

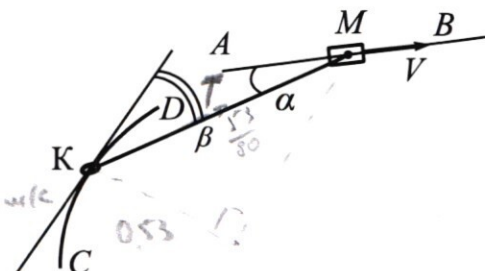
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

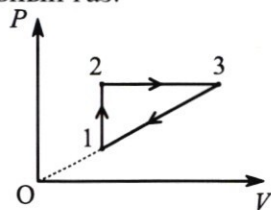
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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.

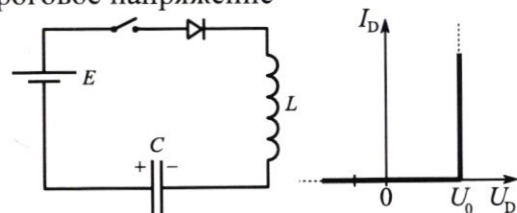
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

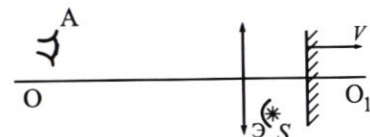
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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

Задача 1.

1) Запишем проекции скоростей ~~и~~ муфты и кольца на ось Ox , параллельную нити в данный момент

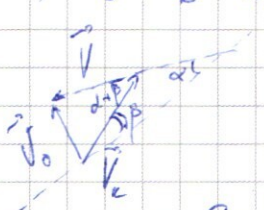
$$V_x = V \cos \alpha \quad - \text{муфта}$$

$$S_x = V_k \cos \beta \quad - \text{кольцо}$$

Т.к. нить нерастянута, то $S_x = V_x \Rightarrow V_k = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \text{ м/с}$

Ответ 1: $V_k = 50 \text{ м/с}$

а) $\vec{S}_0 = \vec{V}_k - \vec{V}_M$



$$S_0^2 = V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= V_k^2 + V^2 - 2 V_k V (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \beta = \frac{4}{5}$$

$$S_0 = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2 V_k V (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} =$$

$$\sqrt{2500 + 1156 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{15 \cdot 3 - 8 \cdot 4}{17 \cdot 5}} = \sqrt{3136} = 56 \text{ м/с}$$

Ответ 2: $V_{\text{нит}} = 56 \text{ м/с}$

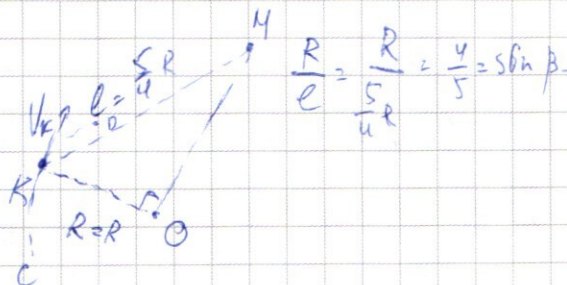
3) $T = m a$

$$T \sin \beta = m a \sin \beta = m a_{\text{н}}$$

$$V_k \perp kO$$

$$a_{\text{н}} = \frac{V_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m V_k^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 5}{0,53 \cdot 4 \cdot 100} = \frac{75 \cdot 25}{1,06 \cdot 100} = \frac{75 \cdot 25}{106} \approx 17,7 \text{ Н} - \text{Ответ 3.}$$



Задача №2.

1) Изобара: $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = P_{\Delta} V_{23} + \frac{3}{2} P_{\Delta} V_{23} = \frac{5}{2} P_{\Delta} V_{23}$.

То есть: $P_{\Delta} V_{23} = \nu R \Delta T$

Т.е. для изобары $C_p = \frac{Q_p}{\nu R \Delta T} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = \frac{5R}{2} = C_{23}$

2) Изохора: $Q_v = A + \Delta U = 0 + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$.

$C_v = \frac{Q_v}{\nu R \Delta T} = \frac{3}{2} R = C_{12}$

$\frac{C_v}{C_p} = 0,6$ - искомое, т.к. тепло подводилось на ур. 12 и 23.

