

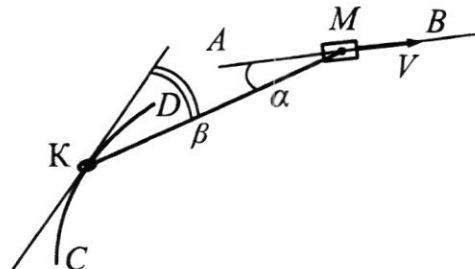
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



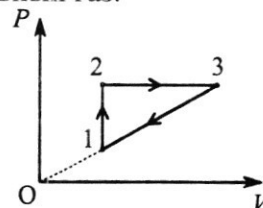
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

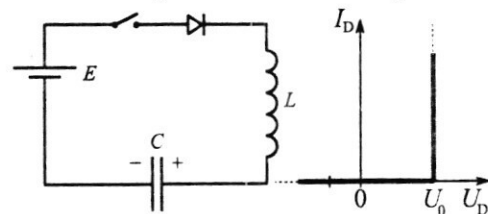
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ 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 $F/2$ от плоскости 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

Дано:

$$V = 68 \text{ м/с}$$

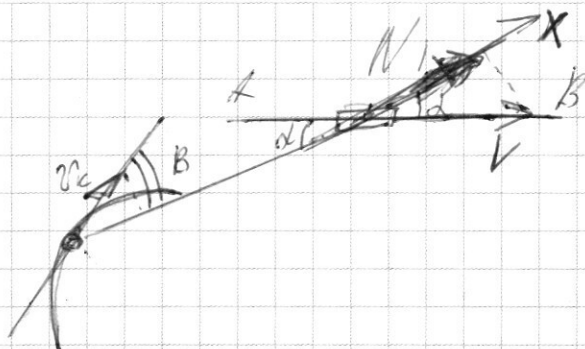
$$m_k = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = 5R/3$$

$$\cos \alpha = 15/17$$

$$\cos \beta = 4/5$$

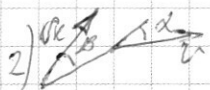


1) шипы и колесо движутся со своей скоростью в осн
клетки

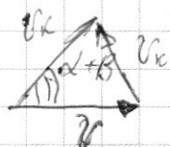
ок: $v_k \cos \beta = V \cos \alpha$

$$v_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ м/с}$$

- 1) v_k ?
- 2) v_k' ?
- 3) T ?



$\Rightarrow$



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{4^2}{5^2}} = \frac{3}{5}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{60}{85} - \frac{8 \cdot 3}{85} = \frac{36}{85}$$

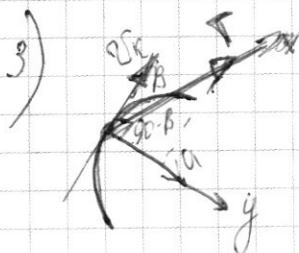
Тогда косинусов: $v_k'^2 = v_k^2 + V^2 - 2 \cos(\alpha + \beta) v_k V$

$$v_k'^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot \frac{36}{85} \cdot 75 \cdot 68 = 75^2 + 68^2 - \frac{72}{85} \cdot 75 \cdot 68$$

$$\approx 75^2 + 68^2 - 634 \cdot 68 = 75^2 + 68^2 - 43112 = 5625 + 4624 - 43112 = 5937,8$$

$$= 5937,8$$

$$v_k' = \sqrt{5937,8} \approx 77 \text{ м/с}$$



2-ой закон Ньютона
 $m \vec{a} = \vec{T}$

для осн y: $ma = T \cos(90 - \beta)$
 $ma = T \sin \beta$

Тогда
по окружности

$$\frac{mv_k'^2}{R} = T \sin \beta \quad T = \frac{mv_k'^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \cdot 75^2 \cdot 0,1}{1,9 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{9 \cdot 5}{160 \cdot 3 \cdot 1,9} = \frac{3}{60,8} \approx 0,049 \text{ Н}$$

$$= \frac{3}{32 \cdot 1,9} = \frac{3}{60,8} \approx 0,049 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

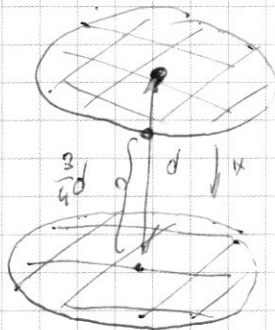
1) $V_1 = ?$

2) $Q = ?$

3) V_2

$\frac{Q}{m} = \gamma$

$V_0 = 0$



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

$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad \epsilon = 1$

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

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

2-й закон Ньютона для частицы

$m\vec{a} = \vec{F}_0$

проекции на х: $ma = F_0$

$ma = F_0 = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$

$a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S m} = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S}$

