

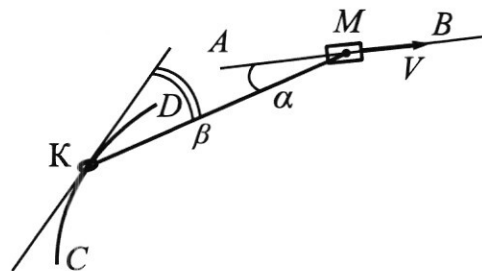
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



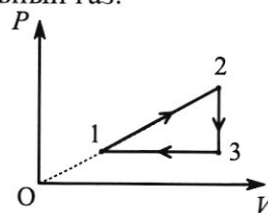
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



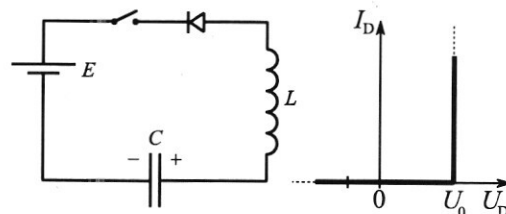
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы 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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ 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.

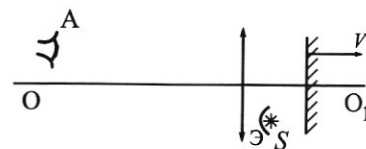


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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.



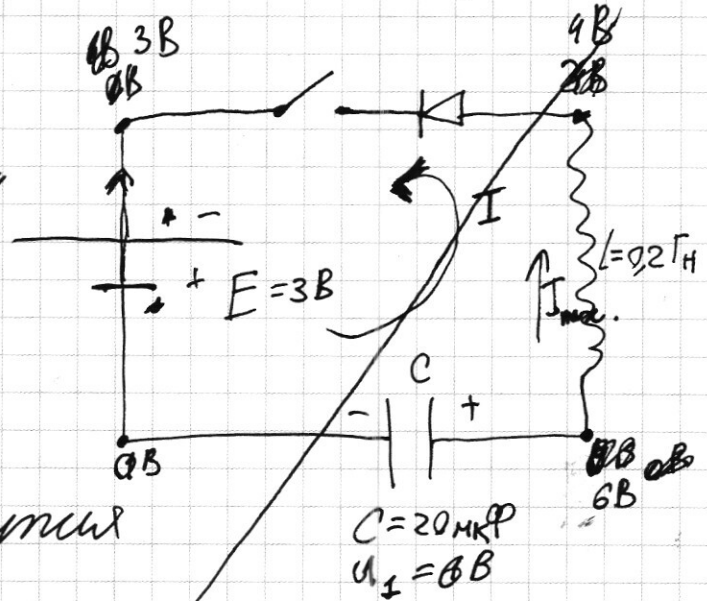
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 154.

1) Пороговое напряжение диода - 1 В. Три меньших

напряжений на концах, так через него не идет.

2) Скорость возрастания тока сразу после закрытия ключа. - ?



В самом начале ток через катушку не течет. Но при этом диод будет открыт, иначе все напряжение идет на катушку, поэтому в начале $\frac{dI}{dt} \neq 0$. Поэтому

$$L \frac{dI}{dt} = 8 \text{ В} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_0 - E}{L}$$

3) В процессе конденсатор будет перезаряжаться, пока не закроется диод, поэтому катушка уже не будет иметь максимальный ток:

Пока открыт диод, напряжение на нем 1 В, поэтому

$$\cos \varphi = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow C U^2 = q^2 \Rightarrow q = C U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{q}{C} - E - U_0 = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$$

$$q = C(E - U_0) \Rightarrow \frac{LI^2}{2} = (E - U_0)(q_1 - q_2) + \Delta W \Rightarrow I = ?$$

32

У2.

