

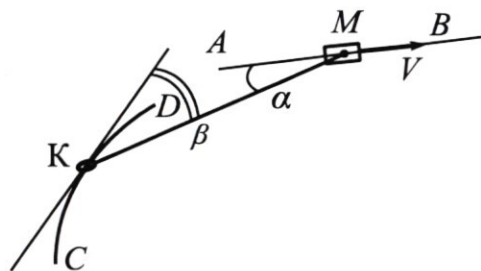
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



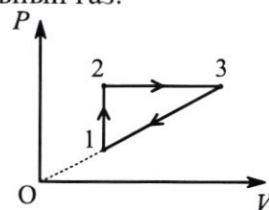
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



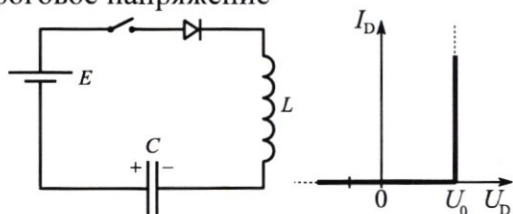
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

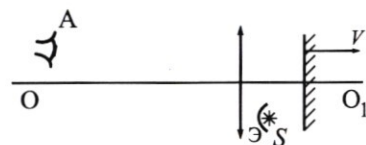
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ 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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

Дано

$$V = 74 \text{ км/ч}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,57 \text{ м}$$

$$l = 5R$$

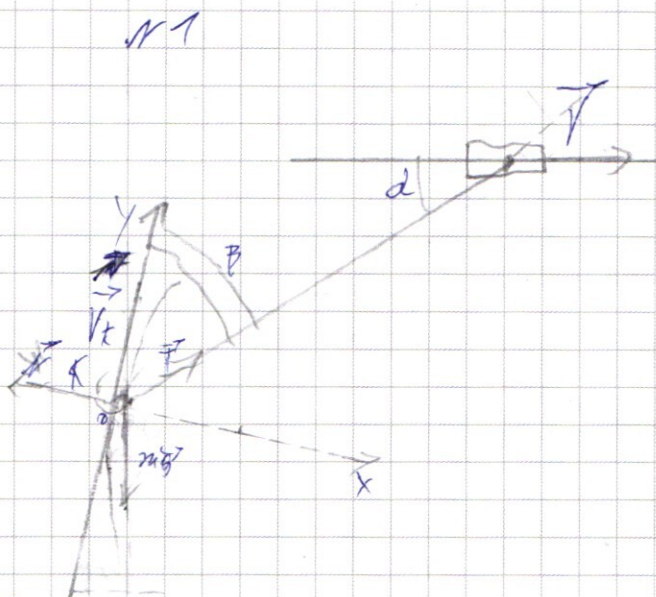
$$\cos \alpha = \frac{15}{74}$$

$$\cos \beta = \frac{7}{5}$$

$$V_k = ?$$

$$V_m = ?$$

$$T = ?$$



$\vec{V}_k$ — скорость камня

в любой момент времени будет зависеть
от скорости камня V_k .

Так как при поступательном движении
прямая скорость любой точки на теле равна,
значит $V \cos \alpha = V_k \cos \beta$

$$V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{74 \text{ км/ч} \cdot \frac{15}{74}}{\frac{7}{5}} = (0,2 \cdot 5 \cdot 15) \text{ км/ч} = 15 \text{ км/ч}$$

По закону сложения скоростей: $\vec{V}_k = \vec{V} + \vec{V}_m$, где

$\vec{V}_m$ — скорость камня относительно центра

$$\vec{V}_k, \text{ значит } V_m = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos \alpha} =$$

$$= \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos \beta \cos \alpha} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{289}{1500} - \frac{2 \cdot 14,73}{100} \cdot \frac{15}{74} \cdot \frac{8}{5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{825 + 289}{2500} - \frac{9 \cdot 14,73}{100 \cdot 95}} = \sqrt{\frac{1114}{2500} - \frac{261}{9500}} = \sqrt{\frac{1114 - 261}{9500}} = \sqrt{\frac{853}{9500}} \text{ км/ч} \approx \frac{29,6}{50} \text{ км/ч} \approx$$

~ 0,2 м/с

По второй закону Ньютона

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{T} = n\vec{a}, \text{ где } T - \text{натяжение}$$

