

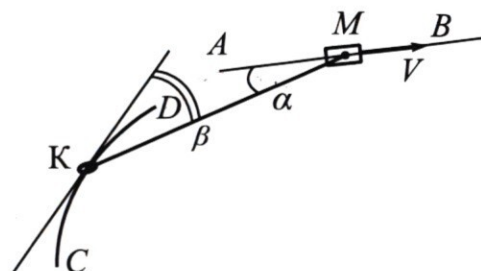
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

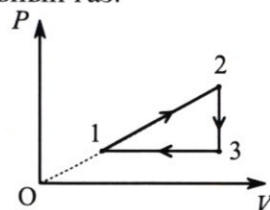
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



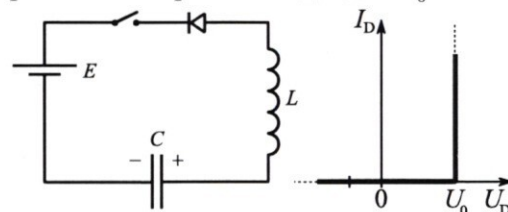
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 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.

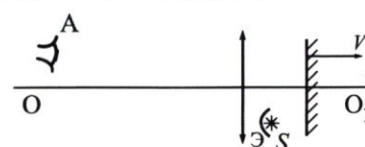
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

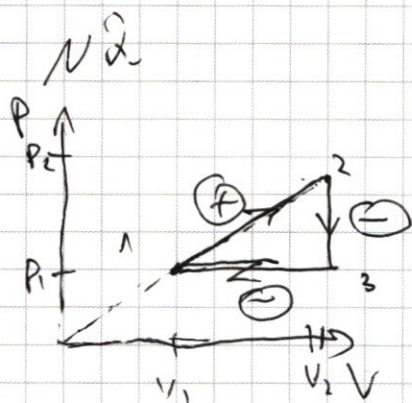


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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



Понижение температуры происходит
на участках 2-3 - изогора
3-1 - изобара

те. необходимо найти $\frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5}$

(Т.к. раз соединены
 $C_v = \frac{3}{2}R$
 $E_p = C_v + R = \frac{5}{2}R$)

$$U_2 = C_V V (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{P_1 V_2 + P_2 V_2 - P_1 V_1 - P_2 V_1}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

4) процесс 1-2: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}$ $V_2 P_1 = P_2 V_1 = \frac{R(T_2 - T_1)}{2}$

$$\frac{V_{12}}{A_{12}} = \frac{2C_v U(T_2 - T_1)}{U R (T_2 - T_1)} = \frac{2 \cdot \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)}{U R (T_2 - T_1)} = 3$$

На 1-2 - раз попрыгав вперед, а на 2-3; 3-1 - отгачив

$$Q_{\text{rev}} = Q_{12} = A_{12} v_{12} = 2 \text{ DR} (T_2 - T_1) = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{Q_{i,1}}$$

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

$$\eta = \frac{P}{Q_+} = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2P_1 V_1}{u(P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{\frac{V_2^2}{V_1} + V_1 - 2V_1}{4(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1)} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{4(V_2 - V_1)V_1} = \frac{V_2 + V_1}{4}$$

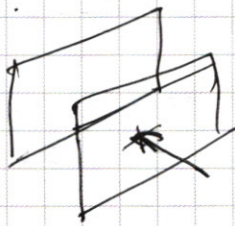
$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{\frac{V_2}{V_1} + 1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1} \xrightarrow{k \rightarrow \infty} \frac{1}{4} \text{ ат}$$

т.е. наибольшим $k+k\eta$ будет 25%.

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$
2) 3
3) 25%.

