рассматриваем только
изображение в зеркале; зеркало
и; изображение по другую сторону
зеркала

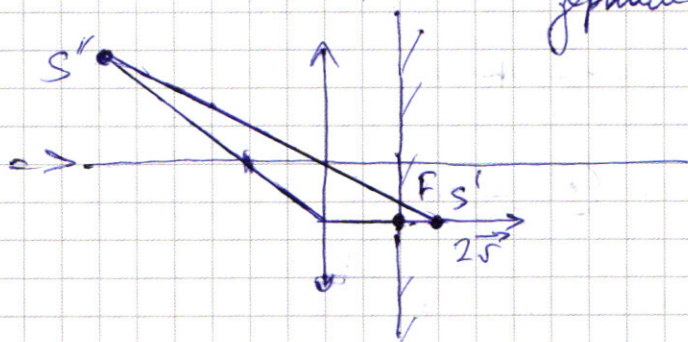
II) Рассмотрим движение изображения в зеркале:



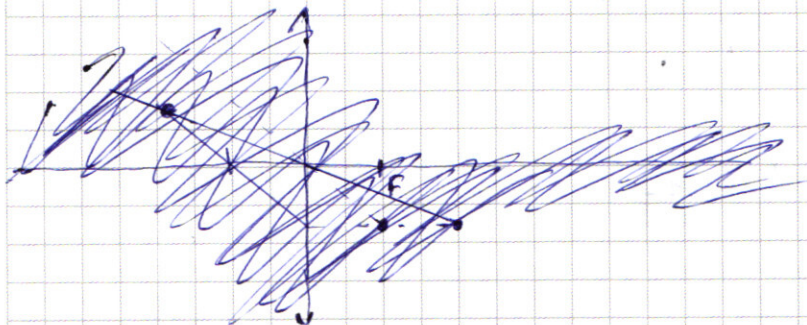
$$k = vt$$

$\Rightarrow$ $\downarrow$ (расстояние между предметом и изображением) $= 2k + F = 2vt + F$

$\Rightarrow$ скорость отдаления изображения в зеркале $= 2v$.



! Рассмотрим положение S' и S'' через время $\Delta t \rightarrow 0$

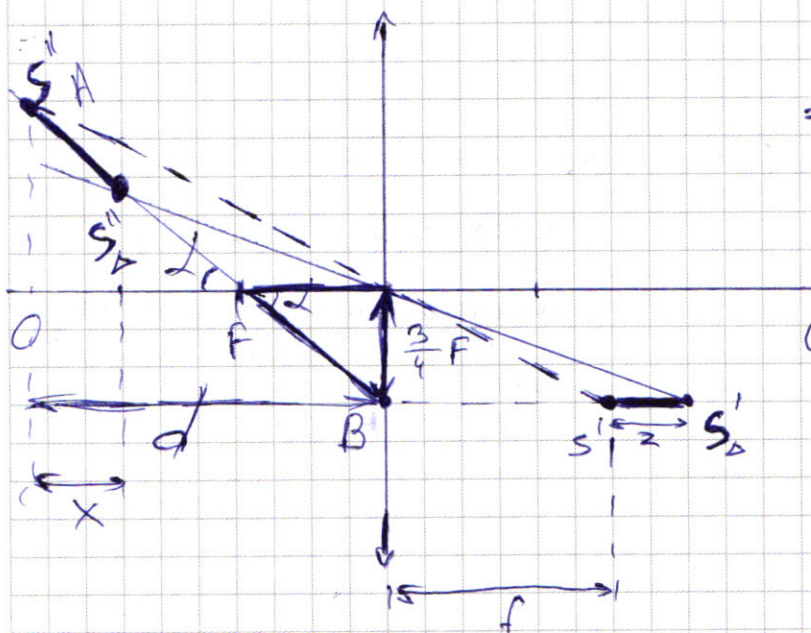


$$z = 2v\Delta t; x = u'\Delta t$$

$\Rightarrow$ изображение отразившись предмета в зеркале движется по отрезку AB

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{h}{F} = \frac{3}{4}$$

Ответ на вопрос № 2
 $\tan \alpha = \frac{3}{4}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ нФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

I) $I_0 = ?$

II) $I_{\text{max}} = ?$

III) $U_2 = ?$

Решение:

№5

III) u' - проекция скорости изображения изображения в зеркале на OO_1

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

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{3F-x} + \frac{1}{\frac{3}{2}F+z} \Rightarrow F = \frac{(3F-x)(\frac{3}{2}F+z)}{\frac{9}{2}F+z-x}$$

$$\frac{9}{2}F^2 + Fz - Fx = \frac{9}{2}F^2 - \frac{3}{2}Fx + \frac{3}{2}Fz - xz$$