Ответ: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$.

2) $A_p = P_{\Delta} V$

$\Delta U_p = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{P_{\Delta} V}{\nu R} = \frac{3}{2} P_{\Delta} V$

$P V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P V_2}{\nu R}$

$P V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P V_1}{\nu R}$

$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{P}{\nu R} \Delta V$

$\frac{\Delta U_p}{A_p} = 1,5$ - ответ 2.

3) $P_1 > 0$.

$V_1 > 0$.

Пусть $P_2 = k P_1$,

Тогда $P_2 = k V_2 = P_1 V_1 \left(\frac{k^2 - 1}{2} + \frac{3}{2} (k^2 - 1) \right) = P_1 V_1 \cdot 2 (k^2 - 1)$

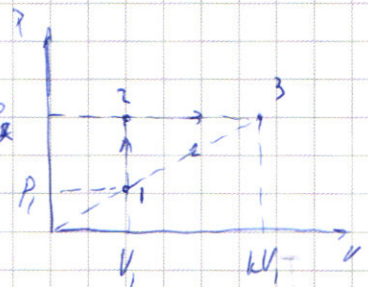
где $k > 1$.

$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (k-1) + \frac{5}{2} P_1 V_1 (k-1) = \frac{4k+4}{2} P_1 V_1 (k-1)$

$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (k-1) + \frac{5}{2} \cdot k P_1 V_1 (k-1) = P_1 V_1 (k-1) \left(\frac{5k+3}{2} \right) =$

$= \frac{P_1 V_1}{2} (k-1) (5k+3)$

$y = 1 - \frac{P_1 V_1 \cdot 2 (k-1) (k+1) \cdot 2}{P_1 V_1 (k-1) (5k+3)} = 1 - \frac{4k+4}{5k+3} = \frac{k-1}{5k+3}$ - возрастает, если $k \in [1; \infty)$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда $y_{\max} = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k}{5k+3} \right) = 0,2 = 20\%$ - ответ 3.

Задача 5.

$$1) \frac{\frac{3F}{4}}{h} = \frac{F}{d-F} ; \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{5F}{4}} = \frac{h}{d}$$

$$\frac{3}{4h} = \frac{1}{d-F} ; \frac{h}{d} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{3d-3F}{4} = h \Rightarrow \frac{15d-15F}{4} = 3d$$

$$15d-12d=15F$$

$$d=5F$$

Ответ 1: $d=5F$

2) Т.к. зеркало движется со скоростью V , то S' движется со скоростью $2V$. Тогда S'' движется по прямой $S'K$ (возле оси OO')

Т.к. $S'' = F, K \cap S'O$. Тогда $\tan \alpha = \frac{KO}{OF_1} = \frac{\frac{3}{4}F}{F} = \frac{3}{4}$ - ответ 2.

3) Тогда $\cos \alpha = \frac{4}{5}$ и $\sin \alpha = \frac{3}{5}$.

Пусть за время t отражение им.

сместилось на $\Delta x = \frac{1}{2} S_1'$

Тогда и обратн. сместилось на $\Delta y = \frac{3}{2} S_1'$

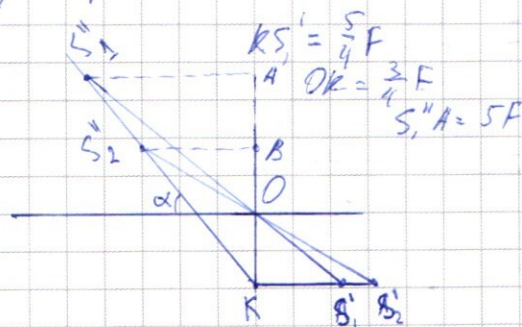
$$1) \frac{OK}{OA} = \frac{KS_1'}{S_1'A} \Rightarrow OA = \frac{5F \cdot \frac{3}{4}F}{\frac{5}{4}F} = 3F$$

