

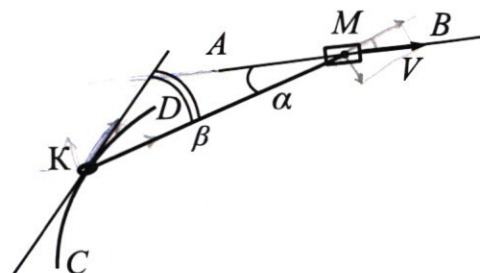
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

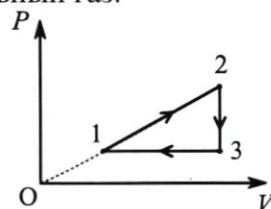
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

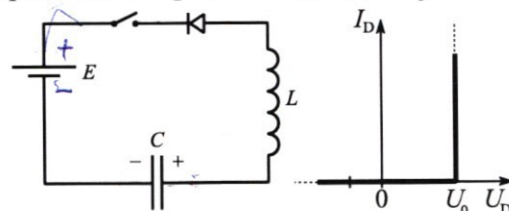
- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

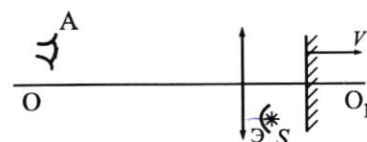


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.)

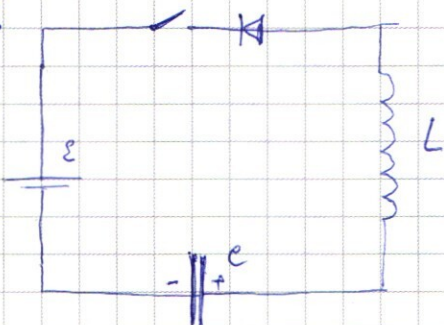
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

$U_0 = 1 \text{ В}$
 $U_1 = 3 \text{ В}$
 $C = 1 \text{ мкФ}$
 $E = 6 \text{ В}$
 $L = 94 \text{ мГн}$



$$1) \quad L \frac{\Delta I}{\Delta t} = U_0 \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_0}{L} = \frac{1}{94} \approx 0.01 \text{ А/с}$$

2) В момент когда I_m максимальна
в контуре напряжение $I_m = 0$
 $U_C = E$ $q_2 = CE$, $q_1 = CU_1$

работа источника будет $E \cdot \Delta q = E \cdot C(E - U_1)$

изменения $\Delta W_C = \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C(E^2 - U_1^2)}{2}$; $\Delta W_L = \frac{I_m^2 L}{2}$

$$A = \Delta W_C + \Delta W_L \Rightarrow C E(E - U_1) = \frac{C(E^2 - U_1^2)}{2} + \frac{L I_m^2}{2} \Rightarrow$$

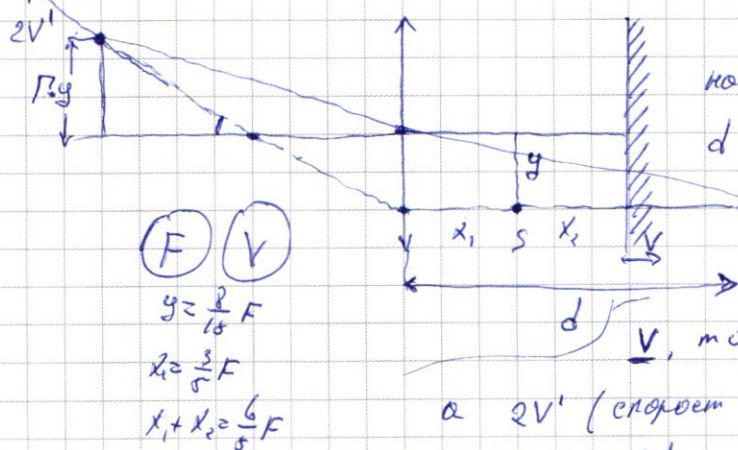
$$\Rightarrow 2 \frac{CE(E - U_1)}{2} - \frac{C(E - U_1)(E + U_1)}{2} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$(E - U_1)(2CE - C(E + U_1)) = L I_m^2 \Rightarrow C(E - U_1)(2E - E - U_1) = L I_m^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_m^2 = \frac{C}{L} (E - U_1)^2 \quad I_m = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot (E - U_1)$$

3) $U_3 = 3 \text{ В}$ $C U_2 = C(E + U_0)$ $U_2 = E + U_0 = 7 \text{ В}$

Задача 5.