в направлении оси Ox

$$T \sin \theta - mg \cos \theta = \frac{v^2}{R}, \quad a_y = \frac{v^2}{R}$$

$$T \cos \theta + mg \sin \theta = 0$$

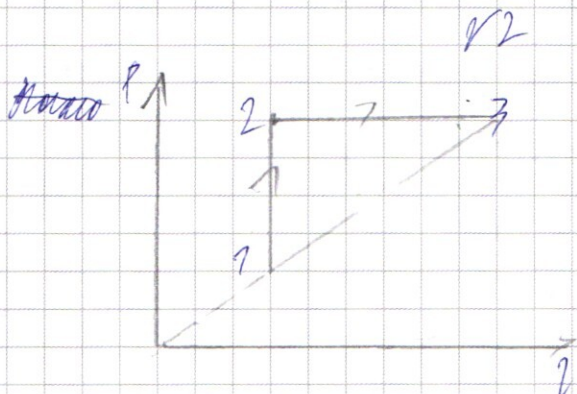
$$T = \frac{mg \sin \theta}{\cos \theta} =$$

$$T = \frac{v^2}{R} m - mg \cos \theta = n \left(\frac{v^2}{R} - g \cos \theta \right) = \frac{v^2}{R} - g \cos \theta$$

$$= \frac{1}{n} \left(\frac{v^2}{R} - g \cos \theta \right) = \frac{1}{n} \left(\frac{v^2}{R} - g \cos \theta \right)$$

ответ: 1) $V_k = 0,5 \text{ м/с}$ 2) $V_n = 0,62 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Изучим p_1, V_1, T_1 - состояние газа в точке 1, при этом количество вещества ν .

Теперь состояние газа в точке 2, p_2, V_2, T_2 .

В точке 3 p_3, V_3, T_3 .

Запишем уравнение состояния газа для точек 1, $p_1 V_1 = \nu R T_1$, для 2, $p_2 V_2 = \nu R T_2$, для точки 3 $p_3 V_3 = \nu R T_3$.

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

Выразим на участке 3-1 коэффициент пропорциональности между давлением и объемом газа, тогда

$$p = 2/V, \text{ тогда } p_1 = 2/V_1, p_2 = 2/V_2, \text{ тогда } 2/V_1 = \nu R T_1$$

$$2/V_2 = \nu R T_2, 2/V_3 = \nu R T_3$$

Для участка 1-2 по первому закону термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}, \text{ так как } A_{12} = 0, \text{ тогда } Q_{12} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

Для участка 2-3:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + 2/V_2^2 - 2/V_3^2 = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R T_2 - \nu R T_3 = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

Коэффициент полезного действия для 1-2: $\eta_{12} = \frac{Q_{12}}{Q_{12} + A_{12}} = \frac{5}{2} R$

$$\text{для } \eta_{23} = \frac{Q_{23}}{(T_3 - T_2) \nu} = \frac{5}{2} R, \text{ тогда } \frac{Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{5}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Подставить поочередно $\frac{1}{b} + \frac{1}{5F} = \frac{1}{F}$ и b -расстояние

от центра до центра-
зеркала

$$\frac{4F}{5} + \frac{1}{5F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{5F} \Rightarrow b = 5F$$

для b - расстояние
от центра

можно увидеть изображение

В том положении изобразительный центр соединен с точкой
фокуса будет отражаться под углом параллельный лучи
отличаются от, значит изображение будет действительное, пере-
вернутое и увеличенное будет направлено вправо

$$\Gamma = \frac{b}{f} = \frac{5F}{F} = 5 - \text{увеличение}, h = \frac{3}{4}F - \text{расстояние от источника}$$

до откинутой оси, H - расстояние

до изображения

$$F = \frac{H}{\Gamma} \Rightarrow H = \Gamma h = 9F$$

$$4F = b - F = 4F, \text{ тогда } \frac{H}{H} = \frac{H}{4F} = \frac{9}{4}$$

так $\Gamma = 2\Gamma - 1$, значит изображение будет увеличено
со скоростью $V_1 = 2V$. Если скорость изображения по
оси будет линейной откинутой прямой будет $V_{2x} = V_1 \cdot \Gamma$