$i=3$. (раз адиабатности)

1) на участке 1-2 $T = \text{const}$

$$PV = \nu RT \Rightarrow P = \nu R \frac{T}{V} =$$

$$= \alpha V \Rightarrow \nu RT = \alpha V^2 \quad (1) \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ на 1-2 температура постоянна.

на участке 2-3 $P = \nu R \frac{T}{V} \Rightarrow T = \text{const}$ (V-const)

на участке 1-3 T макс. $\Rightarrow$ на участке 1-3 T макс. $(V = \frac{\nu RT}{P})$

2) для изобары: $Q = C_V \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$ ($\Delta T = 0$, м.к. $V = \text{const}$) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R \text{ (для адиабатности)}$$

$$\text{для изобары } C_P \Delta T = P \Delta V + \frac{i}{2} \nu R \Delta T = (P \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta V = \frac{\nu R \Delta T}{P})$$

$$= \nu R \Delta T + \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow C_P = \frac{5}{2} R \Rightarrow$$

$$\frac{C_{2-3}}{C_{1-3}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$$

C_{1-3} Найдем отношение $\frac{\Delta U}{A}$ для участка 1-2

$$3) P = \alpha V; Q = A + \Delta U; \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$\nu R T_1 = \alpha V_1^2 \text{ (по (1))} \Rightarrow \Delta U = \frac{i}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2).$$

$$dA = P dV = \alpha V dV \Rightarrow A = \int \alpha V dV = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{A} = 1 + \frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{i}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)} + 1 = i + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{1}{i+1}.$$

4) Прямое КПД-?

$$\eta = \frac{Q - Q_x}{Q} = 1 - \frac{Q_x}{Q}. \text{ В изобарном участке}$$

температура холодильника на абс. нуле

$$\text{КПД равен отношению } \eta = \frac{S_{1-2-3}}{S_{1-2-3-4}} = \frac{\frac{1}{2} (P_2 - P_3) (V_3 - V_1)}{\frac{1}{2} (P_2 - P_3) (V_3 - V_1) + P_3 \cdot (V_3 - V_1)} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 - продолжение

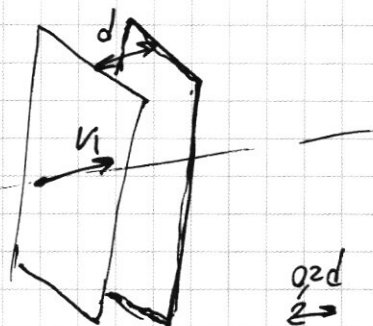
$$= \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_3 + 2P_3} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 + P_3} ; \text{ в идеальном случае,}$$

бесконечно увеличивая P_2 , $\eta \rightarrow 1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = 1.$$

Задача № 3.

1) на частицу действует
пост. сила $F = E \cdot q$,
действующая против $\vec{v}_1$.



2) $ma = Eq \Rightarrow a = E \frac{q}{m} = E \gamma \cdot \gamma$

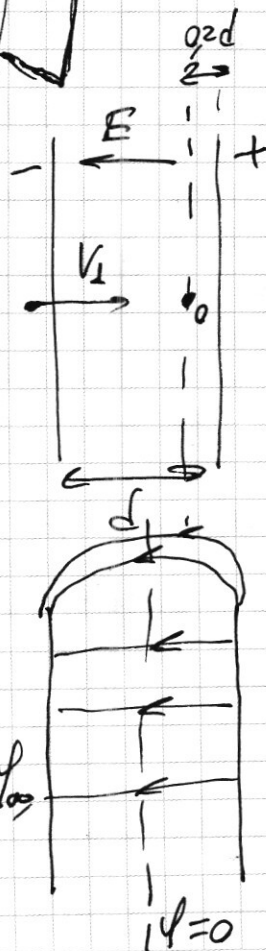
$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = \frac{v_1^2}{2E\gamma} = d - 0,2d = 0,8d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2E\gamma \frac{0,8d}{10} = v_1^2 \Rightarrow E = \frac{v_1^2 \cdot 10}{16\gamma \cdot d} \Rightarrow$$