$$2) \frac{KS_2'}{S_2'B} = \frac{OK}{OB}$$

$$OB = OA - AB = OA - \Delta y \sin \alpha$$

$$S_2'B = S_1'A - \Delta y \cos \alpha$$

$$KS_2' = KS_1' + \Delta x$$



$$\frac{kS_1' + \Delta y}{S_1' A = ay \cos \alpha} = \frac{Qk}{2A - ay \sin \alpha}$$

$$\frac{\frac{5}{4}F + \Delta x}{5F - ay \cos \alpha} = \frac{\frac{3}{4}F}{3F - ay \sin \alpha}$$

$$\frac{15}{4}F^2 - \frac{5}{4}Fay \sin \alpha - axay \sin \alpha + 3F\Delta x = \frac{15}{4}F^2 - \frac{3}{4}Fay \cos \alpha$$

$$3F\Delta x = \frac{5}{4}Fay \sin \alpha - \frac{3}{4}Fay \cos \alpha - axay \sin \alpha \quad \Delta x ay \neq 0$$

$$3\Delta x = ay \left(\frac{5}{4} \cdot \frac{3}{5} - \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{5} \right)$$

$$3\Delta x = ay \cdot \frac{3}{20}$$

$$\Delta y = 20\Delta x.$$

Т.е. t -малое, то $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5}{2V} \Rightarrow V = 40V$ - ответ 3.
Задача 3

1) Т.е. поле между осей симметрично относительно, то $F = \text{const.}$

$$F \cdot 0,7d = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow F = \frac{5mV_1^2}{7d}$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{5V_1^2}{7d}$$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,2d$$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{2d \cdot 7d}{5 \cdot 5V_1^2}} = \frac{d\sqrt{14}}{5V_1} \quad - \text{ответ 1.}$$

$$2) F = qE = \frac{q^2}{Cd} = \frac{q^2 d}{d \epsilon \epsilon_0 S} = \frac{q^2}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$F = \frac{kqQ}{d^2}$$

$$\frac{5mV_1^2}{7d} = \frac{kmyQ}{d^2}$$

$$Q = \frac{5V_1^2 d}{7ky} \quad - \text{ответ 2.}$$

$$3) \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{kqQ}{2d},$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Задача 4.~~

$$m_e V_1^2 = V_2^2 \cdot m + \frac{e \cdot m \cdot \gamma \cdot 0.5 V_1^2}{d \cdot 7 \cdot k \gamma}$$

$$V_1^2 = V_2^2 + \frac{5}{7} V_1^2$$

$$V_2^2 = \frac{2}{7} V_1^2$$

$$V_2 = \frac{V_1 \sqrt{2}}{\sqrt{7}} - \text{ответ 3.}$$

Задача 4.

$$\psi_L = L I' \Rightarrow I' = \frac{\psi}{L} = \frac{3}{0.1} = 30 \text{ A/c}$$

$$I' = \frac{dI}{dt}$$

$$\psi_L = \mathcal{E} - \psi_0 = 3 \text{ В}$$

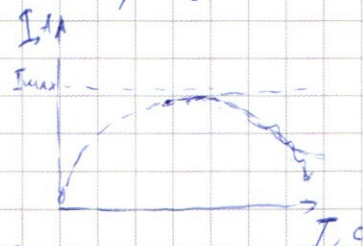
Диаг. обратная связь.

$$2) I = I_{\max} \Rightarrow \psi_L \neq 0 \Rightarrow \psi_L = \mathcal{E} - \psi_0 = 5 \text{ В} - \text{ответ 3.}$$