Задача 3.

d
 U
 v_1
 $0,8d$



$$1) \frac{mv_1^2}{2} = F \cdot 0,8d =$$

$$= qE \cdot 0,8d = q \cdot \frac{U}{d} \cdot 0,8d =$$

$$= 0,8qU$$

$$\gamma = \frac{1q}{m} = \frac{mv_1^2}{1,6U}$$

$$1) \gamma = \frac{1q}{m}$$

$$2) T = ?$$

$$3) v_0 = ?$$

2) Время вылета из конденсатора равно времени влета φ такой оставшейся поле в конденсаторе постоянно

$$ma = F = qE = q \cdot \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{q}{m} \frac{U}{d} = \gamma \frac{U}{d}$$

$$v_1 T - \frac{a T^2}{2} = 0,8d$$

$$T_{\mp} = \frac{v_1 + \sqrt{v_1^2 - \frac{\gamma U}{d} \cdot 1,6d}}{\left(\frac{\gamma U}{d}\right)} =$$

$$= \frac{d v_1}{\gamma U} = \frac{1,6d v_1}{v_1^2} = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$\frac{\gamma U}{2d} T^2 - v_1 T + 0,8d = 0$$

$$\frac{\gamma U}{d} T^2 - 2v_1 T + 1,6d = 0$$

$$T = \frac{v_1 + \sqrt{v_1^2 - \frac{\gamma U}{d} \cdot 1,6d}}{\left(\frac{\gamma U}{d}\right)}$$

$$T = 2T_{\mp} = \frac{3,2d}{v_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_{\text{конг}} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$v_1 \neq v_0$$

Скорости коллинеарны

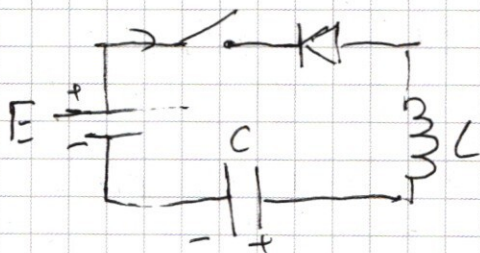
$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{E q d}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_1^2 + E \frac{q}{m} d = v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + E \frac{q}{m} d} = \sqrt{v_1^2 + \frac{U}{d} \cdot \frac{v_1^2 d}{1.6}} =$$

$$= v_1 \sqrt{1 + \frac{U}{1.6}}$$

Задача 4.



$$1) U_{\text{к.к.}} E = L I'$$

$$I' = \frac{U_{\text{к.к.}} E}{L} = \frac{3}{0.4} = 7.5$$

$$2) E(C(E_{\text{к.к.}}) + C U_1) =$$

$$= \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C(E_{\text{к.к.}})^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2}$$

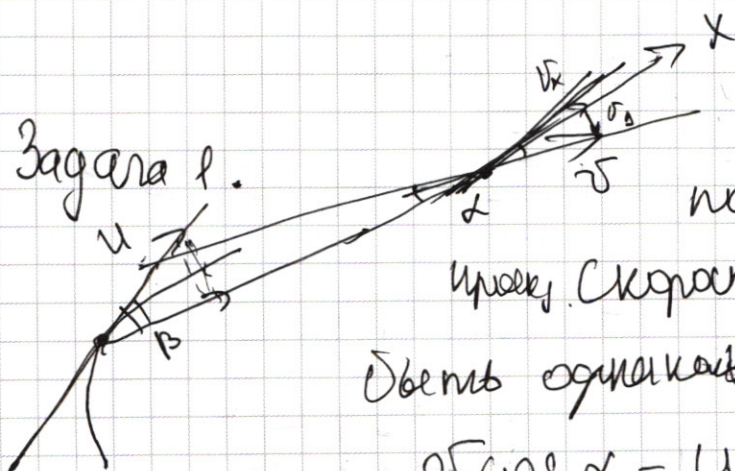
$$C U_1 E - C E^2 - C E = \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C(E^2 + E + 1)}{2} +$$

$$\frac{2 C U_1 E - 2 C E^2 - C E}{- C U_1^2 + C E^2 + C E + C} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{2 C \cdot 9 \cdot 6 - C \cdot 21 + 6 C + C}{0.4}} = I_m = \sqrt{\frac{2 C}{0.4}} = I_m$$

$$I_m = \frac{2 \cdot 10 \text{ мА}}{0,4}$$

$$U_2 = 7B$$



по оси направленной
по тросу:

проек. скорости на трос должны

быть одинаковыми тогда

$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} =$$

$$= \frac{v \cdot 17}{10} = 1,7v = 3,4 \text{ м/с}$$

$$\vec{u}_{\text{от трос}} = \vec{u} - \vec{v}$$



$$u_{\text{от трос}} = \sqrt{v^2 + u^2 - 2uv \cos(\alpha - \beta)}$$

$$= \sqrt{v^2 + 4^2 - 2 \cdot 4 \cdot v (\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta)} =$$

угол острый тогда $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ $\sin \beta = \frac{15}{17}$

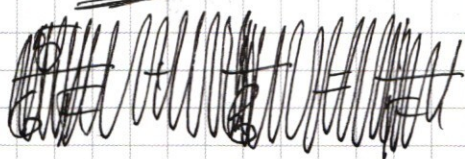
$$= \sqrt{v^2 + 2,89v^2 - 2 \cdot 4 \cdot v \left(\frac{32}{17 \cdot 5} - \frac{45}{17 \cdot 5} \right)} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \sqrt{3,89 \text{ м}^2 + 3,4 \text{ м}^2 \cdot \frac{13}{17,5}} = \sqrt{3,89 \text{ м}^2 + 25,5 \text{ м}^2} =$$

$$= \sqrt{29,39 \text{ м}^2} = 5,42 \text{ м} = 2,17 \text{ м} = 4,2 \text{ м/с}$$

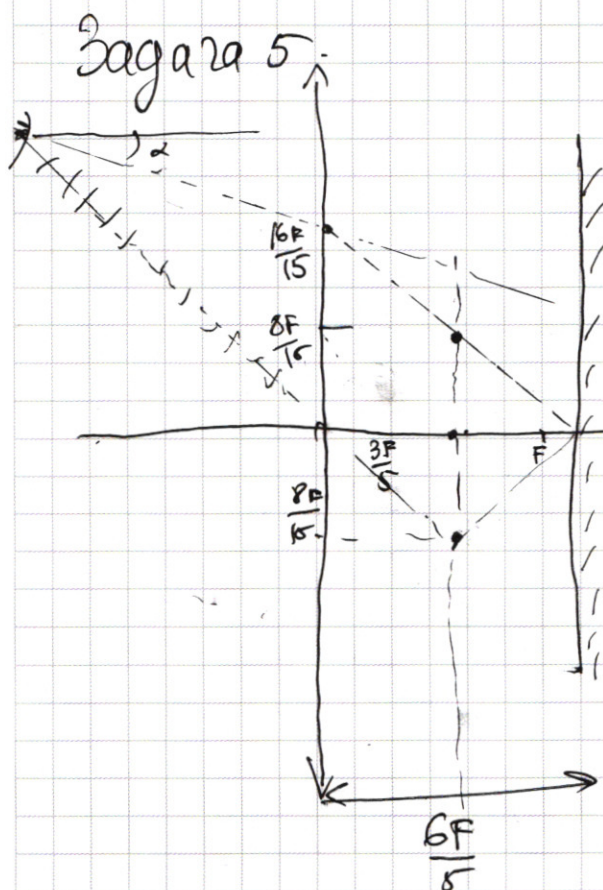
$$v_{\text{откос}} = 2,17 \text{ м/с} = 4,2 \text{ м/с}$$



$$\frac{m v_{\text{откос}}^2}{R} = m a = T$$

$$T = \frac{0,4 \cdot 2,1^2 \text{ м}^2}{1,9} =$$

$$= \frac{0,4 \cdot 4 \cdot 2,1^2}{1,9} = \frac{16 \cdot 2,1 \cdot 2,1}{1,9} = 3,7 \text{ Н}$$



$$\frac{1}{\left(\frac{6F}{5}\right)} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{5}{6F}$$