Изображение S_1 будет

на расстоянии $(x_1 + x_2) - x_1 = x_2$ от зеркала

$$d = x_1 + x_2 = \frac{9}{5} F$$

$$1) \quad d = \frac{d F}{d - F} = \frac{\frac{9}{5} F^2}{\frac{4}{5} F} = \frac{9}{4} F \quad F = \frac{d}{4} = \frac{9}{4}$$

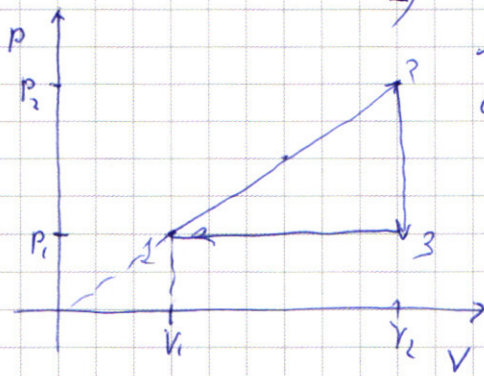
2) если зеркало движется со скоростью

V , то изобр. в нём движется со скоростью $2V$

а $2V'$ (скорост. изображение в линзе) будет двигаться со скоростью $2V'$ под углом α ; $\tan \alpha = \frac{y}{d - F} = \frac{8}{15}$

$$2V' = V - F^2$$

Задача 2



1) Газ получает энергию в 1-2, и отдает в 2-3 и 3-1

$$Q_{23} = A + \Delta U = \Delta U \quad (A=0)$$

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

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \quad (p = \text{const})$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

2)

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$A_{12} = S_{123} = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)} = 3$$

3)

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q_{12}} = \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{4(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)} = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 - V_1} \quad \boxed{\eta_{\text{max}} = 25\%}$$

$$A_{123} = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2} \quad (\text{так как } p_1 V_2 = p_2 V_1) \quad p = 2V$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A = 4A_{12} \quad \text{из 2 вопроса} \quad \Delta U_{12} = 3A_{12}$$

$$\cancel{Q_{12} = 4A_{12}} \quad Q_{12} = 2(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)$$

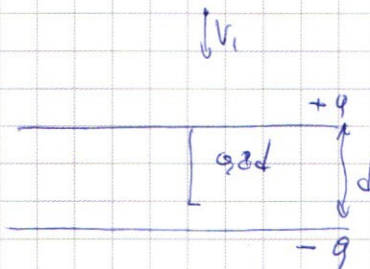
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача (3)

(u) (d) (V_i) (q, d)

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

$$d_i = qd$$



no 3CG $\frac{mV_i^2}{2} = qEd = q \cdot \frac{U}{d} \cdot qd = 0,84d$

1) $\left| \gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{V_i^2}{0,84} \right|$

2) $s = \frac{V_i^2}{2a}$; $s = qd$; $T = 2t = 2 \cdot \sqrt{\frac{2s}{a}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,84d \cdot qU}{0,84}} = \boxed{2V_i \sqrt{2|q|}}$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qd}{qV_i^2}$$

3)

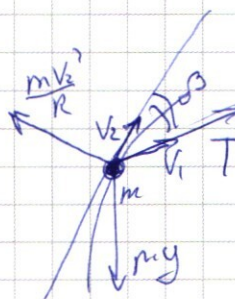
no 3CG

$$\frac{mV_i^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_0 = V_i$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{q^2}{d}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2q^2}{md}}$$

Задача (1)



1) $V_2 = V_1 \cos \beta = V_1 \cos \alpha \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \frac{64}{85} = \frac{64}{85} \text{ м/с}$