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} = \frac{C U_0^2}{2}$$

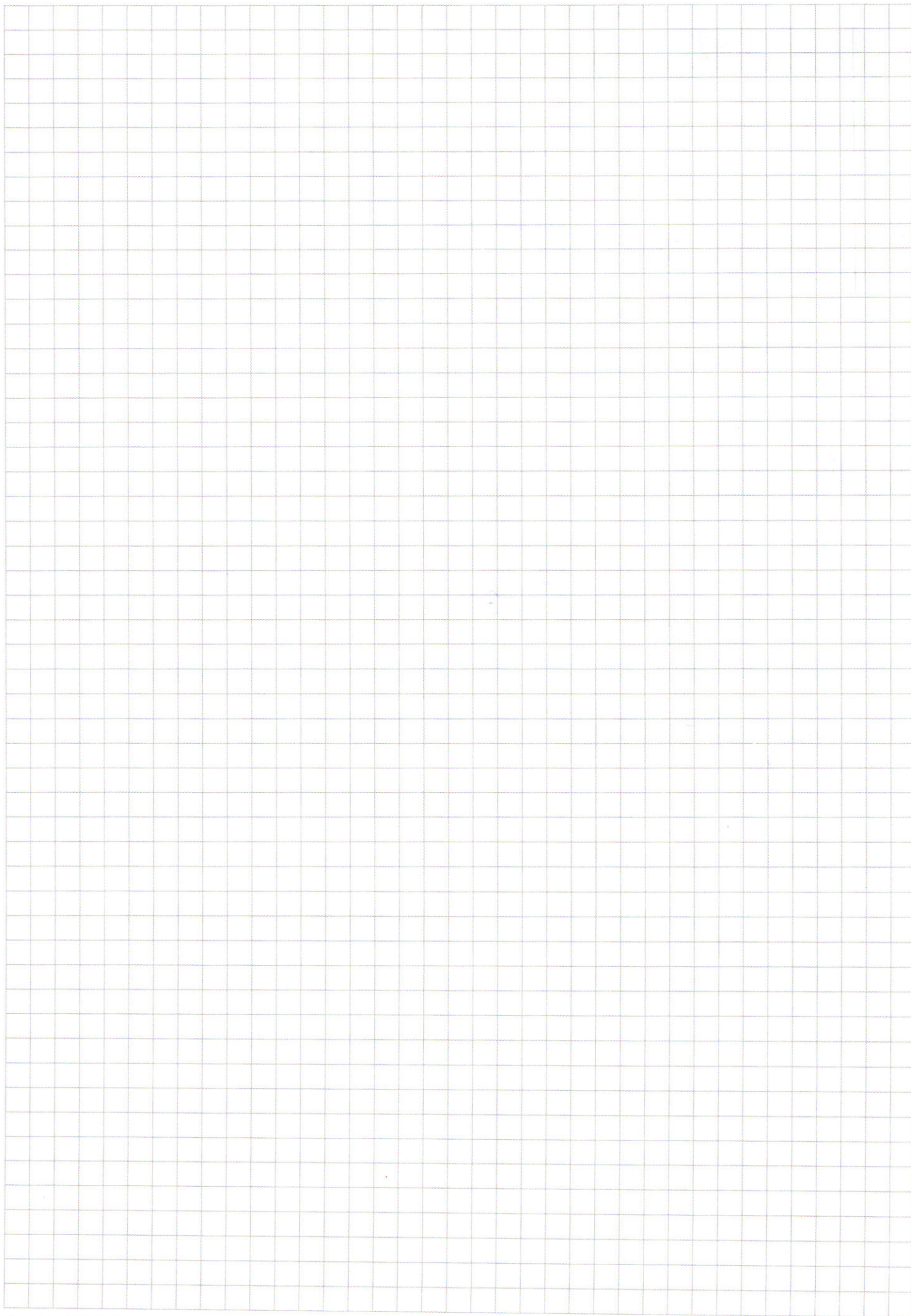
$$\Rightarrow W_c = 0$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C U_0^2}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{10^{-1}}} = 400 \text{ A} - \text{ответ 2.}$$



$$3) \psi_L = 0 \text{ не, т.е. ток не изм.}$$

$$\psi_L = \mathcal{E} - \psi_0 = 5 \text{ В} - \text{ответ 3.}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on graph paper:

Top Left: Division of 1875 by 106, remainder 73. Then 73 divided by 106, remainder 53.

Top Center: Diagram showing a right triangle with sides 4, 3, and hypotenuse 5. Angle α is indicated. $\tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$.

Top Right: Division of 784 by 19.6, remainder 36. Then 36 divided by 19.6, remainder 24.

Middle Left: Division of 280 by 31, remainder 14.4. Then 14.4 divided by 10, remainder 4.4.