$$b = \frac{1}{6F}$$

$$b = 6F$$

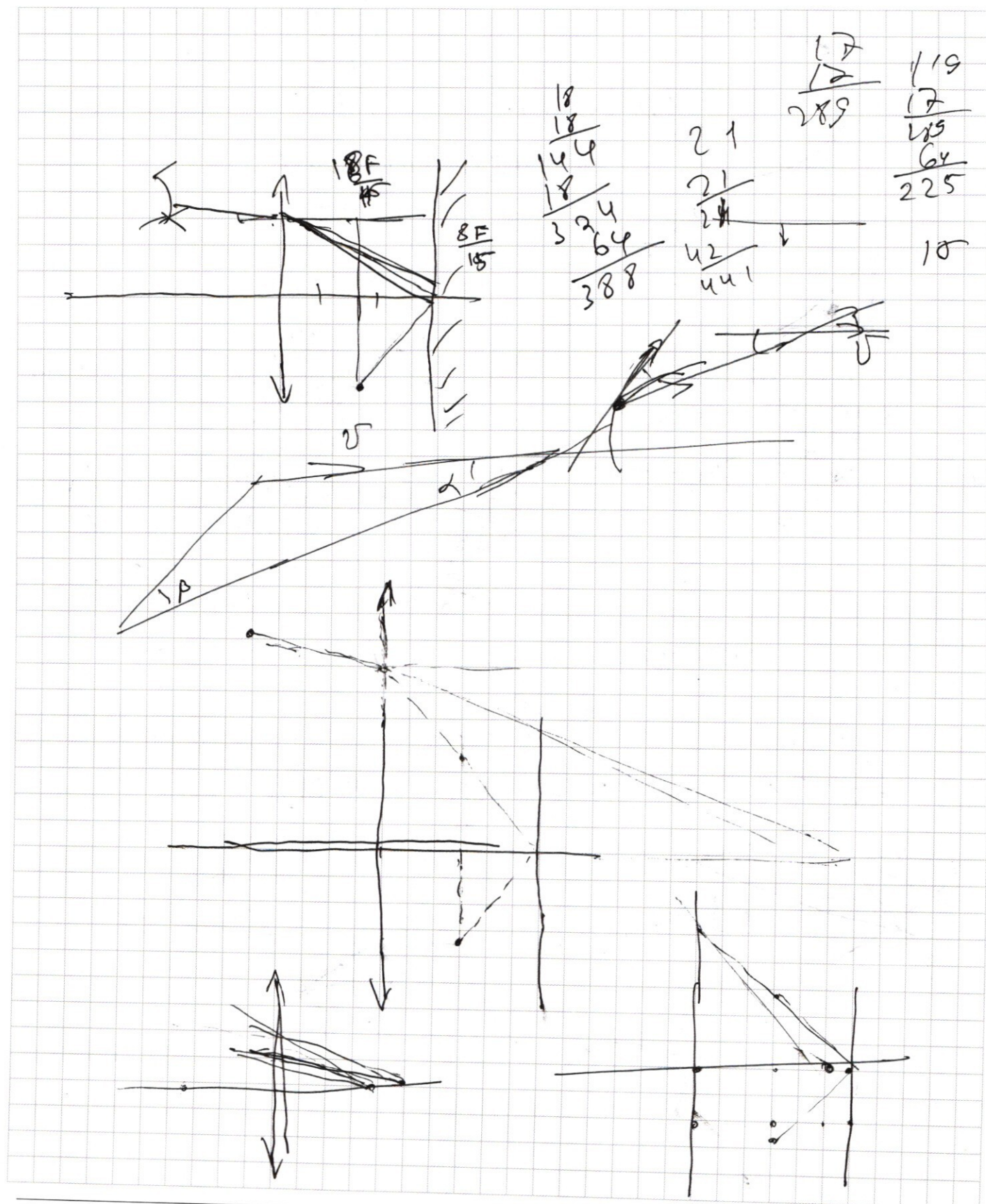
$$\lg \alpha = \frac{2 \cdot \frac{8F}{15}}{6F} = \frac{16}{90} = \frac{8}{45}$$