2) скорость относительно муфты
будет $\vec{u} = -\vec{V} + \vec{V}_2$

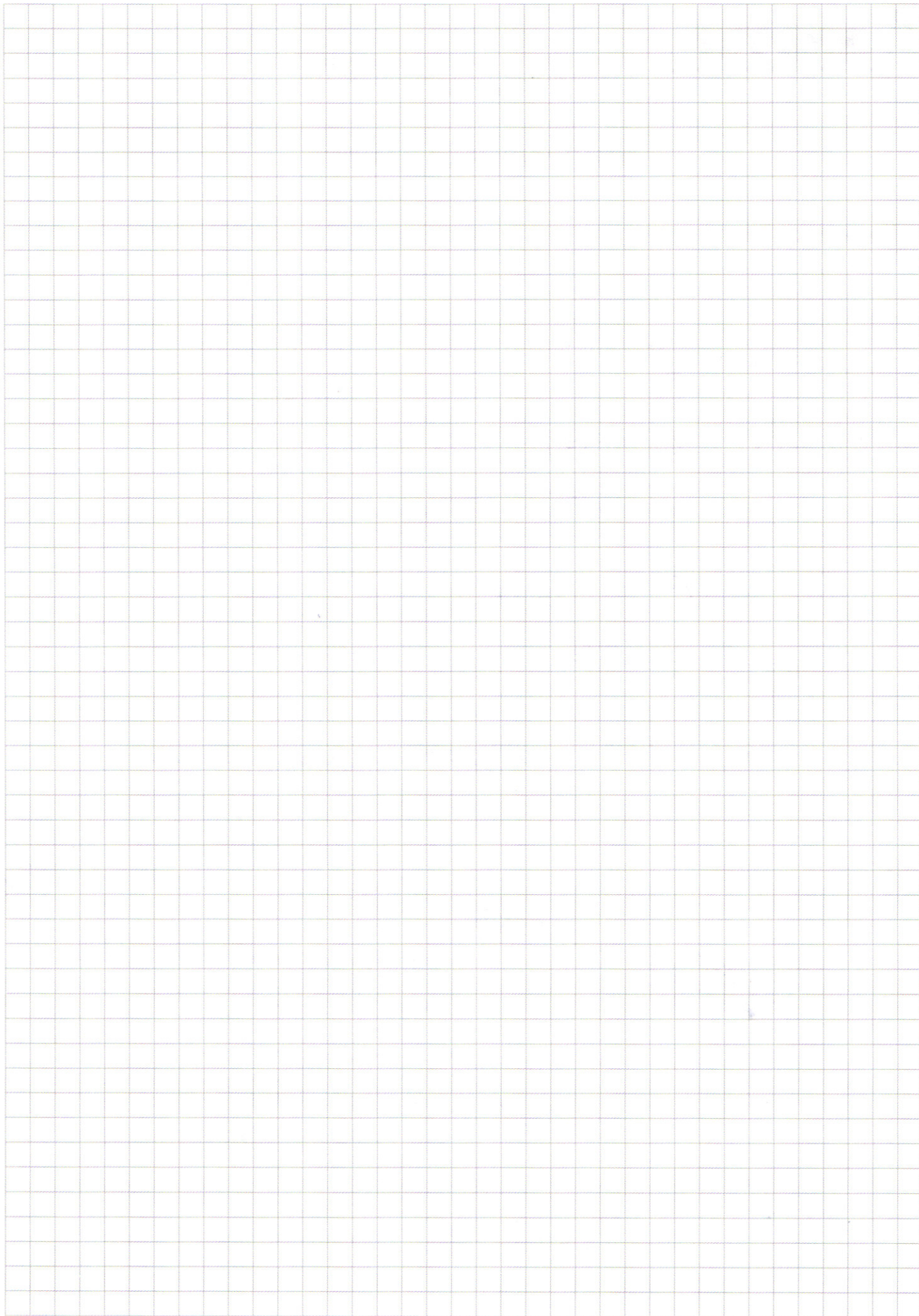
из теоремы косинусов

$$u^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2 \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= \frac{64^2 + 4 \cdot 85^2 + 4 \cdot 64 \cdot 28}{85 \cdot 85}$$

$$\vec{T} = -\left(m\vec{g} + \frac{m\vec{V}_1^2}{R}\right)$$

так как нет трения.



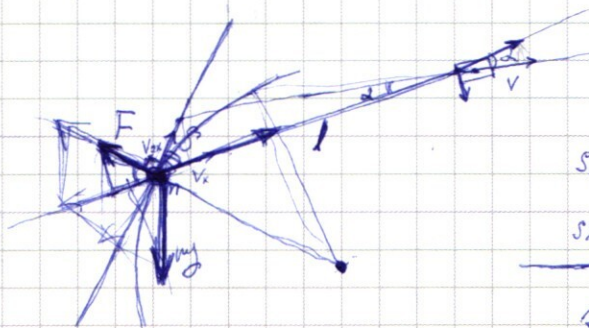
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.