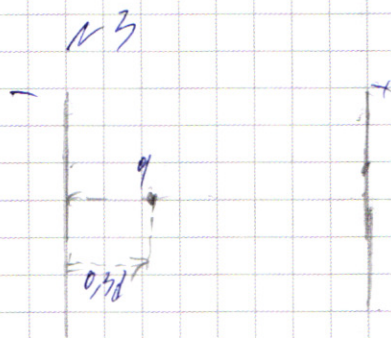
$\Gamma_{\text{пр}}$ - продольное увеличение, так как рассматриваем
изображение скорости, значит $\Gamma_{\text{пр}} > \Gamma^2$, т.е. $V_{2x} > V_1 \Gamma^2$

$$10 \text{ мкс} = \frac{4}{5}, \text{ тогда } V_2 = \frac{V_{2x}}{10 \text{ мкс}} = \frac{V_1 \Gamma^2}{4} = \frac{2V \cdot 16}{4} = 8V = 40 \text{ мкс}$$

$$\text{ответ: а) } b = 5F, \text{ б) } \frac{H}{H} = \frac{9}{4}, \text{ в) } V_2 = 40 \text{ мкс}$$

σ
 d
 V_1
 $\frac{|q|}{m} = \gamma$
 $q < 0$

 $T = ?$
 $Q = ?$
 $V_2 = ?$



Частица
 Г.К. $q < 0$, движется по окружности радиуса $0,4d$, если напряженность поля конденсатора E , то совершит работу $A = |q| E \cdot 0,4d$, а ~~частица~~ получит энергию $E_k = \frac{m V_1^2}{2}$, по теореме о сохранении энергии

$$A = E_k \Rightarrow |q| E \cdot 0,4d = \frac{m V_1^2}{2} \Rightarrow E = \frac{m V_1^2 \cdot 5}{14 d}$$

Векторное поле будет направлено

$$\alpha = \frac{E |q|}{m}, \text{ где } \alpha \text{ — ускорение частицы}$$

$$\alpha = \frac{V_1^2}{d} \cdot \frac{5}{4}$$

Из формулы, что радиус равен $0,4d$, получим

радиус равен $r = 0,4d - 0,2d = 0,2d$, тогда

$$l = \frac{v^2}{\alpha}, \text{ где } 0,2d = \frac{v^2}{\alpha} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 0,2d}{v} = \frac{0,4\pi d}{v}$$

$$Q = CU; U = Ed; C = \frac{\epsilon_0 \epsilon d}{l}, \text{ тогда } Q = \frac{\epsilon_0 \epsilon d}{l} E d = \epsilon_0 \epsilon E d^2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon m V_1^2 \cdot 5}{14 d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon V_1^2}{d} \cdot \frac{5}{4}, \text{ если конденсатор соединим}$$

на несколько бачинок, то частица будет двигаться со скоростью, т.е. $V_2 = V_1$

$$\text{ответ, 1) } T = \frac{0,4\pi d}{v}; 2) Q = \frac{5}{4} \frac{\epsilon_0 \epsilon V_1^2}{d}; 3) V_2 = V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