$$U = 2V$$

$$\Gamma = \frac{b}{a} = \frac{6F}{\left(\frac{6F}{5}\right)} = 5$$

$$U_{\text{изобр}} = U \Gamma^2 = 50V$$

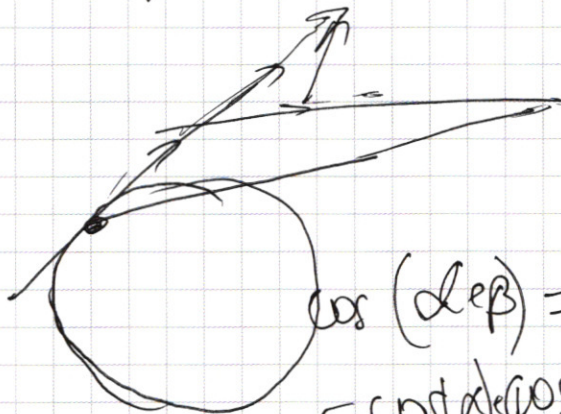
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

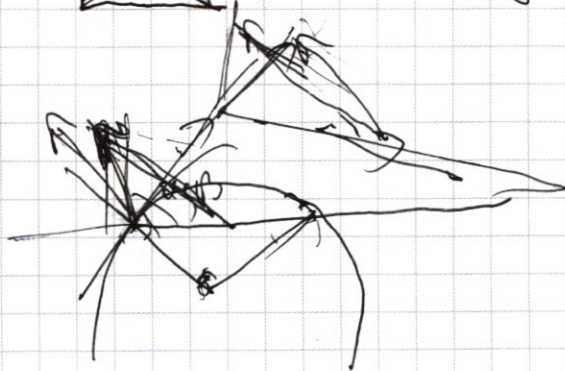
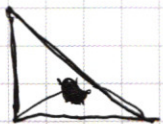
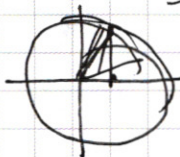
Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{mU_{\text{отн}}^2}{R} = T$$



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

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



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

$$\frac{3056}{52} \div \frac{15}{371} =$$

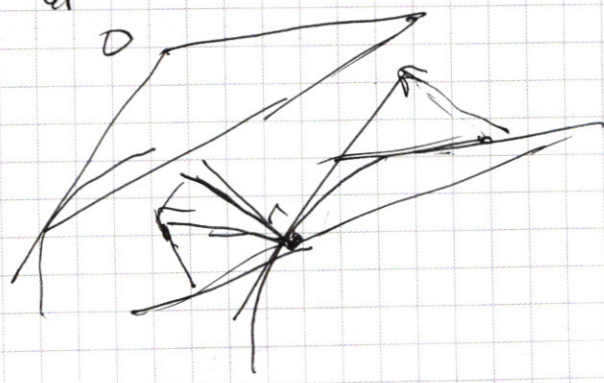
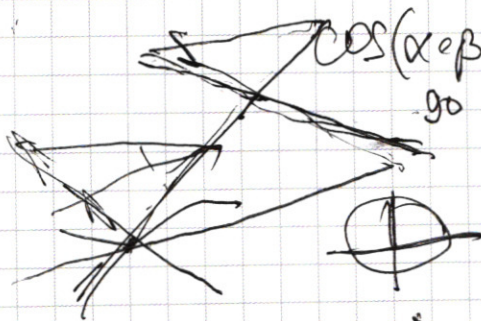
$$\frac{441}{16} =$$