3) $v_1 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{E\gamma} = \frac{v_1 \cdot 10}{16 \cdot \gamma}$

$$= \frac{v_1}{E\gamma} = \frac{v_1 \cdot 16 \cdot \gamma \cdot d}{v_1^2 \cdot 10 \cdot \gamma \cdot 10} = \frac{16d}{v_1 \cdot 10}$$

4) Заметим, что по середине
конденсатора, сии движется
симметрично обкладкам $\varphi = 0 = \varphi_0$
так как наш путь всегда
перпендикулярен направлению.



по теореме об изменении кин. энергии:

$$\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = (\varphi_1 - \varphi_\infty) \cdot q ; \varphi_\infty = 0 ; \varphi_1 \text{ это потенциал левой обкладки (от которой улетает на бесконечность заряд)}$$

$$\varphi_1 = E \cdot S = E \frac{d}{2} \Rightarrow$$

$$v_1^2 - v_0^2 = E d y \Rightarrow v_0^2 = v_1^2 - \frac{v_1^2 d y \cdot 10}{16 d y} =$$

$$= v_1^2 \left(1 - \frac{10}{16} \right) = v_1^2 \frac{6}{16} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} \cdot v_1. \text{ Ответ: } T = \frac{16d}{v_1 \cdot 10}$$

$$U = \frac{v_1^2 \cdot 10}{16 y}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} \cdot v_1 \cdot \frac{\sqrt{6}}{4}$$

Задача 52.

Пусть v_1 — скорость катка, тогда:

1) В силу пренебрегается кин. (трое)

$$v_1 \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} =$$

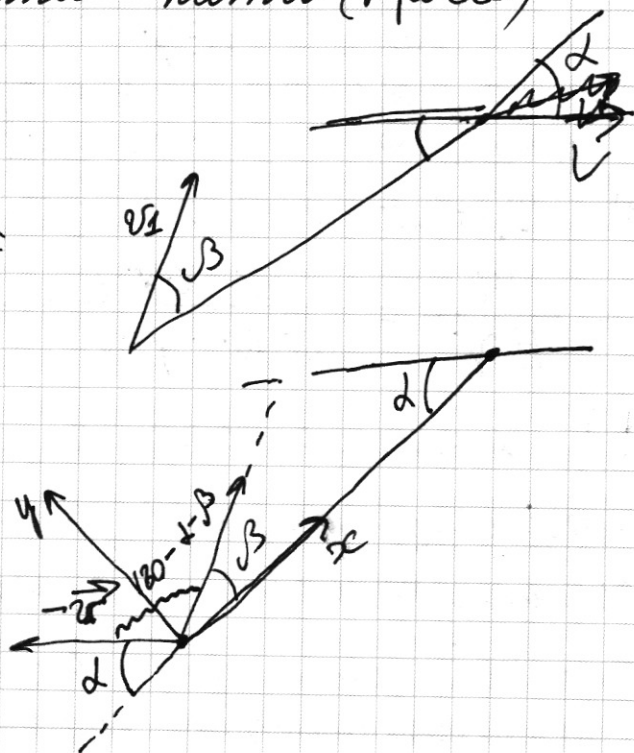
$$= 40 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{3.14}{5.8} = 3.14 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) переориент в шестину

отсчета мифта, тогда

к скорости $\vec{v}_1$ нужно прибавить $-\vec{v}$:

суммарная скорость в проекции на ось x :



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x: v_1 \cos \beta - v \cos \alpha = v_{2x}$$

$$y: v_1 \sin \beta + v \sin \alpha = v_{2y}$$

$$v_2 = \sqrt{v_{2x}^2 + v_{2y}^2}; \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$v_1 = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$v_{2x} = 51 \cdot \frac{8}{17} - 40 \cdot \frac{3}{5} = 3 \cdot 8 - 8 \cdot 3 = 0$$

$$v_{2y} = 51 \cdot \frac{15}{17} + 40 \cdot \frac{4}{5} = 3 \cdot 15 + 8 \cdot 4 = 45 + 32 = 77 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$$

$v_2 = v_{2y} = 77 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$ т.к. скорость перпендикулярна траектории.
(v_2 - скорость кольца, т.к. оно движется)

3) сила натяжения троса T - ?