250
975
925

домо

$V = 34 \text{ м/с}$

$m = 0.3 \text{ кг}$

$r = 0.5 \text{ м}$

$l = 5 \text{ Р}$

$\cos \alpha = \frac{75}{74}$

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

$V_k = ?$

$V_m = ?$

$T = ?$

18
72
726
18
306

37
37
37
93
967

23
33
29
99
9

$9x^2 + 76x^2 = 7$

$x = \frac{1}{79}$

$k =$

$l_1 = l \cos \alpha$ - длина нити по Ox

$l_2 = l \sin \alpha$ - длина нити по Oy

$\vec{V}_k$ - скорость касательная

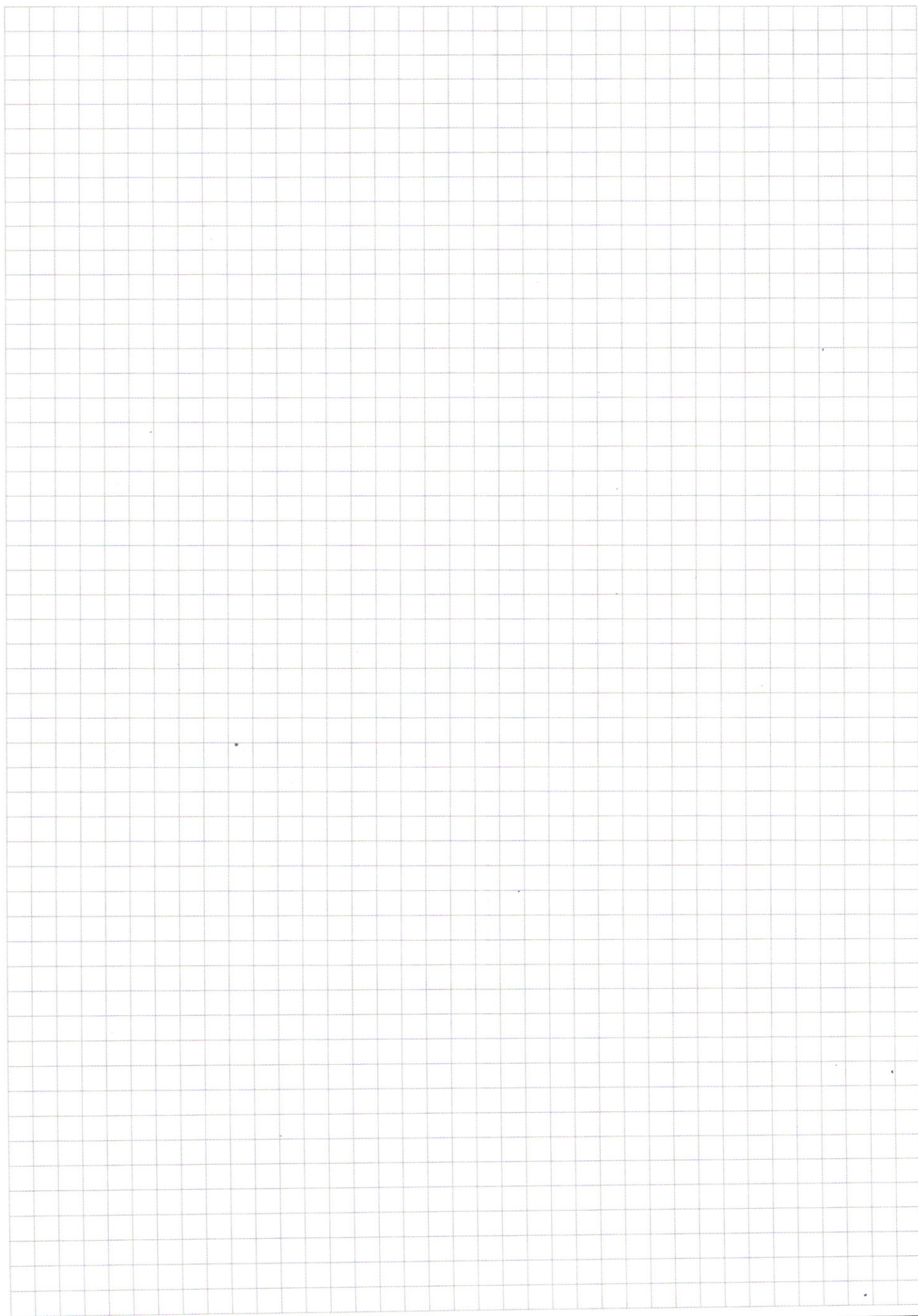
$V_{kx} = V_k \cos(\alpha + \beta)$ - проекция скорости касательной на Ox

$V_{ky} = V_k \sin(\alpha + \beta)$ - проекция скорости касательной на Oy

Решим задачу методом приращения Δt , при котором время еще не изменилось, тогда длина нити по Ox станет $l_x = l_1 + \Delta t(V - V_{kx})$, а по Oy станет $l_y = l_2 - \Delta t V_{ky}$. Поскольку длина нити постоянна, значит $l_x^2 + l_y^2 = l^2$

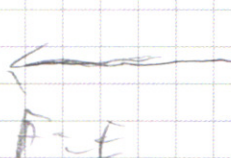
$(l_1 + \Delta t(V - V_{kx}))^2 + (l_2 - \Delta t V_{ky})^2 = l^2$