Middle Center: Diagram showing a right triangle with sides 3, 4, and hypotenuse 5. Angle α is indicated. $\tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$.

Middle Right: Division of 3136 by 32, remainder 28. Then 28 divided by 32, remainder 28.

Bottom Left: Division of 13 by 17.5, remainder 34. Then 34 divided by 17.5, remainder 34.

Bottom Center: Division of 15 by 17, remainder 3. Then 3 divided by 17, remainder 3.

Bottom Right: Division of 1156 by 250, remainder 3656. Then 3656 divided by 250, remainder 520. Then 520 divided by 250, remainder 20.

Formulas:

$$\frac{C}{a_1} = \frac{S}{b_1}$$

$$\frac{C}{a - \Delta a} = \frac{S + \Delta S}{b_1 - \Delta b_1}$$

$$C = \frac{a \cdot S}{b_1} = \frac{(S + \Delta S)(a - \Delta a \sin \alpha)}{b_1 + \Delta b_1 \cos \alpha}$$

$$\frac{a \Delta S}{b_1} = \Delta S \cdot \Delta a \cdot \Delta b_1$$

$$\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5}$$

$$\frac{13}{17.5} \cdot 34 \cdot 50 \cdot 2 = 13 \cdot 4 \cdot 10$$

$$\frac{75 \cdot 25}{2 \cdot 0.53} =$$

$$\frac{75.25}{1.06} \approx 75.25 = 25^2 \cdot 3 = 625 \cdot 3 = 1875$$

$$D_{\text{me}} = \frac{B \cdot A \cdot c}{\mu}$$

$$A \cdot e \quad F =$$

$$F = QE$$

$$E$$



CU

$$q = CU \quad E = \frac{B}{\mu}$$

$$Q = CU$$

$$I \pm$$

$$CU = Ed$$

$$\frac{QE d}{2} = D_{\text{me}}$$

$$\mu_{\text{me}} = \frac{k q Q}{d^2}$$

$$\frac{5V^2}{7d} = \frac{k q Q}{2 \mu}$$

$$Q = \frac{5V^2 d}{7k q}$$

$$U = Ed$$

$$qEd = CU^2$$

$$\frac{qQ}{2d} = \frac{qEd}{2}$$

$$\frac{q}{C} = Ed$$

$$E = \frac{q}{Cd}$$

$$F = \frac{k q Q}{d^2}$$

$$F = QE = \frac{k q Q}{d^2}$$

$$E = \frac{k q}{d^2}$$

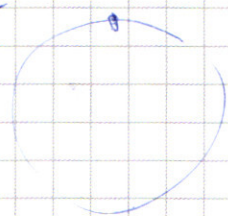


$$F = \frac{k q Q}{d^2} - \frac{k q Q}{(x+d)^2}$$

$$y = \frac{q}{m}$$

$$q = m y$$

$$\frac{qEd}{2}$$



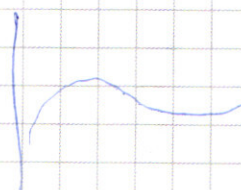
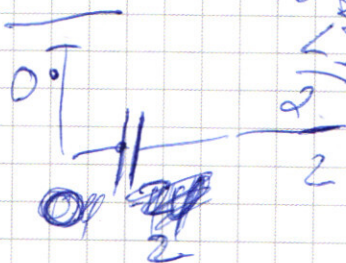
$$\frac{m V_1^2}{2} = \frac{m V_2^2}{2} + \frac{k q Q}{2d} qE$$

$$m V_1^2 = m V_2^2 + \frac{2k q \cdot 5V^2 d}{d \cdot 7 \cdot k q}$$

$$V_1^2 = V_2^2 + \frac{10}{7} V^2$$

$$I = 0$$

$$LI' = 4$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on grid paper showing physics calculations and diagrams.

Top Left: Diagram of two parallel plates with charges $+Q$ and $-Q$. Formula: $U = Ed$.

Top Center: Formula: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$.

Top Right: Diagram of a right triangle with sides 3, 4, 5. Calculations: $\frac{53}{100} = \frac{5}{4}$, $\frac{53}{100} = \frac{5}{4}$, $\frac{53}{100} = \frac{5}{4}$.

