

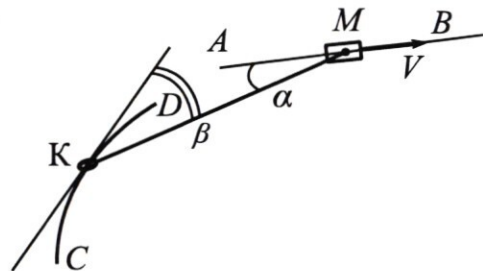
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

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.



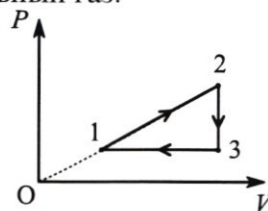
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



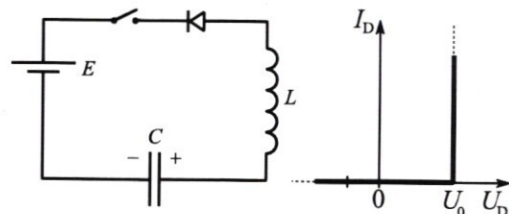
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

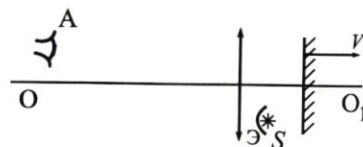


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

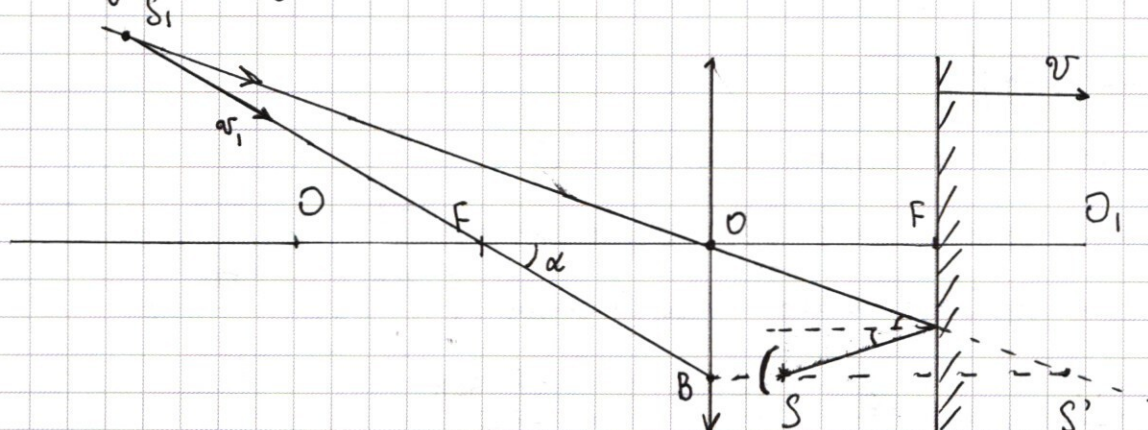
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Луч, проходящий через центр линзы, не преломляется



В данной оптической системе свет будет от идти из точки S' , которая располагается на луче, проходящем через центр линзы, на том же расстоянии от зеркала, что и т. S .

Поэтому изображение от точки S' и есть изображение точки S . Точка S_1 - изображение точки S .

S' расположена на расстоянии $F + (F - \frac{F}{3}) = \frac{5F}{3}$ от линзы.

Пусть d - расстояние от точки линзы до т. S_1 .

По формуле для тонкой линзы получаем:

$$\frac{1}{\frac{5F}{3}} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{2}{5F}$$

$$d = \frac{5F}{2} = 2,5F$$

(похожие т. В см. на рис.)