$l_1^2 + 2\Delta t(V - V_{kx})l_1 + l_2^2 - 2\Delta t V_{ky}l_2 - 2\Delta t V_{kx}l_1 + (V - V_{kx})^2 -$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$\frac{F_{\text{max}}}{2} = 0,42 E (q)$$

$$E = \frac{5}{2} \frac{V_{\text{max}}}{d}$$

$$q = \frac{E (q)}{m} = \frac{5}{2} \frac{V^2}{d}$$

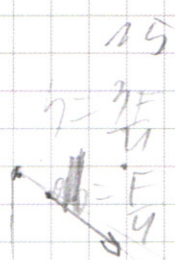
$$\frac{q}{2} = \frac{q}{2}$$

$$F = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{m}{d} \cdot \frac{V^2}{2}} = \frac{d}{V} \sqrt{\frac{m}{2}}$$

$$E = Q$$

$$V = F d \quad I = \frac{V_{\text{max}}}{d}$$

$$V Q =$$



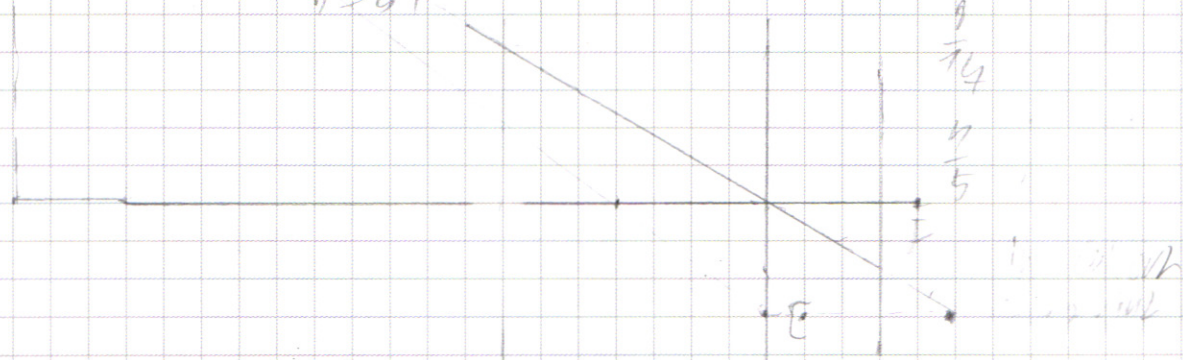
$$L = \frac{5F}{4}$$

$$q = L + L - 1 = 2L - 1 = \frac{5F}{2}$$

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

$$b = 6F$$

F²



$$V_1 + |V_{102} - V_2 \cos \alpha| + (V_2 \sin \alpha + B)^2 = 7$$

$$2(V_{102} - V_2 \cos \alpha) \cdot V_{102} + V_2 \sin \alpha + B \sin \alpha = 0$$

$$V_{102}^2 - V_2 (V_{102} \cos \alpha + V_{102} \sin \alpha) = 0$$

$$V_{102} + V_2 (V_{102} (\cos \alpha - \sin \alpha) + 2 V_{102} \sin \alpha \cos \alpha) = 0$$

$$V_{102} = V_{102} \cos \alpha - V_2 \sin \alpha - 2 V_2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\frac{15}{24} \cdot \frac{3}{5} = \frac{8^2 \cdot 4}{24 \cdot 15 \cdot 4} - \frac{2 \cdot 10 \cdot 4}{125} \quad \frac{15 \cdot 45}{0,5 \cdot 15} = \frac{25 \cdot 60}{0,5 \cdot 15}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving a circuit with three resistors and a voltage source.

Diagram: A circuit diagram showing a voltage source $\mathcal{E}$ connected in series with a resistor R and a parallel combination of three resistors R_1, R_2, R_3 . The current through the source is I . The currents through the resistors are I_1, I_2, I_3 respectively. The voltage across the parallel combination is U .

Equations:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$U = \mathcal{E} - IR$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = U$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$U = \mathcal{E} - R \left(\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \right)$$

$$U \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right) = \mathcal{E}$$

$$U = \frac{\mathcal{E}}{1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_2 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{\mathcal{E}}{R_3 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)}$$

Power Calculations:

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)^2}$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)^2}$$

$$P_3 = I_3^2 R_3 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_3 \left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)^2}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = \frac{\mathcal{E}^2}{\left(1 + R \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \right)^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$