Middle Left: Calculations: $10 - 225 = -169$, $209 - 225 = -16$, $645 - 225 = 420$, $1119 - 17F = 289$. Formula: $E = \frac{W}{R}$.

Middle Center: Diagram of a right triangle with sides 3, 4, 5. Formula: $T = \frac{W}{R \sin \theta}$.

Middle Right: Diagram of a right triangle with sides 3, 4, 5. Formula: $V \cos \alpha = F \cos \beta$.

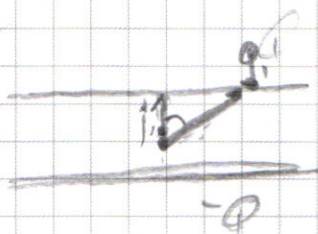
Bottom Left: Diagram of a circle with radius R and center O . Formula: $a_n = \frac{v^2}{R}$.

Bottom Center: Diagram of a right triangle with sides 3, 4, 5. Formula: $T = ma$, $\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_n$.

Bottom Right: Calculations: $\cos(\alpha - \beta) = \cos 30^\circ \cos 60^\circ + \sin 30^\circ \sin 60^\circ$, $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} = \cos 30^\circ$. Formula: $\sigma_0 = \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 1 - 2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} / (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta)$.

Bottom Center: Formula: $\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} = 1 - 2 \cos^2 \alpha + 2 \sin \alpha \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \beta} \cdot \frac{1}{g \beta}$.

Bottom Right: Calculations: $\frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{14 \cdot 3}$, $\frac{2 \cdot 25}{4} = 80 \text{ m/s}$.



$$q = -q$$



$$q = It$$

$$F_0 + F_n = \frac{kQq}{r^2} + \frac{kQq}{(d-r)^2}$$

$$U = Ed$$

$$U = Ed$$

$$\frac{kQq}{r^2} \cdot \cos \theta$$

$$kQq$$

$$\frac{kQq}{d^2} \cdot \cos \theta$$

$$q = CU = Ed = \frac{\epsilon_0 S}{d} U = Ed$$

$$U = Ed$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_0 S/d}$$

$$E = \frac{B}{\mu_0} \cdot \cos \theta$$

$$U = \frac{Q}{C}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$CU = Q$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} = Ed$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$F \cdot d = \frac{mv^2}{2}$$

$$F =$$

$$F = \frac{5mv^2}{7d}$$

$$F = \frac{5mv^2}{7d}$$

$$\frac{Fd}{5} = \frac{mv_{\text{ср}}^2}{2}$$

$$F = mg$$

$$a = \frac{5v^2}{7d}$$

$$\frac{H}{\mu_0}$$

$$U = Ed$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$at = v_{\text{ср}}$$

$$a =$$

$$T = \frac{v_{\text{ср}}}{a} = \frac{\frac{\sqrt{5}}{7} \cdot 7d}{\frac{5v^2}{7d}} = \frac{\sqrt{5}}{5v^2} \cdot 7d$$

$$\frac{5mv^2}{7d} \cdot \frac{d}{5} = \frac{mv_{\text{ср}}^2}{2}$$

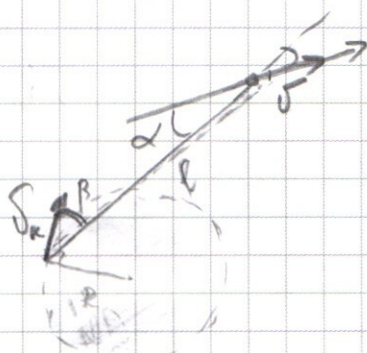
$$v_{\text{ср}} = \frac{v\sqrt{5}}{7}$$

$$qE = F$$

$$F = \frac{kQq}{r^2} \cdot 2$$

$$Q =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\Delta x =$$

$$S_k \cos \alpha t = S_k \cos \rho t$$

$$S_k = \frac{S \cos \alpha}{\cos \rho} = \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} =$$

