

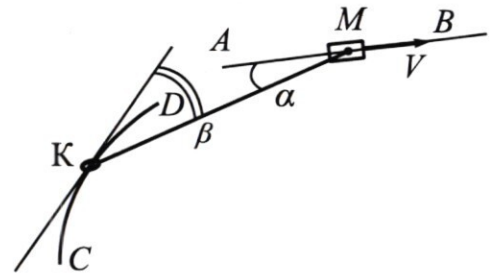
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

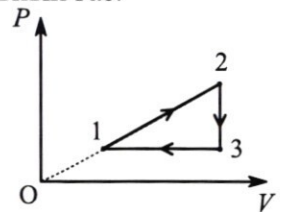
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

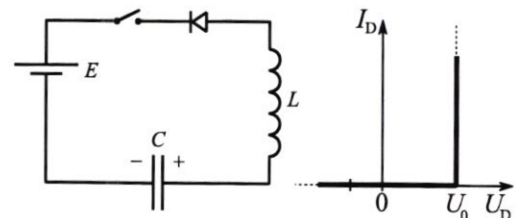


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

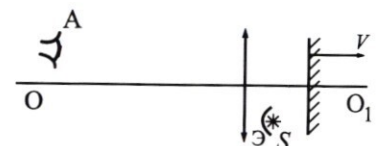
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 1.

Пусть скорость колеса $= v_k$

Удлинение троса $= 0 \Rightarrow$

модули скоростей v, v_k вдоль
троса равны.

Скорость колеса направлена вдоль окружности $\Rightarrow$

$$v_k \cdot \cos \alpha = v \cos \beta$$

$$1) \quad v_k = \frac{v \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{40 \text{ см/с} \cdot 0.3 \cdot 14}{5 \cdot 8} = 51 \text{ см/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \sin \beta = \frac{15}{14}$$

Перейдем в СО, связанную с тросом. Колесо движется
в одну сторону перп. ему со скоростью $v_k \sin \beta$; муфта — в другую
со скоростью $v \sin \alpha \Rightarrow$ скорость колеса отн-но муфты =

$$= v \sin \alpha + v_k \sin \beta = \frac{40 \cdot 4}{5 \text{ см/с}} + \frac{51 \cdot 15}{14 \text{ см/с}} \approx 32 \text{ см/с} + 46 \text{ см/с} = 78 \text{ см/с} \quad 2)$$

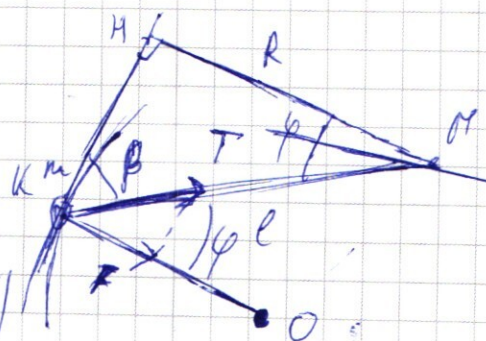
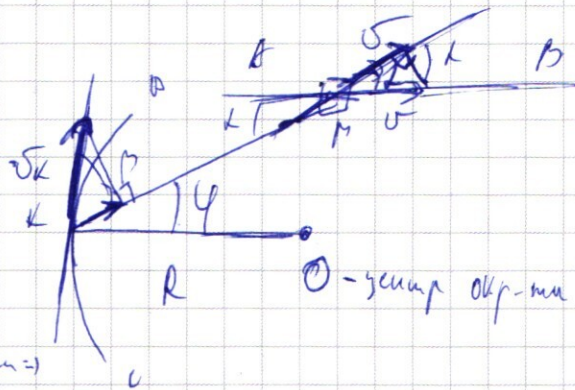
3) Опустим высоту из М на касательную, проведенную в точке К.
Пусть её основание — Н. Заметим, что

$$\ell \sin \beta \cdot R = \frac{14R}{15} \cdot \frac{15}{14} \Rightarrow MN = R$$

Заметим, что центростремительная сила,

действующая на колесо $= T \cos(\angle MKO) = T \cos(\angle KMN)$

где T — сила натяжения троса



$$\cos(\angle MKO) = \cos(\angle KMH) = \frac{R}{l}$$

$$T \cos(\angle MKO) = \frac{m \sigma_k^2}{R}$$

$$\frac{TR}{l} = \frac{m \sigma_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m \sigma_k^2 l}{R^2} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 51 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 51 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{17}{15} R}{R \cdot 1,7 \text{ м}} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 26010 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2}}{15 \text{ м}} \approx$$

$$\approx 1,73 \cdot 10^{-1} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

Ответы: 1) 51 см/с 2) 77 см/с 3) $0,173 \text{ Н}$

Задача 2.