$$5) \quad v_{kx} = v_k \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta = 2 \cdot \frac{3}{17} \cdot \frac{1}{5} = \frac{64}{85} \text{ м/с}$$



$$180 - 580 + \alpha + \beta = \alpha + \beta$$

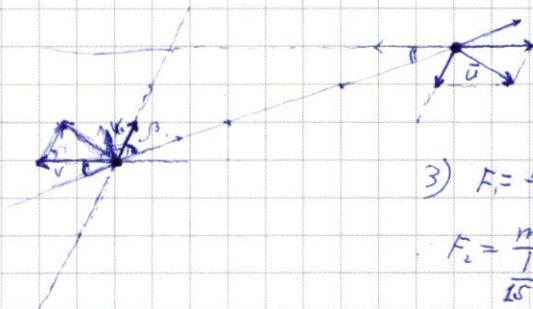
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5} = \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{29-45}{85} = \frac{21}{85}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$2) \quad (\vec{U})^2 = (v_k)^2 + v^2 - 2vv_k \cos(\alpha + \beta) =$$

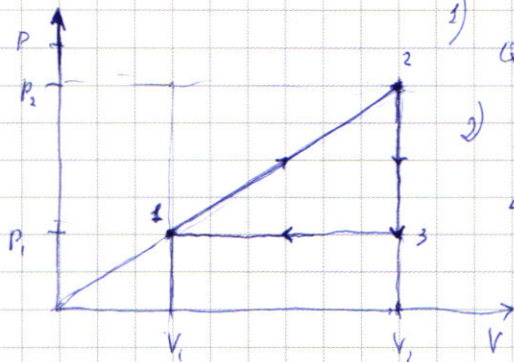
$$= \left(\frac{64}{85}\right)^2 + 4 - 2 \cdot 2 \cdot \frac{64}{85} \cdot \frac{28}{85} = \frac{64^2 + 4 \cdot 85^2 + 4 \cdot 64 \cdot 28}{85 \cdot 85}$$



$$3) \quad F_i = \frac{mv^2}{R}$$

$$F_i = \frac{mv_{3x}^2}{15R}$$

2.



$$Q_{23} = A + \Delta U = \Delta U = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad C_{23} = -\frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = A + \Delta U = -\frac{5}{2} \nu R \Delta T \quad C_{31} = -\frac{5}{2} R$$

$$A_{12} = \frac{V_2 P_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{V_2 P_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{2} = \frac{\nu R \Delta T}{2}$$

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

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

$$3) \quad Q_{12} \quad \eta = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

$$Q_{12} = 2 \nu R \Delta T$$

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

$$P_1 = 2 P_2$$

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$P_1 = 2 P_2$$

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

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R}$$

$$\eta = \frac{P_1 V_2 - P_1 V_1}{P_1 V_2} = 1 - \frac{P_1 V_1}{P_1 V_2}$$

$$= 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q_{12}}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}$$

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

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

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

$$= P_2 V_2 + P_1 V_1$$

$$P_1 V_1$$

$$P_2 = 2 P_1$$

$$P_1 = 2 P_2$$

$$Q_{12} = A + \Delta U = (P_2 - P_1) \left(\frac{V_2 + V_1}{2} \right)$$

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

$$P_2 = 2 P_1$$

$$P_1 = 2 P_2$$

$$\alpha = \frac{P_2}{V_2}$$

$$1) \quad A = \frac{(P_2 + P_1)}{2} (V_2 - V_1) = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1}{2} = \frac{(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{2}$$

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

$$Q_{12} = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 (P_2 + P_1) (V_2 - V_1)$$

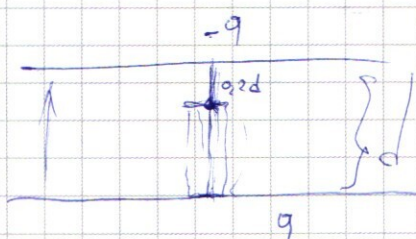
$$\eta_{123} = \frac{(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)}{2}$$

$$\eta = \frac{(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)}{2 \cdot 2 (P_2 + P_1) (V_2 - V_1)} = \frac{1}{4} \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1}$$

$$\frac{P_2 + P_1 - 2 P_1}{P_2 + P_1} = 1 - \frac{2 P_1}{P_2 + P_1}$$

$$\eta_{max} = \frac{1}{4} = 25\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$u = 5d \quad L = \frac{4}{d}$$

$$\frac{mv_i^2}{2} = W = q \cdot E \cdot q \cdot d$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{94}{2} \cdot 0.48$$

$$\frac{v_i}{2} \cdot \frac{5}{4 \cdot 10^4} = \frac{|q|}{m} = \gamma$$

$$\left[\gamma = \frac{V_1^2}{0,8 \cdot u} \right] = \frac{q}{m}$$

$$\frac{m}{g} = \frac{984}{v_c^3}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \frac{\sqrt{25}}{\alpha} = \frac{\sqrt{98194.2}}{9.86} = \sqrt{2/91}$$