$$\frac{7646}{441} =$$

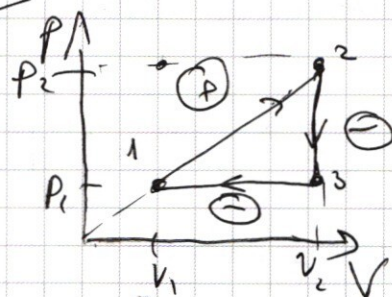
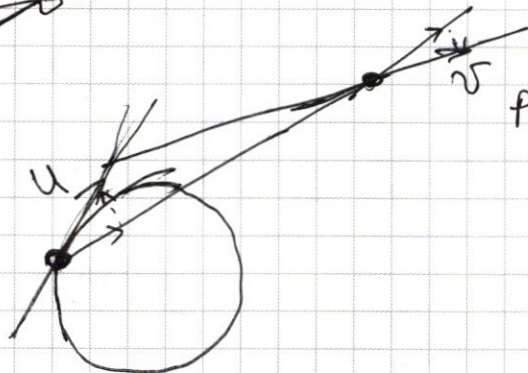
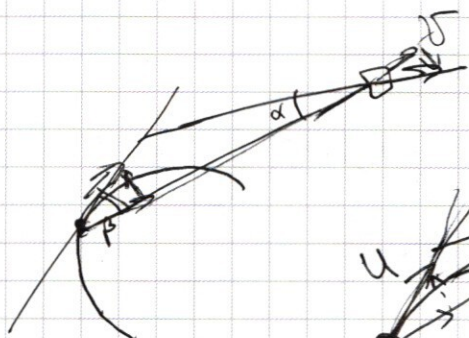
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta$$

$$\frac{17}{2} \cdot \frac{17}{2} =$$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_3$$

$$\frac{m \nu R}{R}$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$V_1 P_2 = P_1 V_2$$

$$\frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1}{2} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2}$$

$$Q_+ = U_{12} + A_{12} = \nu R (T_2 - T_1)$$

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

$$= 2 \nu R T_1 - \nu R T_3$$

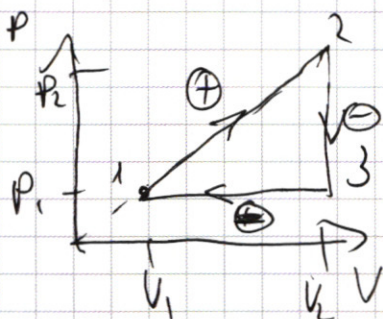
$$A = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1}{2} = \frac{P_2}{P_1} \frac{T_2}{T_3}$$

$$= \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2 P_1 V_2}{2} = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2 \frac{P_2 T_3}{T_2} V_2}{2} = \nu R \left(\frac{T_2 + T_1}{2} - T_3 \right)$$

$$A_{12} = \frac{(P_2 + P_1)}{2} (V_2 - V_1) = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_1}{2} =$$

$$\frac{V_2}{A_{12}} = 3$$

$$= \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{2} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2}$$



$$A = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = C(E_{el}) - (C + 4)$$

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

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

$$Q_+ = A_{2+V_2} = 2 \nu R (T_2 - T_1) = 2 P_2 V_2 - 2 P_1 V_1 =$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_3$$

$$= 2 P_1 \frac{V_2^2}{V_1} - 2 P_1 V_1$$

$$= 2 P_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1 \right)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_3} \quad 2 P_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1 \right)$$

$$= \frac{2 (V_2^2 - V_1^2)}{V_2^2 + V_1^2 - V_2 V_1} = \frac{C V_1^2}{2}$$

$$P_1 V_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1} + P_1 V_1 - 2 P_1 V_2 \right)$$

$$= \frac{2 \left(V_2^2 - V_1^2 \left(\frac{T_1}{T_3} \right)^2 \right)}{V_2^2 + V_1^2 \left(\frac{T_1}{T_3} \right)^2 - V_1^2 \left(\frac{T_1}{T_3} \right)} = \frac{2 \left(T_2^2 - \left(\frac{T_1}{T_3} \right)^2 \right)}{1 + \left(\frac{T_1}{T_3} \right)^2 - \frac{T_1}{T_3}} = C$$

$$= \frac{2 (T_3^2 - T_1^2)}{T_3^2 + T_1^2 - 2 T_1 T_3} = \frac{2 (T_3 + T_1)}{T_3 T_1} = 2 \left(\frac{P_2^2}{P_1} V_1 - P_1 V_1 \right)$$

$$P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{V_2 P_1}{V_1}$$

$$2 \left(P_1 \frac{V_2^2}{V_1} - P_1 V_1 \right)$$

$$P_1 \frac{V_2^2}{V_1} + P_1 V_1 - 2 P_1 V_2$$

$$2 (P_1 V_2^2 - P_1 V_1^2)$$

$$P_1 V_2^2 + P_1 V_1^2 - 2 P_1 V_1 V_2 =$$

$$\frac{P_2^2}{P_1} V_1$$

$$+ P_1 V_1 - 2 P_2 V_1$$

$$= \frac{2 (P_2 + P_1) \left(\frac{P_2}{P_1} + 1 \right)}{(P_2 + P_1)} = \frac{P_2}{P_1} - 1$$