Обозначим давление в точке 1 - P_0 ;

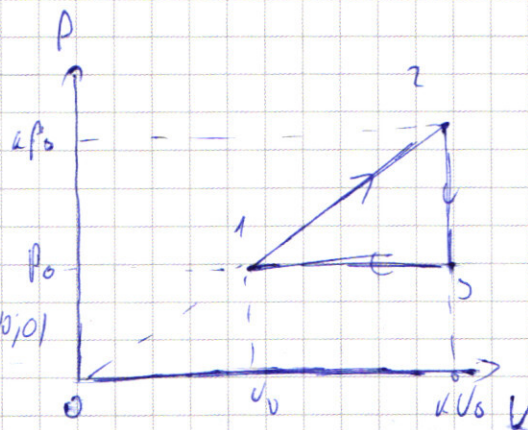
объем - V_0 ; Давление в точке 2

- κP_0 ; объем, соответственно, будет равен

κV_0 (по формуле преобразования $O1(V_0, P_0) \rightarrow O2(\kappa V_0, \kappa P_0)$)

1) изменение температуры при сжатии

на процессах 23 и 31



$$2-3: Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 0 - \frac{3}{2}(\kappa^2 P_0 V_0 - \kappa P_0 V_0)$$

$$\Delta T_{23} = \frac{-\kappa^2 P_0 V_0}{\frac{3}{2} R} - \frac{\kappa P_0 V_0}{\frac{3}{2} R}$$

$$\text{Сколько} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} R \quad - \text{мольная теплоемкость процесса 2-3}$$

$$3-1: Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -(\kappa - 1) P_0 V_0 - \frac{3}{2}(\kappa - 1) P_0 V_0$$

$$\Delta T_{31} = \frac{-(\kappa - 1) P_0 V_0}{\frac{3}{2} R}$$

$$\text{Сколько} = \frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R \quad - \text{мольная теплоемкость процесса 3-1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2. Кратчайшее

$$\frac{C_{\text{мол}} 25}{(C_{\text{мол}})_{21}} = \frac{3}{5}$$

①

$$2) Q_{212} = A_{12} + \delta U_{12} = \left(\frac{\kappa+1}{2}\right) \rho_0 (\kappa-1) U_0 + \text{(попущена ось симметрии на высоте)}$$

$$+ \frac{1}{2} (\kappa^2 - 1) \rho_0 U_0 = 2 \rho_0 U_0 (\kappa^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{\kappa^2 - 1}{2} \rho_0 U_0$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4 \quad \text{②}$$

$$3) \eta_{125} = \frac{\frac{1}{2} (\kappa-1) \rho_0 (\kappa-1) U_0}{2 \rho_0 U_0 (\kappa^2 - 1)} = \frac{A_{12}}{Q_{12}}$$

- ~~максимум~~ илг процесса 1-2-3

$$\max(\eta_{125}) = \max\left(\frac{\kappa^2 - 2\kappa + 1}{4(\kappa^2 - 1) \cdot 4}\right) \text{ достигается при } \max\left\{\frac{\kappa^2 - 2\kappa + 1}{\kappa^2 - 1}\right\} =$$

$$= \frac{1}{4} \left(1 + \frac{-2\kappa + 2}{\kappa^2 - 1}\right) = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{2(1-\kappa)}{(\kappa-1)(\kappa+1)}\right) = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{\kappa+1}\right) \quad \text{максимум при}$$

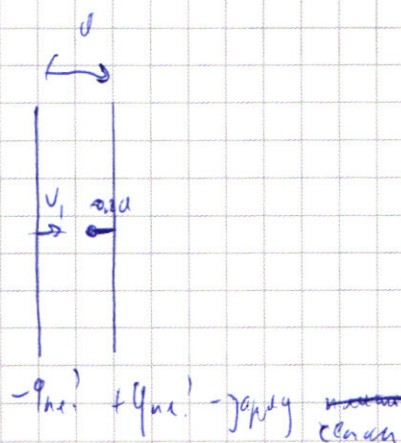
$$\kappa \rightarrow \infty \left| \frac{2}{\kappa+1} = 0 \right| \Rightarrow \text{макс. } \eta_{125} = \frac{1}{4}$$