Поэтому предмет, соединяющий точки B и S_1 , не имеет

Всю историю во времени, то точка S , движется по этой прямой, а значит ее скорость v , направлена вдоль этой прямой, а значит $\angle BFO = \alpha$ (т. F - точка левого фокуса)

Рассмотрим $\triangle BFO$: $FO = F$ (фокусное расстояние)

$$BO = \rho(S; O_1) = \frac{8F}{15}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BO}{FO} = \frac{8F}{15 \cdot F} = \frac{8}{15}$$

$$\alpha = \arctg \frac{8}{15}$$

Рассмотрим достаточно малый промежуток Δt

За это время зеркало сместилось на расстояние $\Delta x = v \Delta t$

Расстояние от т. S' до плоскости зеркала стало $\frac{F}{3} + \left(\frac{2F}{3} + \Delta x\right) \cdot 2 = \frac{5F}{3} + 2\Delta x$

$$\text{Тогда } \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{5F}{3} + 2\Delta x} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F + 6\Delta x} = \frac{5F + 6\Delta x - 3F}{F(5F + 6\Delta x)} = \frac{2F + 6\Delta x}{F(5F + 6\Delta x)}$$

$$d = \frac{F(5F + 6\Delta x)}{2F + 6\Delta x}$$

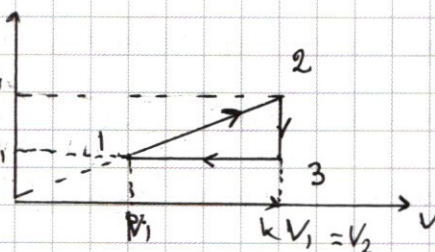
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Пусть p_1 и V_1 - давление и объем газа в состоянии 1. Т.к. участок 1-2 - участок $p_2 = kp_1$,

прямая пропорциональная зависимость p от V , то если давление увеличится в k раз, то объем увеличится тоже в k раз. Тогда $p_2 = kp_1$, $V_2 = kV_1$

(p_2 и V_2 - давление и объем газа в состоянии 2)



1) В процессе 2-3 теплообмен отсутствует, работа $Q_{23} = \Delta U_{23} =$
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$ Мощность нагревателя равна $C_{23} \cdot \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{3}{2} R$ (рассматриваемый процесс)

В процессе 3-1 $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + (V_2 - V_1) p_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \nu R \Delta T_{31}$
 $= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}$ $C_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} \cdot \frac{1}{\Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R$

Рассматриваются именно участки 2-3 и 3-1, т.к. именно в них происходит понижение температуры (уменьшается давление, объем остается постоянным или уменьшается объем, давление остается постоянным соответственно), в соответствии с законом Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$: $p \downarrow \rightarrow T \downarrow$
 $V \downarrow \rightarrow T \downarrow$

$$\text{Итого: } \frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5R/2}{3R/2} = \frac{5}{3}$$

$$2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{(V_2 - V_1) \frac{p_2 + p_1}{2}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{V_1 (k-1) \frac{p_1 (k+1)}{2}} = 1 + \frac{3 p_1 V_1 (k^2 - 1)}{p_1 V_1 (k^2 - 1)} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1)}{\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{p_1 V_1 (k-1)^2}{2 \left(\frac{3}{2} p_1 V_1 (k^2 - 1) + \frac{p_1 V_1 (k^2 - 1)}{2} \right)} = \frac{p_1 V_1 (k-1)^2}{4 p_1 V_1 (k^2 - 1)} = \frac{k^2 - 1 + 2 - 2k}{4(k^2 - 1)} = \frac{1}{4} + \frac{1-k}{2(k^2 - 1)} = \frac{1}{4} - \frac{k-1}{2(k-1)(k+1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(k+1)}$$

При $k \rightarrow +\infty$ получаем, что $\eta \rightarrow \frac{1}{4}$

Значит $\eta = \frac{1}{4} = 25\%$ - предельно возможное КПД

- Ответ: 1) $\frac{5}{3}$
 2) 4
 3) 25%

N3

Пусть частица имеет положительный заряд.

Определим, где находится положительная заряженная обложка.

Поскольку частица влетела в конденсатор и остановилась, то сила, действовавшая

на частицу в сторону э. поля в конденсаторе, была направлена противоположно направлению её движения (направлению её скорости в момент влёта).

Значит вектор напряжённости $\vec{E}$ направлен так, как показано на рисунке. При этом $\vec{E}$ направлен от положит. заряженной обложки к отриц. заряд. обложке. Значит слева минус, справа +.

Тогда внутри конденсатора частица пролетела $s = d - 0,2d = 0,8d$.