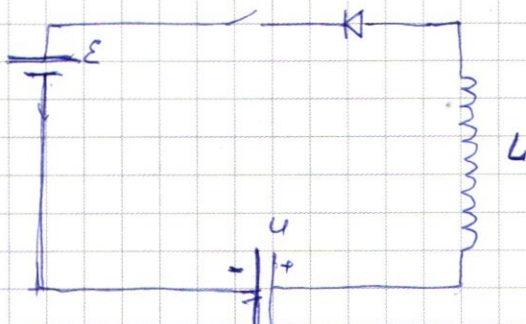
$$a = \frac{m}{qE} = \frac{m \cdot d}{q \cdot U} = \frac{0.84 \text{ eV}}{q \cdot 1.5 \text{ V}} = \frac{0.84}{q \cdot 1.5}$$

no ZCE

$$\frac{mv_0^2}{2} + q \cdot E \cdot 0,8d = q \cdot 8qEd$$

$$V_6 = \frac{298 \cdot 5 \cdot 69}{m} = \frac{5.6 \cdot V^2 \cdot 5d}{0.8 \cdot 5d} = 2V_1$$

$$V_0 = \sqrt{2} V_1$$



$$U - \varepsilon = \frac{L \Delta T}{\Delta t} \quad \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{4 - 8}{L} = \frac{3}{99} = \frac{30}{4} \frac{4}{4}$$

$$q_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} C =$$

$$q_2 = \varepsilon c \quad \Delta q = q_2 - q_1 = \varepsilon c - 0 c = c(\varepsilon - 0) =$$

$$\oint \Delta q = \Delta W_c + \oint \frac{\Delta J^2}{s}$$

$$\Delta W_c = \frac{c \epsilon^2}{2} - \frac{c a^2}{2} = \frac{c(\epsilon^2 - a^2)}{2} + \frac{1}{2} \frac{D_m^2}{\epsilon^2}$$

$$\frac{L_{J_m}}{2} = c(\xi-u)e - \frac{c(\xi-u)(\xi+u)}{2} - \frac{c(\xi-u)(\xi-u)}{2} + \frac{c(\xi-u) - c(\xi-u)(\xi+u)}{2} = \frac{c(\xi-u)(2\xi-\xi-u)}{2}$$

$$= \frac{(3-4)(3-4)}{2}$$

$$I_m = \frac{e(E_{ce})^2}{L} \Rightarrow I_m = (E_{ce}) \sqrt{\frac{e}{L}} \approx 3 \sqrt{\frac{10^{-3}}{4 \cdot 10^{-5}}} = \frac{3}{2} \cdot 10^{-3} = 1,5 \text{ mA}$$

$$\mathcal{E} + U_e - U_2 = 0$$

$$U_p = U_k + U_e \quad 3.2$$

$$U_{c2} = 8 - U_{L2} = 5 \text{ V}$$

$$U = \mathcal{E} + U_0 =$$

$d = \frac{g}{f}$
 $f = \frac{d \cdot v}{d - f}$

$$f_2 \frac{d.F}{d.F} = \frac{\frac{9}{5}F}{\frac{9}{8}F} = \frac{9}{5}F \cdot \frac{8}{9}F = \frac{8}{5}F$$

$$\mu = \frac{f}{d} > \frac{\frac{9}{4}}{\frac{9}{4}} > \frac{5}{4}$$

$$\frac{h}{\frac{2}{15}F} \geq \frac{5}{4}$$

$$h = \frac{\cancel{8} \cdot \cancel{16}^2}{\cancel{16}_3} r = \frac{2}{3} r$$

$$\text{H} \quad \frac{2}{3} + \frac{8}{15} = \frac{10+8}{15} = \frac{18}{15}$$

$$\lambda = \frac{1}{2} \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{10}{15} \cdot \frac{9}{4} = \frac{10^2 \cdot 4}{9 \cdot 15} = \frac{8}{15}$$

$$L = \arctan \frac{8}{15}$$

$$\bar{U} = 2V \cdot r^2 = 2V \cdot \frac{28}{56}$$

$$2V \cdot r' = U_0 =$$

$$V =$$

$$dz = \frac{g}{s} R$$

$$f = \frac{dF}{dF} = \frac{\frac{9}{5} F^{\frac{1}{5}}}{\left(\frac{9}{5} - \frac{9}{5}\right) F} = \left[\frac{9}{4} F\right]$$