Ответы: 1) $\frac{3}{5}$ или $\frac{5}{3}$ 2) 4 3) $\frac{1}{4}$

Задача 3.

$$\frac{m V_1^2}{2} = q E \cdot 0,8d \quad (SC) (E_{max} = A_{max})$$

$$E = \frac{m V_1^2}{1,6d q} = \frac{V_1^2}{1,6d \gamma}$$



$$V_1 T - \frac{E q T^2}{m} = 0,8d$$

$$V_1 T - E \gamma T^2 = 0,8d$$

$$T^2 - \frac{V_1 T}{E \gamma} + \frac{0,8d}{E \gamma} = 0$$

$$T^2 - \frac{V_1 T \cdot 1,6d}{V_1^2} + \frac{0,8d \cdot 1,6d}{V_1^2} = 0$$

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1,6d}{V_1} \pm \sqrt{\frac{1,6^2 d^2}{V_1^2} - \frac{1,6^2 d^2}{V_1^2}} \right) = \frac{0,8d}{V_1} \quad (1)$$

$$(2) U = E \cdot d = \frac{V_1^2 d}{1,6d \cdot \gamma} = \frac{V_1^2}{1,6\gamma} \quad (2)$$

(3) Поскольку конденсатор имеет одинаковые пластины, ~~тогда~~ E скорости равна $0 \Rightarrow V_0 = V_1$ ($a=0$)

Ответы: (1) $\frac{0,8d}{V_1}$; (2) $\frac{V_1^2}{1,6\gamma}$; (3) V_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

1) Обозначим потенциал

в н. А за 0

Потенциал в точке $D = E$

В точке $C = E + U_0$

В точке $B = U_1$

Напряжение на конденсаторе: $U_1 - U_0 - E$

скорость во время полета:
$$\frac{U_1 - U_0 - E}{L} = \frac{26}{0.2 \text{ Гн}} = 130 \frac{\text{А}}{\text{с}} \quad (1)$$

2) $I_{\text{max}} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow U_1'$ - напряжение на конденсаторе, когда ток максимальный $= E + U_0 = 46$

ЗЭ:
$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} + \frac{CU_1'^2}{2} + E \cdot C(U_1 - U_1') \quad \text{аналогично работе батареи } \mathcal{E} = E + U_0$$

$$I_{\text{max}}^2 = \frac{1}{L} (EU_1^2 - CU_1'^2 - EC(U_1 - U_1'))$$

$$LI_{\text{max}}^2 = C(36 - 16 - 4 \cdot 2) =$$

$$I_{\text{max}}^2 = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}}{0.2 \text{ Гн}} \cdot 12$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{1.2} \text{ А} = 2 \sqrt{\frac{3}{10}} \text{ А} \approx 1.1 \text{ А}$$

3) $U_{\text{устойч.}}$
 $U_{\text{устойч.}} \Rightarrow I = 0$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_{\text{устойч.}}^2}{2} + (U_0 + E)C(U_1 - U_{\text{устойч.}})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= 2,5F - F - \frac{3F^2}{2F+6V_0t} \quad \frac{5F^2 + 15FV_0t - 5F^2 - 6FV_0t}{2F+6V_0t} = \text{Задача 5.}$$

$$= \frac{9FV_0t}{2F+6V_0t} = \frac{3}{2} V_0t$$

Вертикальное смещение $S_1 = \frac{4F}{5} - \frac{8F}{15} \cdot \left(\frac{5F+6V_0t}{3} \right) = \frac{2,5F - \frac{3}{2}V_0t}{\frac{5}{3}F + 2V_0t} =$

$$= \frac{4F}{5} - \frac{8F}{15} \cdot \frac{20F^2 - 36FV_0t}{25F + 30V_0t} = \frac{20F^2 + 60FV_0t - 20F^2 + 36FV_0t}{25F + 30V_0t} =$$

$$= \frac{60FV_0t}{25F + 30V_0t} \xrightarrow{t \rightarrow 0} \frac{60}{25} V_0t = \frac{12}{5} V_0t$$