1) Ускорение, действующее на частицу равно $a = \frac{v_k^2 - v_1^2}{2s} = (v_k - \text{конечная скорость}, v_k = 0)$
 $= \frac{-v_1^2}{2s}$

Тогда $v(T) = v_1 + aT = v_1 - \frac{v_1^2}{2s} \cdot T = 0$, где T - искомое время

$$v_1 = \frac{v_1^2}{2s} \cdot T$$

$$T = \frac{2s}{v_1} = \frac{2 \cdot 0,8d}{v_1} = \frac{1,6d}{v_1}$$

2) По II закону Ньютона на ось x' : $ma_x = Eq$
 $a_x = E\gamma$

Т.к. $U = Ed$, то $a_x d = U\gamma$

$$U = \frac{a_x d}{\gamma} = \frac{v_1^2 \cdot d}{2 \cdot 0,8d \cdot \gamma} = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Пусть ось x направлена вдоль AB
Каждому шарику координаты x_1 , x_2 .

$$x_2 - x_1 = l \cos \alpha.$$

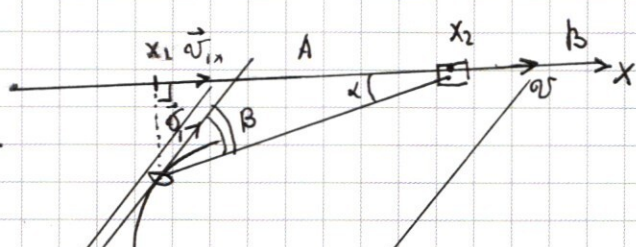
Возьмем производную:

$$v_2 - v_{1x} = -l \sin \alpha \cdot \dot{\alpha}, \text{ где } v_{1x} - \text{проекции скорости шара на ось } x$$

$$\text{Тогда } v_{1x} = v + l \sin \alpha \cdot \dot{\alpha}$$

$$v_1 = \frac{v_{1x}}{\cos \beta} = \frac{v + l \sin \alpha \cdot \dot{\alpha}}{\cos \beta} = \frac{v + l \sin \alpha}{\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}, \sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \left. \begin{array}{l} \cos \beta = \frac{8}{17}, \sin \beta = \frac{15}{17} \end{array} \right\} \text{основные тригоном. соотнош.}$$



1) По теореме Талле не рассчитывается, но скорость движения по правому шару, спроецированная на прямую, перпендикулярную вдоль троса, равна аналогичной скорости левого шара т.е. $v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$, где v_1 - скорость шара

$$v_1 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 51 \text{ м/с.}$$

2) По II з. Кинематика $m \frac{v_1^2}{R} = T \cos(90^\circ - \beta)$

$$T \cdot \frac{m v_1^2}{R \sin \beta} = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 10^{-3}}{1.4 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{289 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{5} = \frac{867}{5} \cdot 10^{-3} = 0.1734 \text{ Н}$$

3) Искомая скорость

$$v' = \sqrt{v_1^2 + v^2 - 2v_1 v \cos(180^\circ - \alpha - \beta)} = \sqrt{v_1^2 + v^2 + 2v_1 v \cos(\alpha + \beta)}$$