равномерное движение

$\frac{3}{4}d = v_0 T + \frac{aT^2}{2}$

$\frac{3}{4}d = \frac{aT^2}{2}$

$aT^2 = 1.5d$

$a = \frac{1.5d}{T^2} \quad (2)$

1) $v_0 = aT = \frac{1.5d}{T^2} T = \frac{1.5d}{T}$

2) (1) приравняем к (2)

$\frac{1.5d}{T^2} = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S} \quad \text{откуда } \gamma = \frac{1.5d \epsilon_0 S}{T^2}$

3) так расстояние от конденсатора $\rightarrow$ вылетевшая частица не зарядит, тогда кинетическая энергия в этот момент

равна кинетической энергии, когда он вылетел из конденсатора + работа поля по его ускорению

$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + A_{\text{пол}}$

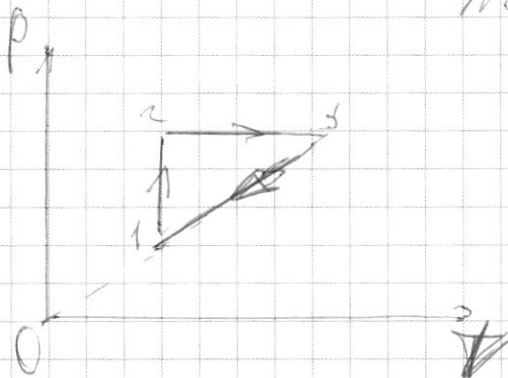
$v_2^2 = v_1^2 + \frac{2qQd}{m \epsilon_0 S} \Rightarrow$

$$v_2^2 = \frac{2,25d^2}{T^2} + 2\gamma \cdot Q \cdot \frac{d}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{2,25d^2}{T^2} + 2\gamma \cdot \frac{1,5d\epsilon_0 \epsilon}{T^2 \gamma} \cdot \frac{d}{\epsilon_0 \epsilon} =$$

$$= \frac{2,25d^2}{T^2} + \frac{3d^2}{T^2} = \frac{5,25d^2}{T^2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{5,25d^2}{T^2}} = \sqrt{5,25} \frac{d}{T}$$

№2



- 1) $\frac{C_1}{C_2}$
- 2) $\frac{A_{12}}{A_{23}}$
- 3) η

1) $Q_{12} = P_1 V + \frac{3}{2} V R \Delta T_1 = \frac{3}{2} V R \Delta T_1 = C_1 \Delta T_1$

Классический Менделеев $C_1 = \frac{3}{2} R$

$$Q_{23} = P_2 V + \frac{3}{2} V R \Delta T_2 = V R \Delta T_2 + \frac{3}{2} V R \Delta T_2 = \frac{5}{2} V R \Delta T_2 = C_2 \Delta T_2$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

$\frac{P}{T} = \text{const}$

если процесс P или $V \rightarrow T$ - процесс в процессе 12 и 23 T растет

в процессе 23 P и $V \downarrow \Rightarrow T$ увеличивается

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$$

$$\frac{T_3 - T_2}{\frac{5}{2} T_3 - T_2} = \frac{T_3 - T_2}{\frac{5}{2} T_3 - T_2} \Rightarrow \frac{T_3}{\frac{5}{2} T_3} = 40\%$$

$T_2 = 0$, что $\eta \rightarrow \max$

2) $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} V R \Delta T_1}{V R \Delta T_2} = \frac{3}{2}$

3) $\eta = \frac{\Delta Q}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{V R (T_3 - T_2) + V R (T_1 - T_3)}{\frac{3}{2} V R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} V R (T_3 - T_2)}$

