

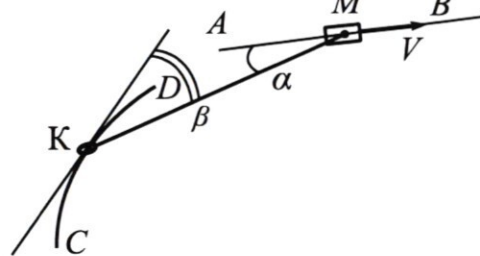
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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.



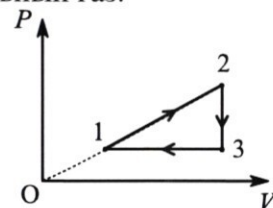
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



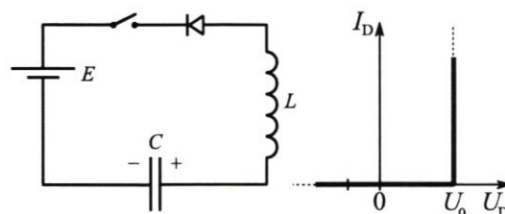
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

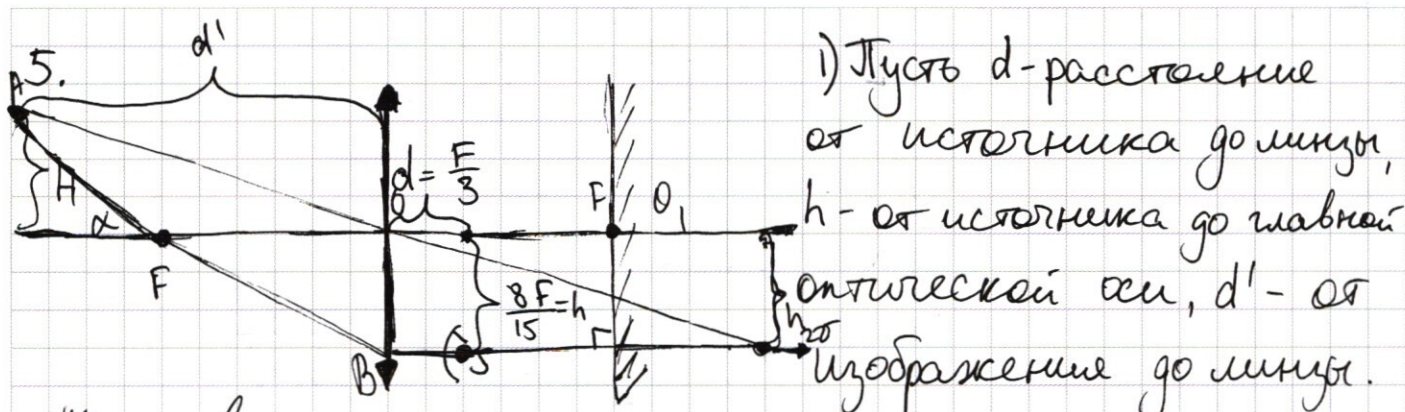
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



Тогда в данный момент расстояние от линзы источника до зеркала $F - d = \frac{2}{3}F \Rightarrow$ расстояние от изображения зеркала до плоскости зеркала $\frac{2}{3}F \Rightarrow$ расстояние от изображения зеркала до линзы $D = \frac{5F}{3}$. Тогда по формуле для тонкой линзы имеем:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d'}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{d'} \Rightarrow \frac{1}{d'} = \frac{2}{5F} \Rightarrow d' = 2,5 F \Rightarrow \gamma = \frac{d}{d'} = \frac{h}{H} = \frac{5F}{3 \cdot 5F} = \frac{2}{3}$$

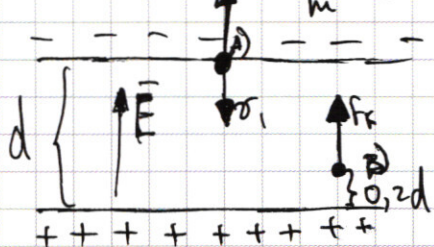
Ответ: $d' = 2,5 F$

2) Скорость изображения v_0 направлена к F , т.к. изображение лежит на прямой AB всегда и при увеличении расстояния между зеркалом и источником точка A становится ближе к OO_1 .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{d' - F} = \frac{h}{1,5F \cdot \gamma} = \frac{8F}{15 \cdot 1,5F \cdot 2} = \frac{8}{15} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{8}{15}$$

3) Скорость изображения в зеркале относительно земли $2v$. Тогда скорость изображения в линзе $2v \cdot \gamma = \frac{4}{3}v$

3. Дано: $F_k \frac{q}{m} = \gamma$



Найти: T ?, U ?,
 V_0 ?