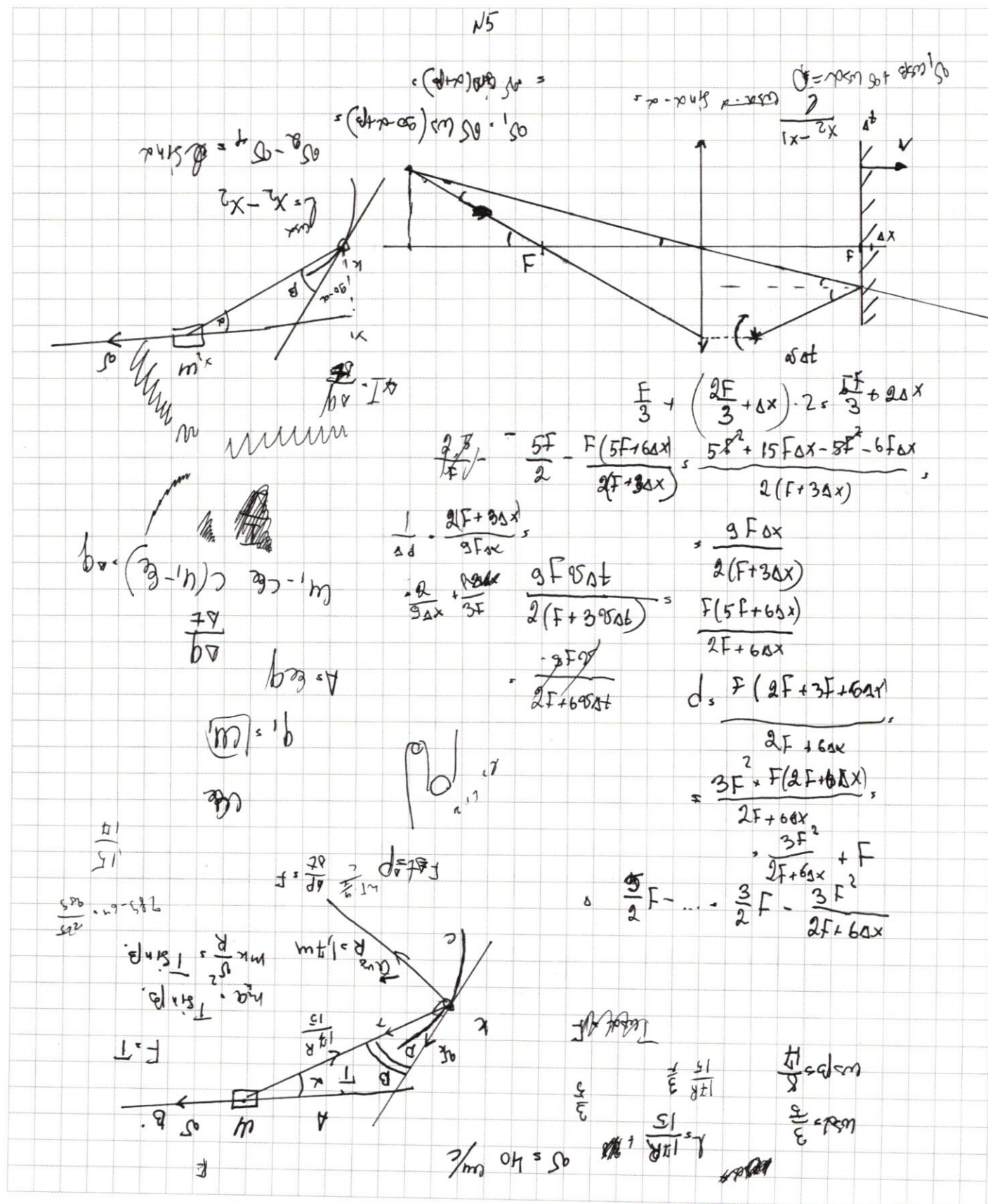
$$= \sqrt{51^2 + 40^2 + 2 \cdot 51 \cdot 40 \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)} = \sqrt{51^2 + 40^2 + 2 \cdot 51 \cdot 40 \left(\frac{24}{85} - \frac{120}{85} \right)} = \sqrt{51^2 + 40^2 - \frac{36}{5}} = \sqrt{2601 + 1600 - 7.2} = \sqrt{4193.8} \approx 64.76 \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{51^2 - 36 \cdot 3 \cdot 16} = \sqrt{51^2 - 128} = \sqrt{2601 - 128} = \sqrt{2473}$$

№4.

$q_1 = 0,1$, q_1 - Зерны на конденсаторе

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

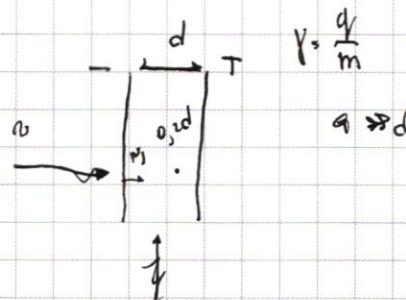


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 51 \\ \hline 253 \\ 2601 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 48 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$\frac{49}{49}$$