На трос действует две силы:

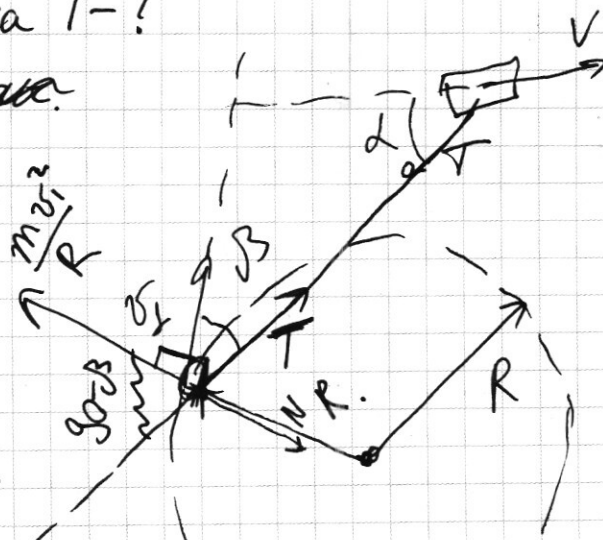
Сила натяжения троса
суть сумма двух сил.

1) так как трос движется
относительно муфта
движется по окружности,

$$\text{то } T_1 = m \frac{v_2^2}{r} = 102 \cdot \frac{(77)^2}{17 \cdot 1,4}$$

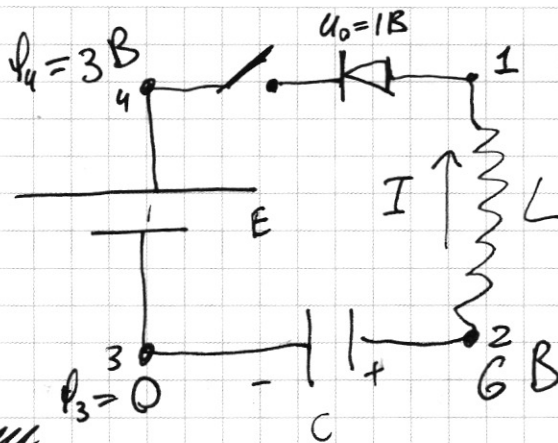
2) По кольцу так же движется

и по траектории окружности R , т.е. тоже есть
центростремительная сила.



Задача 54.

- 1) Ток ~~катушки не замкнут~~,
и ~~о каком возрастании~~
~~ток~~ Ток на диоде не
будет напряжением U_0 ,
и ~~о каком возрастании~~



тока нельзя говорить, так как диод закрыт.

Потому в самом начале на нем напряжение $U_0 = 1B$. На рисунке отмечены потенциалы точек, помню, что $\varphi_1 = 4B \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = 2B = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{2B}{0,2 \text{ Гн}} = 40 \frac{A}{c}.$$

- 2) ~~затянем закон~~ для катушки
справедливо: $L \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C} - E - U_0$; максимальной
ток будем, когда $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow q = C(E + U_0)$

q - заряд на конденсаторе. теперь ~~затянем~~
закон сохранения энергии. Пусть q_1
ток, протекающий ~~затянем~~ через катушку, то

Пусть q_1 - заряд конденсатора в начале

$$q_1 = C U_1 \Rightarrow \text{по з.с.э.}$$

$$\frac{C U_1^2}{2} - \frac{q^2}{2C} = (U_0 + E) \cdot (q_1 - q) + \frac{L I^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C^2 (E + U_0)^2}{2C} = (U_0 + E) (C E + C U_0 - C U_1) + \frac{L I^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{C U_1^2 - C (E + U_0)^2 - (U_0 + E) (C E - C U_0 - C U_1) \cdot 2}{L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