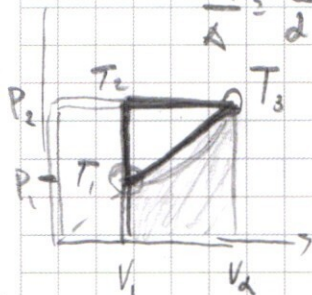
$$\frac{Dw}{D\alpha}$$

2/0

$$A = P_A V = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2} = 1,5$$



$$\frac{Q_n}{Q_3} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} P V = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$Q_{23} = \Delta U + A = \frac{3}{2} V R \Delta T + V R \Delta T = \frac{5}{2} V R \Delta T$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \underline{\underline{0,6}}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{1}{2}$$

$$\eta = \frac{\frac{(P_1 + P_2) \cdot \Delta V}{2} + \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{5}{2} P_2 V_2}{\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_1 - P_1 V_2}{5 P_2 V_2 - 3 P_1 V_1 - 2 P_2 V_1}}$$

$$\frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) =$$

$$\frac{P_1 V_2 + P_2 V_2 - P_1 V_1 - P_2 V_1 + 3 P_2 V_2 - 3 P_1 V_1}{2}$$

$$= \frac{4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1}{2}$$

$$\frac{4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1}{5 P_2 V_2 - 3 P_1 V_1 - 2 P_2 V_1}$$

$$Q_n = \frac{3 P_2 V_1 - 3 P_1 V_2 + 5 P_2 V_2 - 5 P_1 V_1}{2}$$

$$\frac{5 P_2 V_2 - P_2 V_2 - 3 P_1 V_1 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - 2 P_2 V_1 + P_2 V_1}{5 P_1 V_1}$$

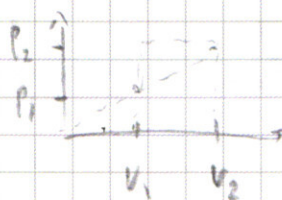
$$1 + \frac{P_1 V_2 + P_2 V_1 - P_2 V_2 - P_1 V_1}{5 P_1 V_1}$$

$$\frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{5P_2 V_2 - 3P_1 V_1 - 2P_2 V_1}$$

$$P_2 V - P_1 \Delta V$$

$$\frac{\Delta P \Delta V}{P_2 (5V_2 - 2V_1) - 3P_1 V_1}$$

$$= \frac{P_1 V_1 (k-1)^2}{5 \cdot P_1 k \cdot V_1 k - 3P_1 V_1 - 2P_1 k V_1}$$



$$V_2 = kV_1 \Rightarrow P_2 = kP_1$$

$$P \quad P_1 (k-1) \quad V_1 (k-1)$$

$$\frac{5}{20} = 20\% \\ \frac{5}{5} = 100\%$$

$$\frac{(k-1)^2}{5k^2 - 2k - 3}$$

$$f(k) = \frac{k-1}{5k+3}$$

$$\frac{k}{5k+3} = \frac{1}{5k+3}$$

$$\frac{5k^2 - 2k - 3}{5k^2 - 5k} \cdot \frac{k-1}{5k+3}$$

$$f(x)g(x) = f'(x)g(x) + g'(x)f(x) \quad \frac{k-1}{5k+3}$$

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f'(x)g(x) - g'(x)f(x)}{g^2(x)}$$

$$g(x) = \frac{1}{5k+3} \\ g'(x) = \frac{-5}{(5k+3)^2}$$

$$f'(k) = \frac{1(5k+3) - 5(k-1)}{(5k+3)^2}$$

$$5k+3 - 5k+5 = 0$$

$$\frac{1}{20} = 20\%$$

$$\frac{1}{20} = 20\%$$

$$\frac{k_1-1}{5k_1+3} = \frac{k_2-1}{5k_2+3} \quad \forall 0$$

$$(k_1-1)(5k_2+3) = (k_2-1)(5k_1+3)$$

$$5k_2 k_1 - 5k_2 + 3k_1 - 3k_1 k_2 + 5k_2 - 5k_1 + 3 = 0$$

$$8k_1 k_2$$

$$k \rightarrow 0$$

$$f(k_1) = f(k_2)$$

$$k_1 > k_2$$