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

$$= \frac{2 (P_2^2 - P_1^2)}{P_2^2 + P_1^2 - 2 P_1 P_2} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_1 V_2 =$$

$$P_1 A = P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2P_1 V_2$$

$$P_1$$

$$P_1 V_1 = 0 R T_1$$

$$P_2 V_2 = 0 R T_2$$

$$\frac{P_1}{V_1}$$

$$P_2 = \frac{V_2 P_1}{V_1}$$

$$4 \left(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1 \right)$$

$$\frac{V_2^2}{V_1} + V_1 - 2V_2$$

$$\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} =$$

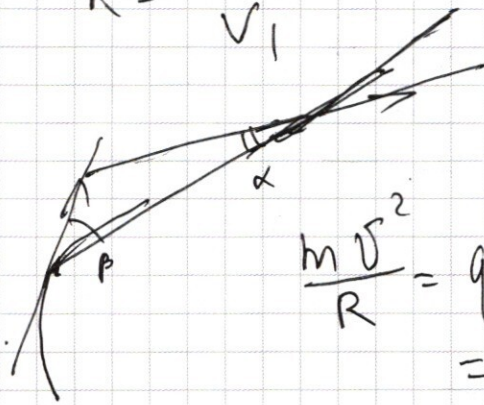
$$= \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{\frac{V_2}{V_1} + 1} = \frac{k-1}{k+1}$$

$$4(V_2^2 - V_1^2) = \frac{2k}{(k+1)^2}$$

$$\frac{V_2^2 + V_1^2 - 2V_1 V_2}{V_2 - V_1} =$$

$$= 4(V_2 + V_1)$$

$$k = \frac{P_1}{V_1}$$



$$\frac{m v^2}{R} = q E =$$

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

$$E d = U$$

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

$$= q \frac{U}{d} \cdot 0,8 d = q U \cdot 0,8$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2 U \cdot 0,8} = \frac{v^2}{1,6 U}$$

$$m a = q E$$

$$\frac{m v^2}{2} =$$

$$m a = q E = q \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$v^2 = \frac{a^2}{2} = 0,8 d$$



$$q E \cdot 0,8 d = \frac{m v^2}{2}$$

$$4 \left(\frac{k-1}{k+1} \right) \frac{U}{d}$$

$$\frac{k(k+1) - (k-1)}{k(k+1)^2} = \frac{2}{(k+1)^2}$$

$$\frac{1(k+1) - (k-1)}{(k+1)^2} = \frac{2}{(k+1)^2}$$

$$Ed = U$$

$$k \frac{q^2}{r} =$$

(-1)

$$k-1 = k+1$$

$$\frac{1,5}{3}$$

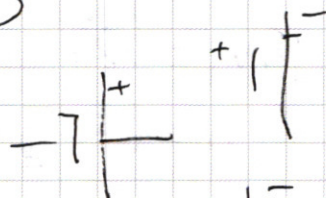
$$\frac{1}{3}$$

$$U = Ed$$

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

$$\frac{0,1}{1,1}$$

$$\frac{1,5}{2,5}$$



$$\frac{mv_1^2}{2} =$$

$$v_1 T - \frac{aT^2}{2} = 0$$

$$W =$$

$$E = 6B$$

$$C = 10 \mu F$$

$$Eq \quad k \frac{q^2}{r}$$

$$v_1 - \frac{aT}{2} = 0$$

$$T = \frac{2v_1}{a} = \frac{2v_1}{\gamma \frac{U}{d}} = \frac{2v_1}{\frac{v_1^2}{1,6}} =$$

$$k \frac{q^2}{r}$$

$$k \frac{q^2}{r^2}$$

$$Eq$$

$$k \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