Решение: Пусть E - напряженность конденсатора. Тогда по ЗСЭ:

$$A) \frac{mv_1^2}{2} = qEd(1-0,2) \Rightarrow$$

$$E = \frac{mv_1^2}{q \cdot 0,8d} = \frac{v_1^2}{1,6d \cdot \gamma} \quad (1)$$

Тогда по II закону Ньютона:
 $ma = F_k$

$$ma = qE \Rightarrow a = \gamma E = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$T = \frac{v_1^2 - 0^2}{2a} \quad 0,8d = \frac{v_1 + 0}{2} \cdot T \Rightarrow T = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$2) CU = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow U = \frac{Q}{C} = Ed \quad U_3 \text{ (1): } U = \frac{v_1^2}{1,6d \cdot \gamma} = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot \gamma}$$

3) При вылете из конденсатора скорость шарика будет v_1 как и при влете. При этом по ЗСЭ:

$\frac{kQ^2}{d} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$ где $\frac{kQ^2}{d}$ - энергия связи для положительной обкладки (с отрицательной обкладки такой энергии нет, т.к. расстояние до нее в момент вылета равно 0)

из (2):

$$\frac{kC^2E^2d^2}{d} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{k\epsilon_0^2 S^2 v_1^4 \cdot d}{d^2 \cdot 1,6^2 \cdot d \cdot \gamma^2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2k\epsilon_0^2 S^2 v_1^4}{md \cdot 1,6^2 \cdot \gamma^2} + v_1^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on grid paper showing physics calculations and a diagram.

Diagram: A vector diagram showing a particle moving in a circular path of radius R with velocity v . The angle between the velocity vector and the radius is α . The angle between the velocity vector and the horizontal is β . The angle between the radius and the horizontal is γ . The diagram also shows a vector T (tension) and a vector F (force).

Equations and Calculations:

- $\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T$
- $Mv = \frac{Q \epsilon_0 d}{Q \epsilon_0}$
- $v_k \cos \beta = v_k \cos \alpha$
- $\frac{\epsilon_0 d}{S} q = \frac{\epsilon_0 d}{S}$
- $\frac{S}{\epsilon_0 d} \frac{\epsilon_0 d}{S} \frac{Q}{\epsilon_0 S} d$
- $M v \cos \alpha = m v_k \cos \beta$
- $\frac{m v^2}{R} = T \cos \beta$
- $T \cos \alpha = \frac{m v^2}{R}$
- $m v$
- $M v = \frac{E d}{C}$
- $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$
- $U = E$
- $2x F - \frac{F^2}{3} = F \left(\frac{2x - \frac{F}{3}}{2x - \frac{4}{3} F} \right) = d$
- $\frac{d}{d'} = x$
- $v_k \cos \beta =$
- $\frac{2x - \frac{F}{3}}{2x - \frac{4}{3} F}$
- $m v \cos \beta$