$T_1 = 0$ т.к. $P = \max$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

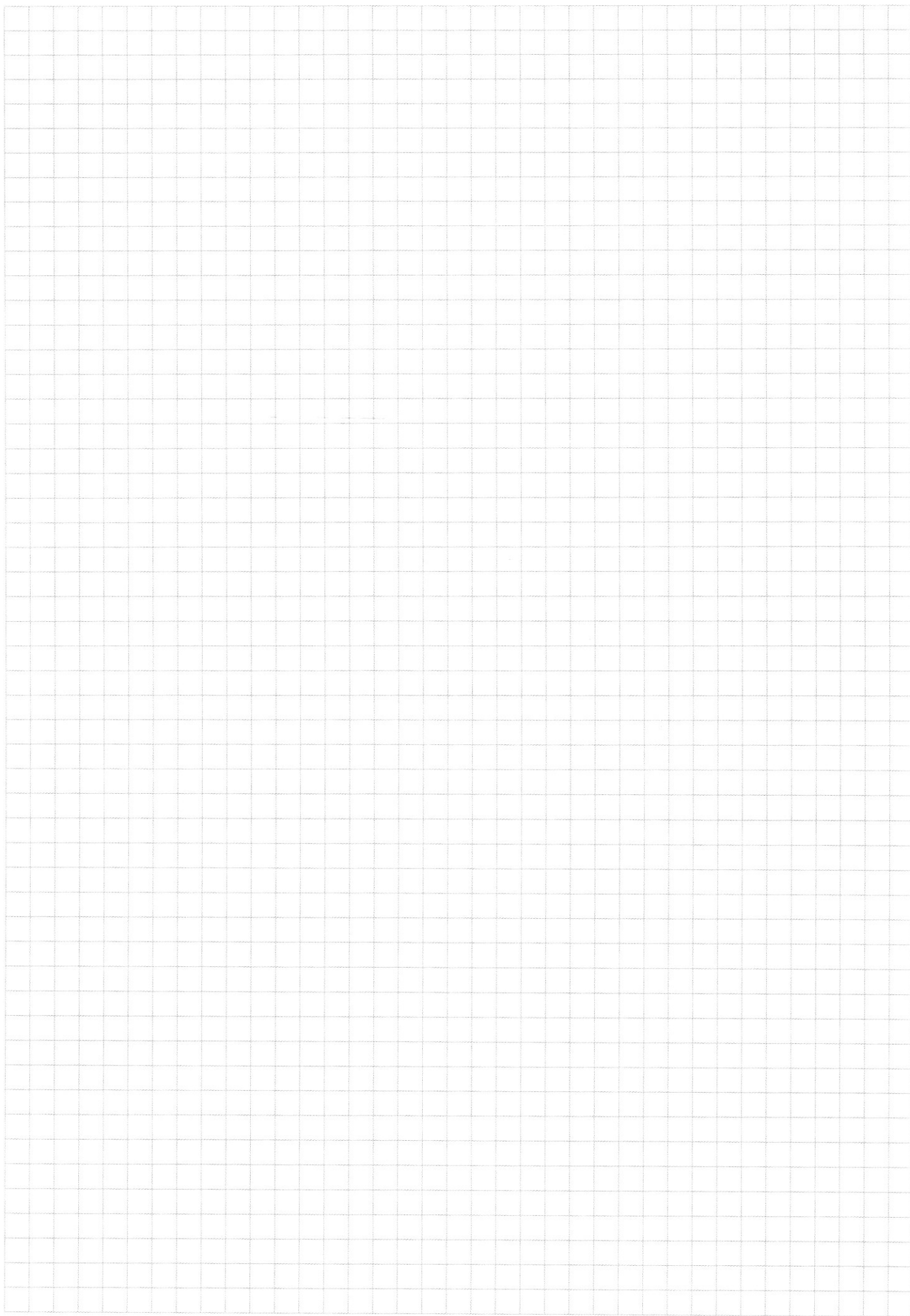
Дано:
 $C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $V_1 = 5 \text{ В}$
 $L = 3 \text{ мГн}$
 $V_0 = 1 \text{ В}$
 $E = 9 \text{ В}$

1) ток после замыкания ключа не будет, тк
 диод не будет его пропускать

$V_0 = 0$

2) ток макс - когда конденсатор мин

3) $C U_{\text{max}}^2 = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$ 30Э
 $I = \sqrt{\frac{C U_{\text{max}}^2}{L}}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper showing physics calculations and diagrams.

Top Left: $C_V(T_2 - T_1)$, $\frac{3}{2} \frac{V R \Delta T}{V R \Delta T} = \frac{3}{2}$

Top Center: $\left(\frac{F}{d}\right)^2 2v$

Top Right: $F = \dots$, $E = \frac{U}{d} = Q E \cos$

Center Left: A diagram showing a vector F and a coordinate system with axes x and y . The angle between F and the x -axis is 30° .

Center Right: $F = E q = Q E \cos \alpha$, $ma = Q E \cos \alpha$, $a = \frac{Q E \cos \alpha}{m} = Q E \cos \alpha$

Bottom Left: A diagram showing a vertical vector $\frac{mv^2}{2} = \dots$ and a calculation: $3 \mid 60,8$, $3000 \mid 608$, $-2432 \mid 0,049$, -5680 , -5472 , 318 .