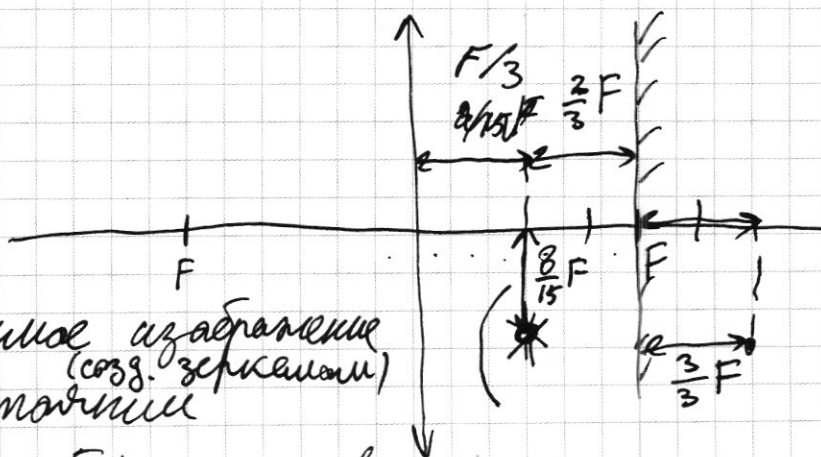
У1 - разложение.

проекция на касательную этой силы, как видно из рисунка: $T_2 = \frac{mv_1^2}{R} \cdot \cos(90^\circ - \beta) = \frac{mv_1^2}{R} \sin \beta \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = T_1 + T_2 = \frac{mv_2^2}{R} + \frac{mv_1^2}{R} \sin \beta = \frac{15}{14 \cdot 14 \cdot 1000} \left(\frac{44}{51} \right)^2 + \frac{(0,51 \frac{m}{c})^2 \cdot 15}{14} = \frac{15}{14 \cdot 14 \cdot 1000} (44^2 + 51^2) = \frac{15 \cdot 4530}{289 \cdot 1000} \approx \frac{38 \cdot 5625}{478 \cdot 1000} \approx \frac{400}{100} = 4 \text{ Н.}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 55 \\ + 55 \\ \hline 1245 \\ 245 \\ \hline 3025 \\ 1 \\ + 17 \\ \hline 118 \\ 14 \\ \hline 1283539 \\ 2 \\ \hline 548 \end{array} \quad \begin{array}{r} 51 \\ + 51 \\ \hline 102 \\ 255 \\ \hline 2601 \\ + 3025 \\ \hline 45626 \\ 44 \\ + 44 \\ \hline 88 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

Задача У5.



1) минимальное изображение (созд. зеркалом) будет на расстоянии

$d = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$, как видно из рисунка.

$\Rightarrow$ по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{5}{3}F}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{5}{2}F.$$

2) Сделаем новый рисунок и изобразим на нем все параметры.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} \Rightarrow v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v^2} = 2\sqrt{v} \sqrt{1 + tg^2 \alpha} = \\ &= 2 \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 v \sqrt{1 + tg^2 \alpha} = 2 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 v \sqrt{1 - \frac{4}{3}} = \\ &= \frac{9}{2} v \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = \frac{3\sqrt{5}}{2} v - \text{скорость изображения.} \end{aligned}$$