черновик

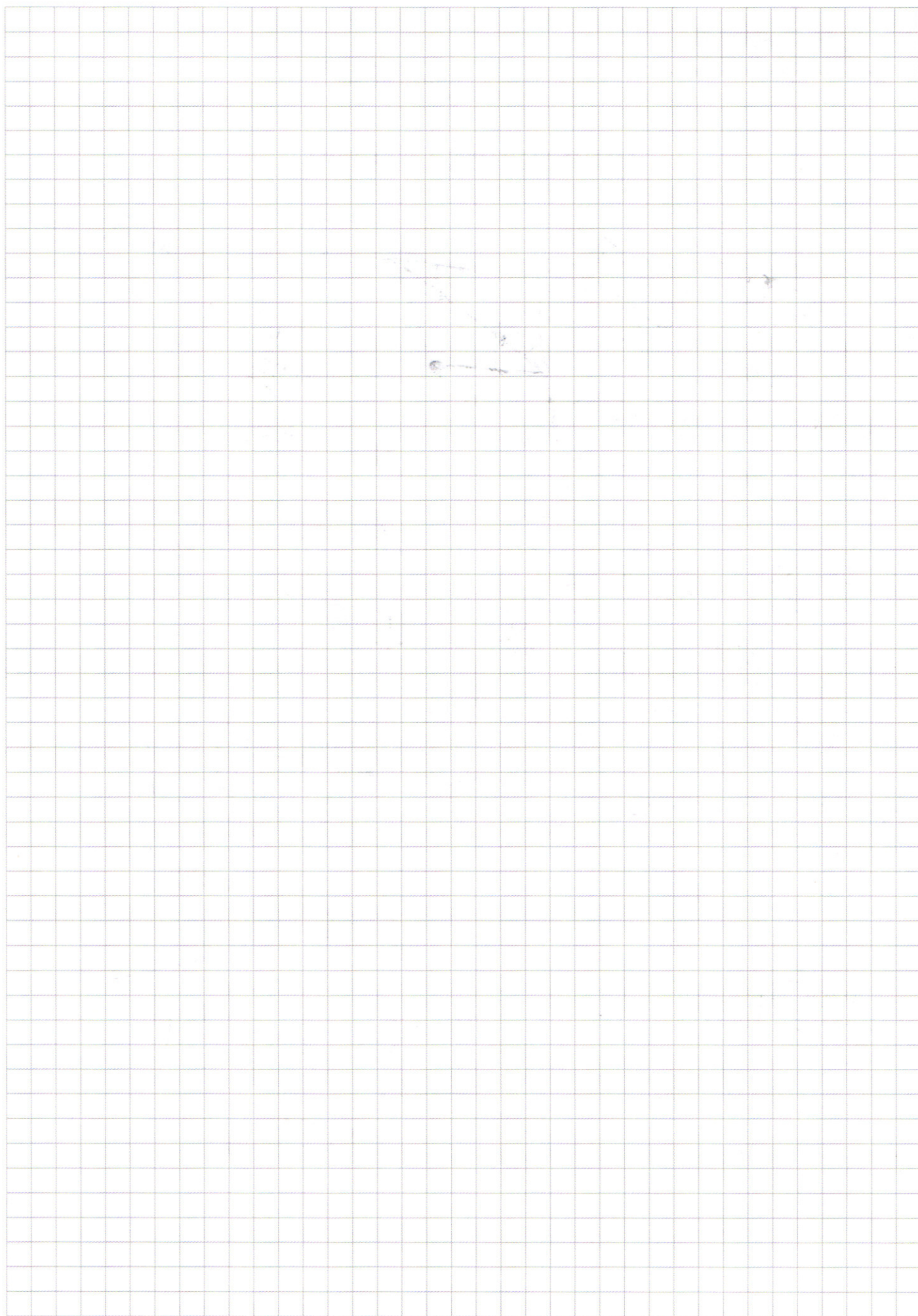


чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_{\text{конт}} = \sqrt{0,51^2 + 0,4^2 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,51 \cdot \frac{36}{85}} \approx \sqrt{0,25 + 0,16 + 0,02} =$$

$$= \sqrt{0,43} \approx 0,65 \text{ м/с.}$$

$$3) U_3 \text{ ①: } T = \frac{m \sigma_k^2}{R \cos \beta} = \frac{1 \cdot 0,51^2}{1,7 \cdot 8} = \frac{0,25}{0,8} = 0,31 \text{ Н}$$

нч.

Дано:

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф,}$$

$$U_1 = 6 \text{ В,}$$

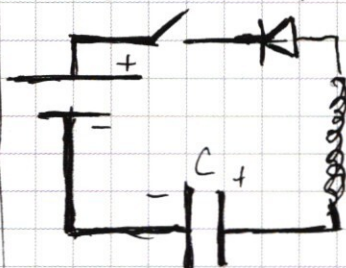
$$E = 3 \text{ В,}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн,}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I' = ? , I_{\text{max}} = ?$$