Bottom Center: A diagram showing a vertical vector $\frac{mv^2}{2} = \dots$ and a calculation: $72 \mid 72$, 360 , 1080 , 102 , 60 , 51 , 70 , 63 .

Bottom Right: A diagram showing a vertical vector $\frac{mv^2}{2} = \dots$ and a calculation: $0,75d = \frac{v^2}{T^2}$, $a = \frac{0,75d}{T^2}$, $0,25d = \frac{1,5d^2}{T^2}$, $a = \frac{1,5d^2}{T^2}$, $T = \frac{1,5d^2}{a}$, 75 , 175 , 375 , 525 , 5625 , 78 , 148 , 824 , 396 .

$$Q = C \Delta T$$

$$k T_1 - T_2$$

$$k^2 T_1 - k$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1 \sqrt{T_1} (k-1)}{C_2 \sqrt{T_2} (k^2-1)}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1 k}{C_2 (k+1)}$$

$$\frac{Q_1 (k+1)}{Q_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$\frac{3}{2} VR T_2 - T_1$$

$$P \Delta V \rightarrow$$

$$\frac{\frac{3}{2} VR T_2 - T_1}{\frac{5}{2} VR}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on a grid background.

Top left: $\frac{225}{258} \cdot \frac{66}{289} = \frac{8}{17}$

Top right: $v_{\text{cos}} \cos \alpha = v_{\text{cos}} \cos \beta$
 $68 \cdot \frac{15}{17} = v_{\text{K}} \cos \beta$
 $\frac{68}{\frac{4}{5}} \cdot \frac{5}{4} = v_{\text{K}}$
 $v_{\text{K}} = 75$

Middle right: $\cos(\alpha + \beta) =$
 $= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$
 $= \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$

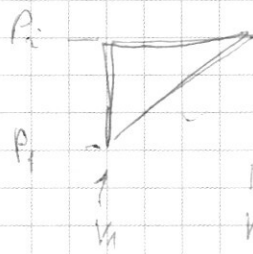
Middle left: $\frac{3}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)}$
 $G \sqrt{T_2 - T_1}$

Bottom left: N_3

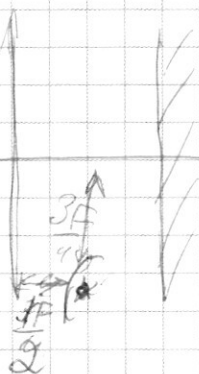
Bottom middle: $\frac{1}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)}$

Bottom right: $\frac{1}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)}$

$$12: P_{\Delta} V = \nu R_{\Delta} T$$



$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$



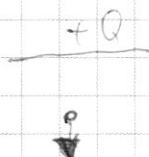
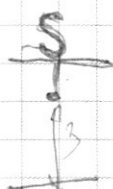
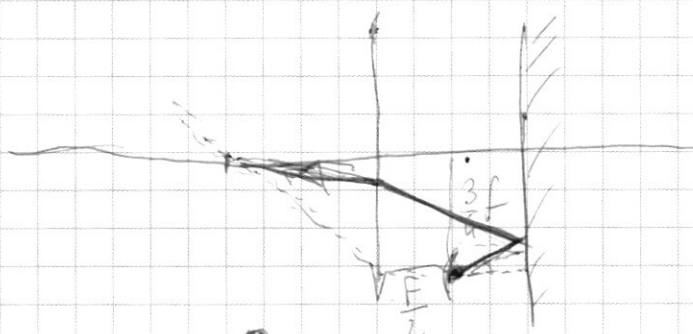
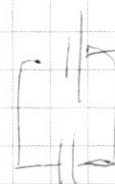
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{P_0 V}{T_1} = \frac{k P V}{T_2} = \frac{k^2 P V}{T_3}$$

$$T_3 = k^2 T_1$$

$$T_2 = k T_1$$

$$E = 9B$$



$$F = \frac{Qq}{r^2} + \frac{Qq}{r^2} =$$

$$= Qq \frac{(d-r)^2 + r^2}{r^2(d-r)^2} = \frac{d^2 - 2rd + 2r^2}{r^2(d-r)^2}$$

$$= Qd \frac{(d^2 - 2rd + 2r^2)}{r^2(d-r)^2}$$

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

$$\frac{Qd}{d^2}$$

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

$$dT$$

$$C = \frac{qU}{\Phi}$$

$$\frac{Q^2}{2C} = \frac{CQ^2}{2} = Q$$

$$xQ^2 = xU^2$$

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

$$U = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} \frac{Qd}{2} = \frac{Q^2 d^2}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{2Q^2}{2} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \sqrt{2 \epsilon_0 S \frac{Qd}{\epsilon_0 S}}$$