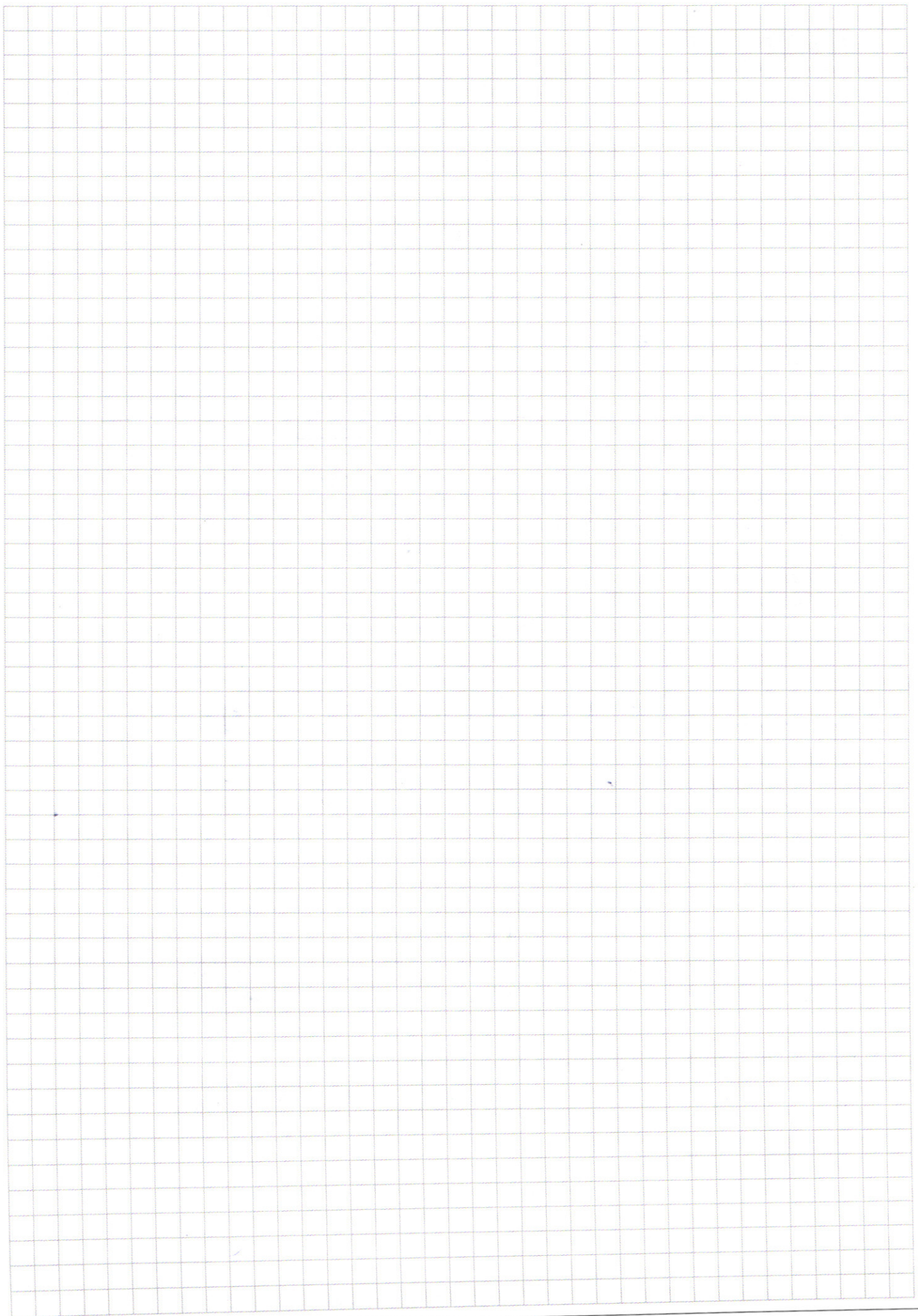
Полное смещение: $V_0t \sqrt{\frac{56^2}{25^2} + \frac{9^2}{2^2}} = \frac{\sqrt{65169}}{50} V_0t = \frac{257}{50} V_0t \approx 5,14 V_0t \Rightarrow \text{Скорость} = 5,1 V$

Ответы: ① $2,5F$; ② $\arctg(\frac{16}{5})$ ($\text{ctg} = \frac{5}{16}$); ③ $5,1 V$; ④ $\arctg(\frac{15}{8})$ ($\text{ctg} = \frac{8}{15}$)