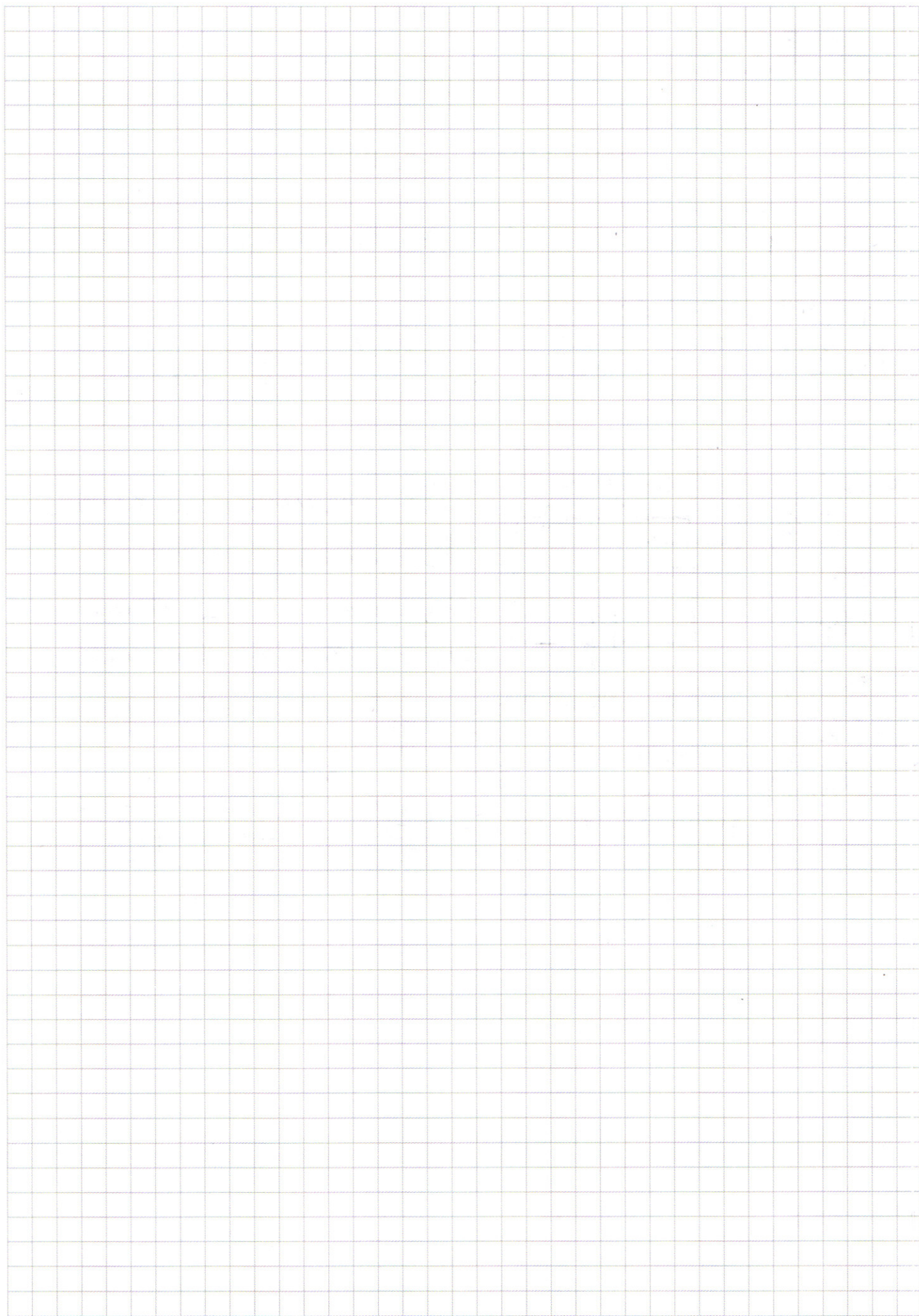
Решение:



1) При замыкании ключа конденсатор начнет разряжаться. При этом потечет ток по катушке

При этом $\frac{L I}{\Delta t} = \Delta \varphi = U_0$, чтобы преодолеть сопротивление $\Rightarrow \frac{I}{\Delta t} = \frac{U_0}{L} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$.