$$U = Ed$$

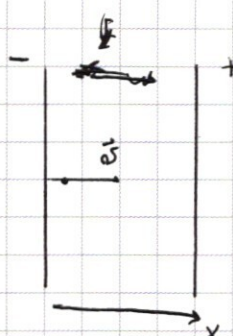
$$ma = E \cdot q$$

$$a = E \gamma$$

$$a = \frac{qE_0^2}{2S}$$

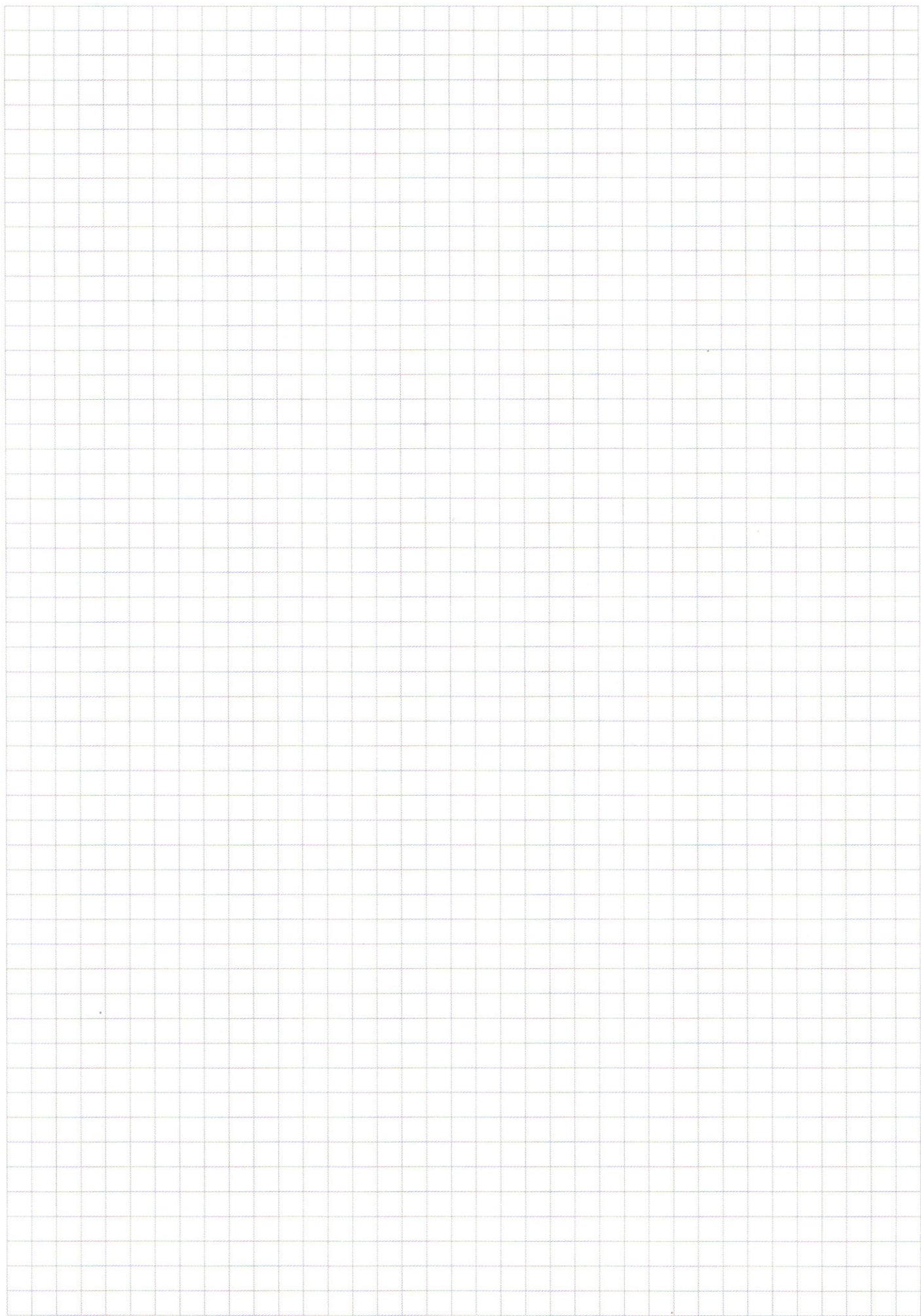
$$a = \frac{qE_0^2}{2S}$$

$$\frac{qE_0^2}{2S} = E \gamma$$



$$0 = qE_0^2 - \frac{qE_0^2}{2S} T$$

$$T = \frac{2S}{qE_0^2} \cdot \frac{1,6d}{qE_0}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)