$$\frac{15 \cdot 7530}{283 \cdot 100} =$$

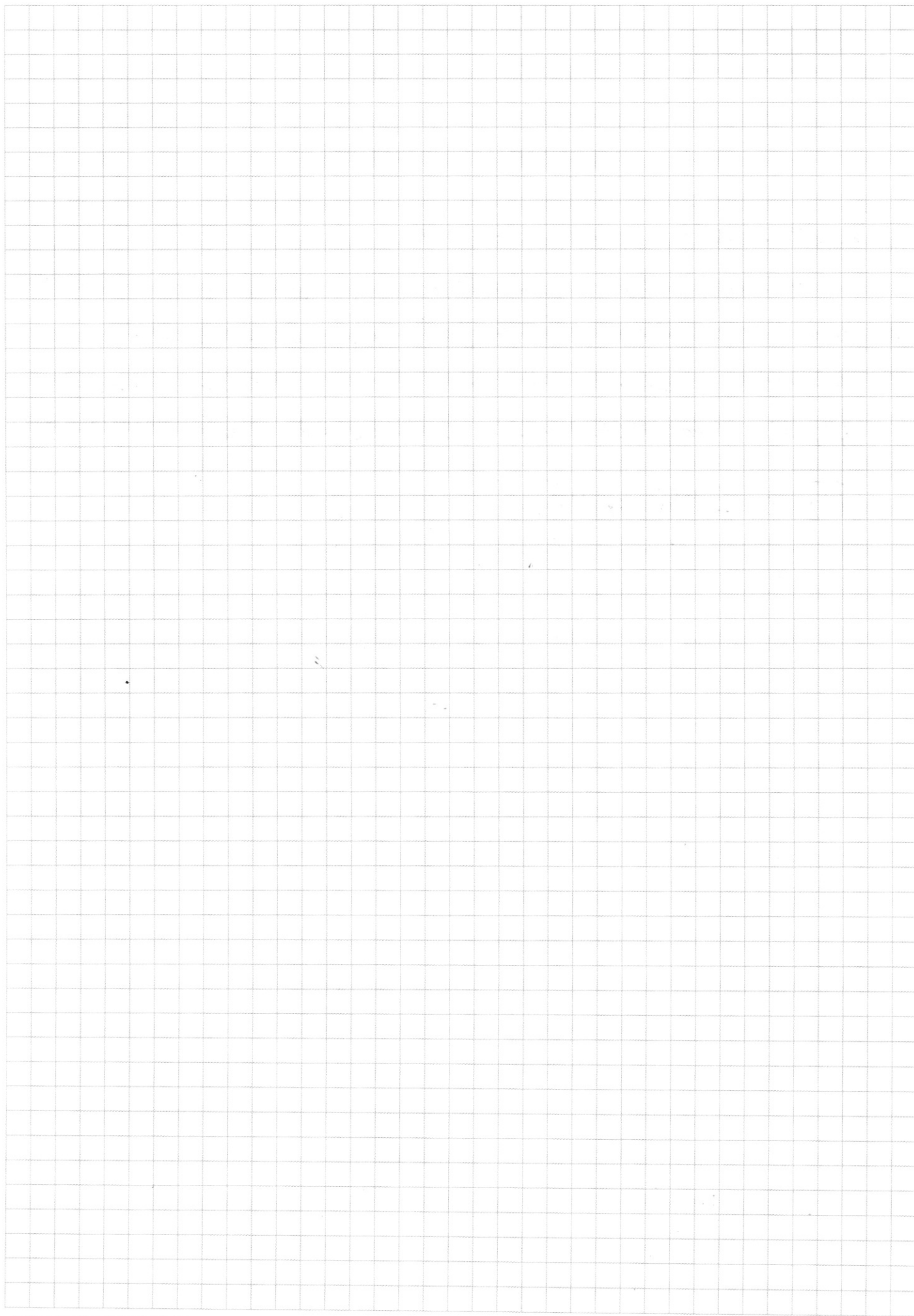
$$\begin{array}{r} 548 \\ + 144 \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4 - продолжение.

в момент, когда $\frac{q}{C} = E + U_0$, цепь размыкается
и то есть напряжение на диоде становится
меньше порогового и далее тока нет. $\Rightarrow$
заряд конденсатора остается постоянным

$$U_2 = E + U_0 = 4 \text{ В.}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)