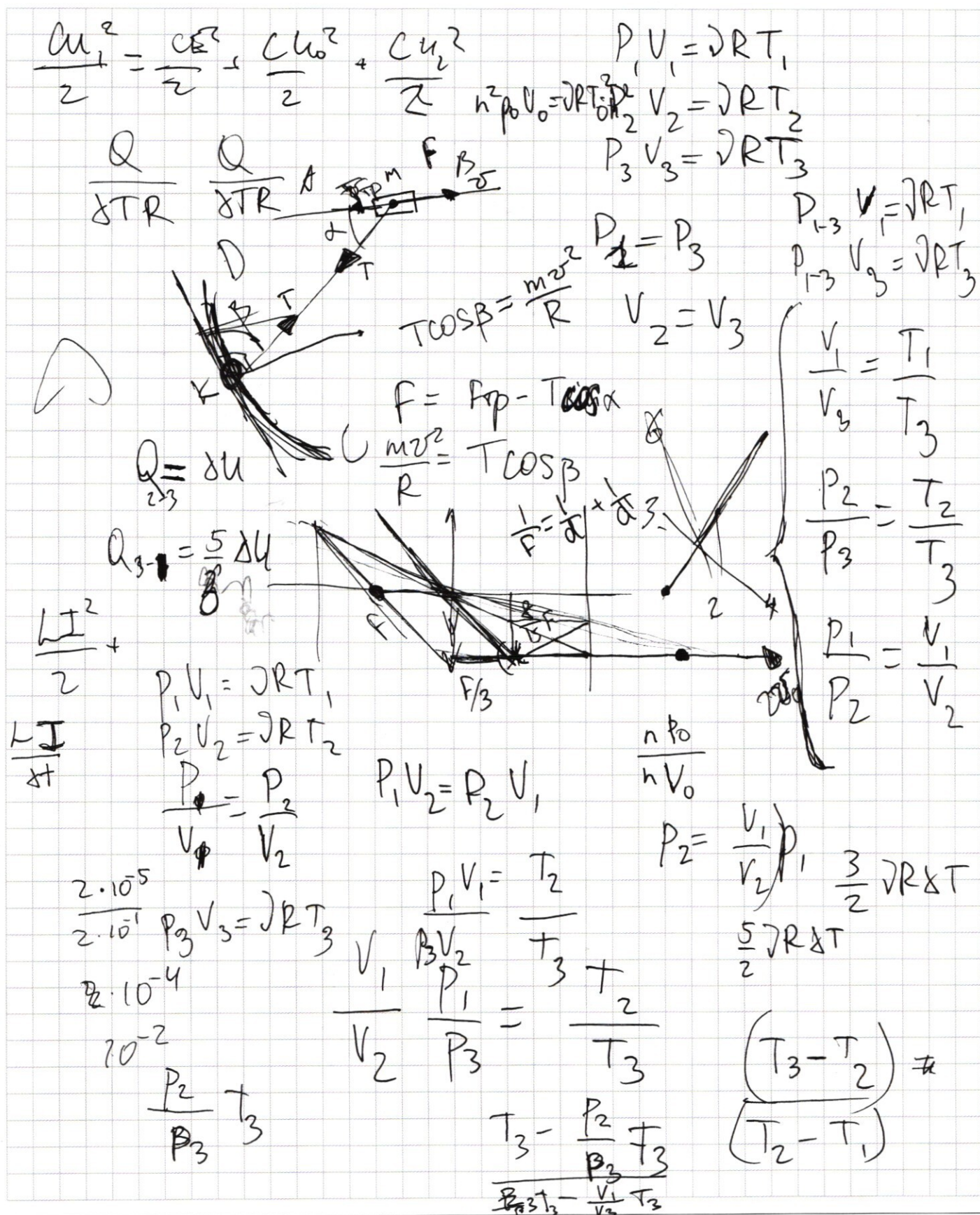
2) По ЗСЭ: $\frac{C U_1^2}{2} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C U_1^2}{L}} =$
 $= 0,36 \text{ А.}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

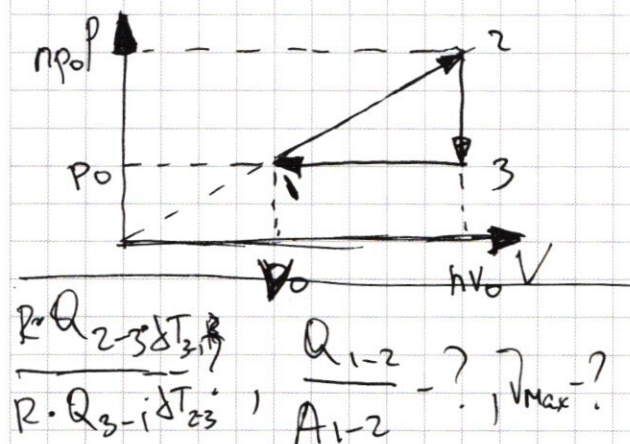
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



[illegible]

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Дано: $i=3$



Решение:

1) Пусть в точке 1 $p=p_0, V=V_0$.