$$r = \frac{f}{d} = \frac{9}{\frac{9}{4}} = \frac{5}{4}$$

$$h = \frac{8}{15} R$$

$$\frac{9}{4} h = \frac{18^2}{18} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{6}{5} \text{ m}$$

$$b) \alpha = \frac{\frac{6}{5} F}{f} = \frac{\frac{6}{5}}{\frac{1}{5}} = 2 \quad \frac{8.4}{5.83} = \frac{8}{20}$$

$$\Delta z = b \cdot \frac{\partial}{\partial x}$$



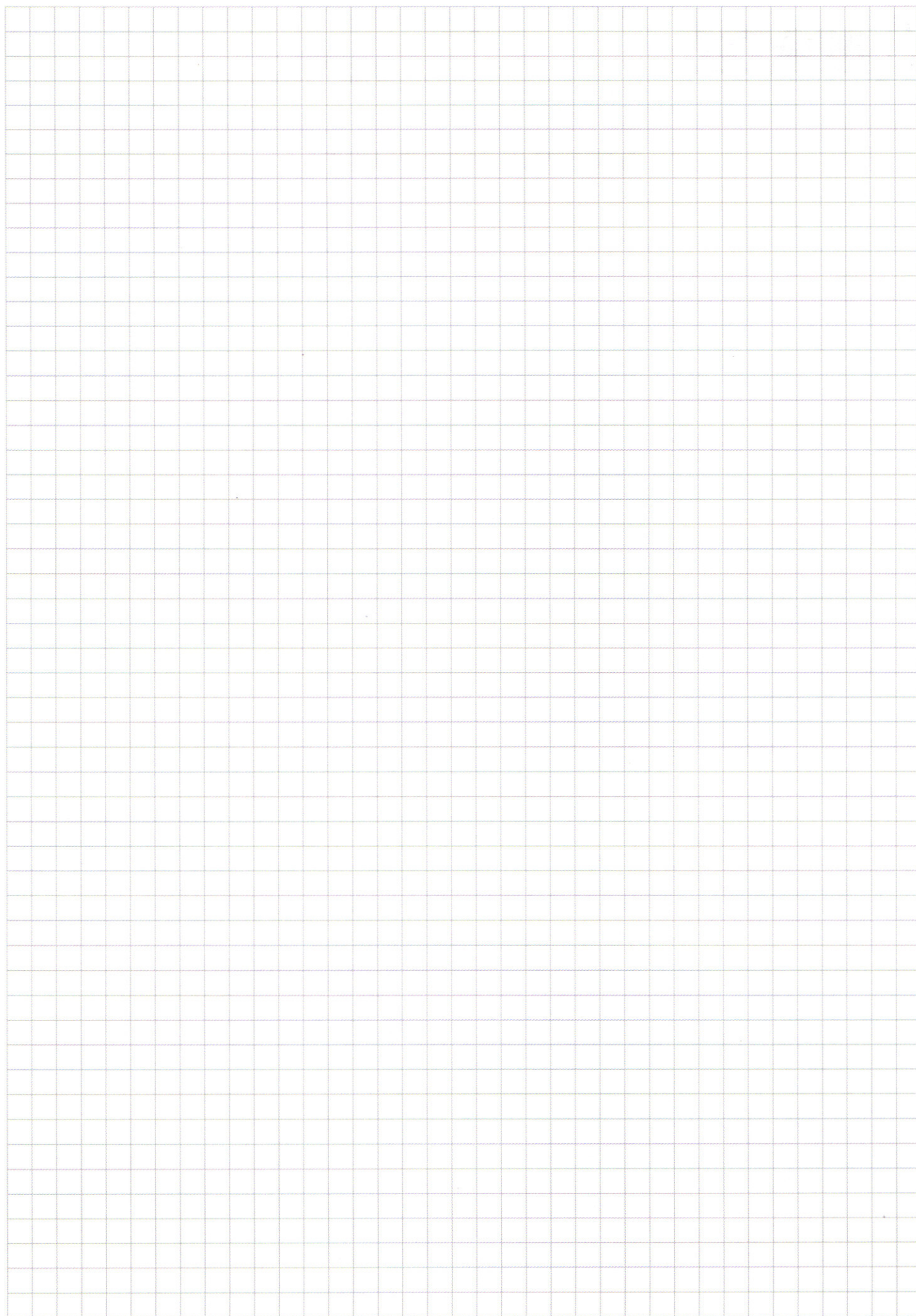
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)