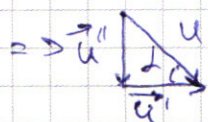
$$Fz - Fx = 3Fz - \frac{3}{2}Fx - xz$$

$$Fz \cdot \Delta t - Fx \cdot \Delta t = 3Fz \cdot \Delta t - \frac{3}{2}Fx \cdot \Delta t - 2v \cdot \Delta t \cdot u' \Delta t / : (F \cdot \Delta t)$$

$$u' - 2v = 3u' - \frac{3}{2}2v - 2vu' \Delta t$$

$$\text{т.к. } \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow -2vu' \Delta t \rightarrow 0$$

$$\Rightarrow 2u' = v. \Rightarrow u' = \frac{v}{2}$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow u'' = u' \cdot \frac{3}{4} = \frac{3v}{8}$$

$$\Rightarrow u = \sqrt{\frac{9}{64}v^2 + \frac{v^2}{4}} = \sqrt{\frac{25}{64}v^2} = \frac{5}{8}v$$

Ответ на вопрос №3

$$u = \frac{5}{8}v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos(30 + 60) = \cos 30 \cos 60 - \sin 30 \sin 60$$

$$\cos 0 + \cancel{30} \cdot \cos 0 \sin 30 - \sin 0 \cdot \sin 30$$

$$F = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9}{45^2}$$

$$F_{2\ell} \oplus F_{2\ell+2} = 0$$

$$\begin{array}{r} 5409 \\ \times 22 \\ \hline 10818 \\ 10818 \\ \hline 119000 \end{array}$$

~~2023~~ 0

$$\begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ + 119 \\ \hline 17 \\ \hline 229 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 225 \\ 64 \end{array}$$

$$25 - 16 = 9$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 15 \\ 3 \end{array} \begin{array}{r} 15 \\ 5 \\ 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \overline{) 1234} \\ \underline{34} \\ 17 \end{array}$$

$$\underline{LJ'} = y_2 - y_1$$

$$68/17 = 4$$

$$15(15.75 - 4.36)$$

$$\begin{array}{r} 255 \\ 3 \times 755 \\ \hline 2250 \end{array}$$

$$E = 4$$

$$\zeta_c = \frac{\Delta p}{\Delta t} = p' = L I' = \zeta$$

$$I = \frac{3}{7}$$

$$I = \frac{Q}{ZL}$$

$$\begin{array}{r} 4 \cdot 10^5 \\ \hline 2 \overline{) 800000} \end{array}$$

q = Fd
q = ~~Fd~~ 2365

[illegible]

~~gechus~~

b)

6

q = 6930

q = 7930

q = 8930

q = 9930

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 68 \\ \hline 408 \\ 4624 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$15(5 \cdot 75 - 4 \cdot 36) = 2 \cdot 15 \cdot 4 = 120$$

$$\sqrt{8089} = 89$$

$$\frac{v^2}{2a} = 5$$

$$v^2 = \frac{3}{4} d \cdot 2a = \frac{3}{4} d \cdot 2 \cdot \frac{9}{16} = \frac{27}{32} d$$

$$v = \sqrt{\frac{27}{32} d}$$

$$\frac{75^2}{19 \cdot 5} = \frac{75 \cdot 15 \cdot 3}{19}$$

$$F = \frac{k q q}{\epsilon r^2}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k q}{\epsilon r^2}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{v^2}{\frac{3}{4} d} = \frac{4}{3} \frac{v^2}{d}$$

$$\frac{3(p_2 - p_1)v_1}{5p_2(v_1 - v_2)} + \frac{p_2 - p_1(v_2 - v_1)}{p_2 - p_1(v_2 - v_1)}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 68 \\ \hline 408 \\ 4624 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$15(5 \cdot 75 - 4 \cdot 36) = 2 \cdot 15 \cdot 4 = 120$$

$$\sqrt{8089} = 89$$

$$\frac{v^2}{2a} = 5$$

$$v^2 = \frac{3}{4} d \cdot 2a = \frac{3}{4} d \cdot 2 \cdot \frac{9}{16} = \frac{27}{32} d$$

$$v = \sqrt{\frac{27}{32} d}$$

$$\frac{75^2}{19 \cdot 5} = \frac{75 \cdot 15 \cdot 3}{19}$$

$$F = \frac{k q q}{\epsilon r^2}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k q}{\epsilon r^2}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{v^2}{\frac{3}{4} d} = \frac{4}{3} \frac{v^2}{d}$$

$$\frac{3(p_2 - p_1)v_1}{5p_2(v_1 - v_2)} + \frac{p_2 - p_1(v_2 - v_1)}{p_2 - p_1(v_2 - v_1)}$$