Тогда в точке 2 $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow$
 $p_2 = n p_0, V_2 = n V_0$, где $n = \text{const}$

Тогда в точке 3: $p_3 = p_0,$
 $V_3 = n V_0$

По уравнению МК:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0 \text{ (где } T_0 \text{ - } T \text{ в точке 1)} \\ n p_0 n V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = n^2 T_0 \\ n V_0 p_0 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = n T_0 \end{cases}$$

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \Delta U_{2-3} + 0, \text{ т.к. } 2-3 \text{ - изохора}$$

$$Q_{2-3} = -\frac{i}{2} \nu R n (n T_0 - T_0)$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1} = -\frac{i}{2} \nu R (n T_0 - T_0) - p \Delta V = -\frac{i+2}{2} \nu R (n T_0 - T_0)$$

т.к. 3-1 - изобара.

Пусть k - искомое отношение:

$$k = \frac{R \cdot Q_{2-3} \cdot (n T_0 - T_0)}{R \cdot Q_{3-1} \cdot (n T_0 - T_0)} = \frac{-\frac{i}{2} \nu R n (n T_0 - T_0)}{-\frac{i+2}{2} \nu R (n T_0 - T_0) n} = \frac{3}{5}$$

$$2) Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$$

$$A_{1-2} - \text{Сколько работы } p_1 V \Rightarrow A_{1-2} = \frac{(n-1) V_0 \cdot (n+1) p_0}{2} = \frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \nu R (n^2 - 1) T_0 = \frac{i}{2} (n^2 - 1) p_0 V_0$$

$$\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0}{\frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0} = \frac{(n^2 - 1) p_0 V_0}{2} + \frac{i}{2} (n^2 - 1) p_0 V_0 / \frac{(n^2 - 1) p_0 V_0}{2} =$$

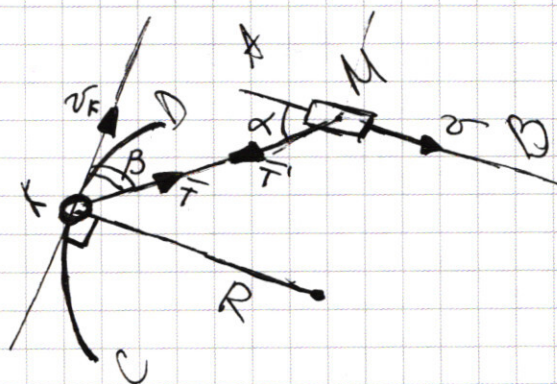
$$= \frac{(n^2-1)^2 + 3(n^2-1)}{n^2-1} = \frac{(n^2-1)(n+4)}{n^2-1} = \frac{n+4}{n+1} \cdot 4$$

$$3) \eta_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{ср}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{A_{1-2} - A_{3-1}}{Q_{1-2}} = \frac{1 \text{ м}^3 \cdot 2}{4} - \frac{2 p_0 V_0 (n-1)}{5 p_0 V_0 (n^2-1)} = \frac{1}{4} - \frac{2}{5(n+1)}$$

При $n \rightarrow +\infty \quad \eta_{\text{ср}} \rightarrow \frac{1}{4} \Rightarrow$

$$\eta_{\text{max}} = 0,25 = 25\%$$

11.



Дано:

$$m = 1 \text{ кг},$$

$$v = 0,4 \text{ м/с},$$

$$R = 1,7 \text{ м},$$

$$l = \frac{17}{15} R,$$

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

$$\cos \beta = \frac{8}{12},$$

$$v_k = ?, v_{\text{конт}} = ?, T = ?$$

Решение:

1) По II Закону Ньютона

$$\frac{mv_k^2}{R} = T \cos \beta \quad (1)$$

П.к. трос движется по окружности с одной стороны, а с другой стороны по прямой,

то смещение за маленький промежуток времени Δt равно: $v_k \cos \beta \Delta t = v \cos \alpha \Delta t \Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 0,4 \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8}$

$$= \frac{51}{40} \cdot 0,4 = 0,51 \text{ м/с}.$$

2) чтобы получить $v_{\text{конт}}$ нужно $\vec{v}_k + \vec{v}$.



По т. косинусов для треугольника скоростей:

$$v_{\text{конт}}^2 = v_k^2 + v^2 - 2 v_k v \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) =$$

$$v_{\text{конт}} = \sqrt{0,51^2 + 0,4^2 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,51 \cdot \left(\frac{24}{85} - \frac{60}{85} \right)}$$

$$= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$