Полное смещение: $V_0t \sqrt{\frac{12^2}{5^2} + \frac{9^2}{2^2}} = V_0t \sqrt{\frac{144}{25} + \frac{81}{4}} = V_0t \sqrt{\frac{576}{100} + \frac{2025}{100}} = V_0t \sqrt{\frac{2601}{100}} = \frac{51}{10} V_0t$

$\frac{51}{10} V_0t \Rightarrow \text{Скорость при } t \rightarrow 0 = 5,1 V$

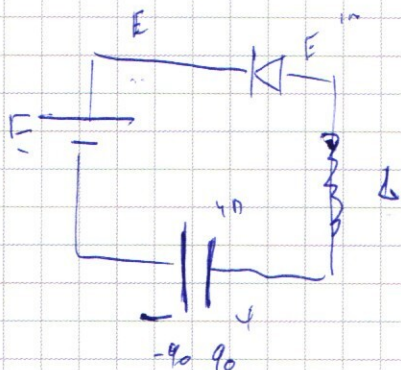
Ответы: ① $2,5F$ ② $\arctg(\frac{16}{5})$ ($\text{ctg} = \frac{5}{16}$) ③ $5,1 V$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 56 \\ \hline 1336 \\ 2800 \\ \hline 636 \\ 3136 \end{array}$$

U_{201}

28.

$$\frac{636}{625}$$

$$I_{\text{max}} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow E = \frac{q}{C} - U_0$$

$$q = (E + U_0)C$$

$$\frac{3136}{625} + \frac{81}{4} =$$

$$\frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} = \frac{\Delta I_{\text{max}}^2}{2} \cdot \frac{C(E + U_0)^2}{2} - E \cdot (q_0 - q)$$

$$\begin{array}{r} 2147 \\ \times 287 \\ \hline 154 \\ + 17109 \\ + 1288 \\ + 817 \\ \hline 5158 \cdot 4 = \end{array}$$

I_{max}

$$\frac{CU_0^2}{2} = L I_{\text{max}}^2 + C \cdot U_0^2$$

$C U_0^2$

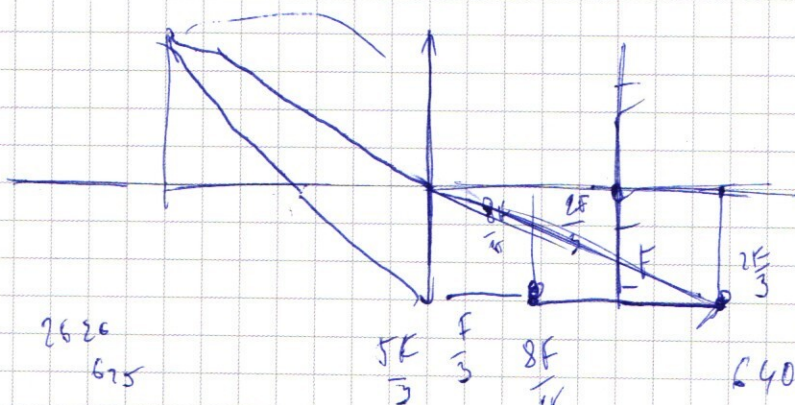
$$= 12400 + 11014$$

$$\frac{CU_0^2}{2} = L I_{\text{min}}^2 + \frac{C \cdot U_0^2}{2} - 3 \cdot C \cdot (6 - 4)$$

$$12544$$

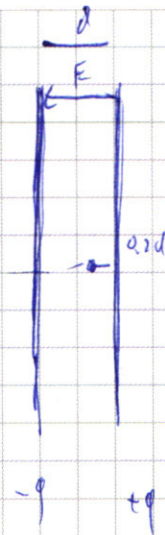
$$\frac{12544}{2600} + \frac{5668}{2600}$$

$$64000$$



$$\begin{array}{r} 45 \quad 45 \quad 1266 \\ 200 \quad 200 \quad 49 \\ 63 \quad 440 \\ 48 \quad 100 \\ \hline 49000 \\ 52 \\ 1036 \\ 3 \\ 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 49 \\ \times 81 \\ \hline 625 \\ + 625 \\ \hline 5000 \\ 50625 \end{array}$$



$$2,8F - F -$$

$$\frac{q}{m} T^2 = 0,8d \quad V_1 T = \frac{Fq}{m} T^2 = 0,8d$$

$$T = \sqrt{\frac{0,8dm}{Eq}}$$

$$U_{Ist} = U_q$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = E \cdot 0,8q$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2E \cdot 0,8q}{m}}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{mV_1}{Eq} T = 0,8d \quad \frac{m}{Eq} = 0$$

$$\frac{mV_1}{Eq} = \sqrt{\frac{2m \cdot 0,8}{Eq}}$$

$$5F^2 + 15FV_0t - 5F^2 + 6FV_0t$$

$$T = \frac{mV_1}{Eq} + \sqrt{\frac{2m \cdot 0,8}{Eq} - \frac{4 \cdot 0,8dm}{Eq}}$$

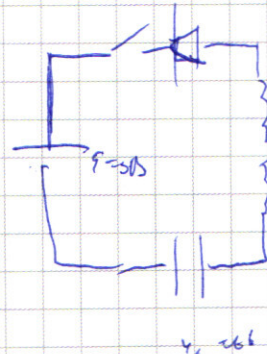
$$50 \cdot 60 \approx$$

$$E = 2,8$$

$$T = \frac{V_1}{a} = \frac{V_1 m}{Eq} = \sqrt{\frac{2m \cdot 0,8dm}{Eq}}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = E \cdot 0,8q$$

$$E = \frac{mV_1^2}{1,6q}$$



$$V_1 T = \frac{Eq}{m} T^2 = d$$

$$2601$$

$$T^2 = 2m$$

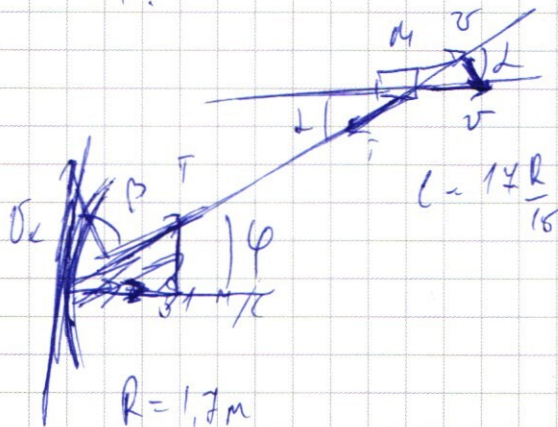
$$144 \cdot 4 = 400 + 160 + 16 = 576$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 25 \\ \hline 155 \\ + 620 \\ \hline 775 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1.

11-16.11



289

$$289 - 64 =$$

$$225 = 15^2$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 14 \\ \hline 119 \\ 14 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$v \cos \alpha = v_k \cos \beta \quad (\text{согласно условию } \gamma = 0)$$

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = \frac{40 \cdot 3 \cdot 14}{5 \cdot 8} = 3.19 = 51 \text{ м/с}$$

$$2) v_k (\text{оши мифи}) = v_k \sin \beta - v \sin \alpha = 51 \text{ м/с} \cdot \frac{15}{14} - 40 \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= 45.752 = 15.4 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{m v_k^2}{R}$$

$$T \cos \varphi = \frac{m v_k^2}{R}$$

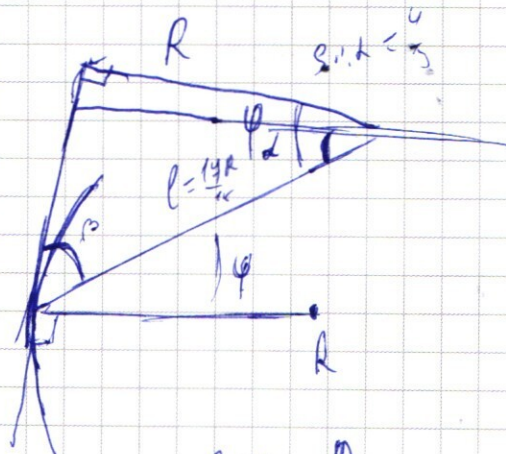
$$\frac{T R}{\cos \varphi} = \frac{m v_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m v_k^2 \cos \varphi}{R^2}$$

$$1 \cdot 10^{-12}$$

$$2 \cdot 10^{-12}$$

$$10 \cdot 10^{-12}$$



$$\cos \varphi = \frac{R}{l}$$

$$\begin{array}{l} 0.6 \cdot 0.6 \\ 0.58 \cdot 0.6 \end{array}$$

