

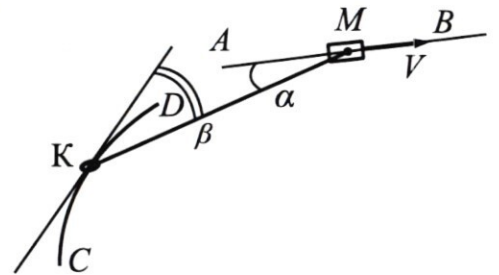
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

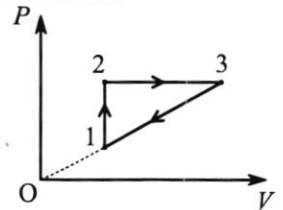
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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

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

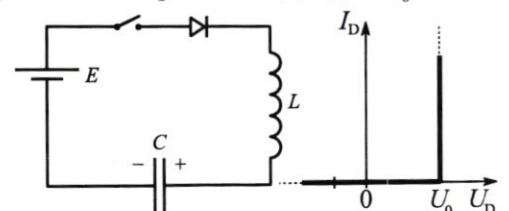
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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?



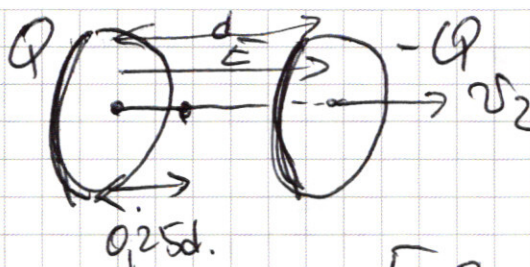
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N, 2, P$
 $P_2 = P_3$
 P_1
 V_1
 V_3
 2-3 - изобара
 1-2 - изохора
 1) проведем изотермы
 Взяв считаем, что T_1 на участках
 1-2 (изохора) и 2-3 (изобара)
 C_p - мол. теп. для изобары C_v - молярная теплоемкость постоянная на изохоре
 $C_p = \frac{5}{2} R$
 $C_v = \frac{3}{2} R$
 $C_{23} = \frac{5}{2} R$
 $C_{12} = \frac{3}{2} R$
 $\frac{C_{12} - \frac{3}{2} R}{C_{23} - \frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$
 2) изобара - 23 Найти: $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$
 $\Delta Q = \Delta U + A$
 $Q_{23} = Q_{23} - A_{23} + U_{23} =$
 $= 1 + \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \gamma$ - обозначим
 $\gamma = 1 + \frac{\frac{3}{2} R V (T_3 - T_2)}{R V (T_3 - T_2)} = 1 + \frac{3}{2} = \frac{5}{2}$
 $\Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$
 3) $\eta = \frac{A}{Q}$
 $Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} V R T (\alpha - 1) + \frac{5}{2} V R T (\alpha - 1) = 4 V R T (\alpha - 1)$
 $A = \frac{1}{2} (\alpha P - P) (\alpha V - V) = \frac{1}{2} P V (\alpha - 1)^2 = \frac{1}{2} V R T (\alpha - 1)^2$
 $\eta = \frac{\frac{1}{2} V R T (\alpha - 1)^2}{4 V R T (\alpha - 1)} = \frac{(\alpha - 1)^2}{8 (\alpha - 1)} = \frac{\alpha - 1}{8}$
 $\lim_{\alpha \rightarrow +\infty} \eta = \frac{1}{8}$
 Ответ: $\frac{3}{5}, \frac{5}{2}, \frac{1}{8}$

N3 (8) (1) (0,25d)

$v_0 = 0$
 $v_2 = at$



$\oplus \rightarrow E \cdot q$ $ma = E \cdot q$

$v_2 = \frac{Eq}{m} T$

Расстояние, которое пройдет тело

$l = d - \frac{1}{4}d = \frac{3}{4}d$

$l = \frac{(v_k - v_0)^2}{2a}$ $\frac{3d}{4} = \frac{v_k^2}{2} T$

$v_k = \frac{3d}{2T}$

$\ominus \rightarrow Eq$

$\frac{3d}{2T} = \frac{Eq}{m} T$

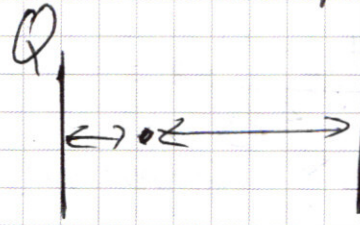
$E = \frac{3dm}{2T^2q}$

Но с другой стороны,

$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} - \left(-\frac{Q}{2\epsilon_0 S}\right) = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3dm}{2T^2q}$

$Q = \frac{3dm\epsilon_0 S}{2T^2q} = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2\gamma}$



Когда тело улетит на бесконечное расстояние, оно будет иметь только $E_{кин}$, так как φ на бесконечности равен 0

Тогда можно записать закон сохранения энергии

$q\varphi(Q) + q\varphi(-Q) + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$

$q(\varphi(Q) + \varphi(-Q)) = \frac{mv_2^2}{2}$

~~$\varphi = \frac{kQ}{R^2 + x^2}$~~
 $\varphi = \frac{kQ}{R^2 + x^2}$
 $\rightarrow E$

$v_2 = \sqrt{2\gamma(\varphi(Q) + \varphi(-Q))}$

Фотонный вектор, кинетический

$v_2 = \sqrt{2\gamma E \left(\frac{d}{4} + \frac{3d}{4}\right)} = \sqrt{\gamma E d}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$S \rightarrow S^*$ (зеркало)
 $d \text{ до } S^* = F + \frac{F}{2} = \frac{3}{2}F$
 (из симметрии).
 Тогда «убираем зеркало и пишем утонченной линзы».

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d^*} + \frac{1}{f^*}$ $f^* = 3F$, тогда $\Gamma = \frac{f^*}{d^*} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2$
 $\tan \alpha = \frac{1}{2}$

$\boxed{f^* = 3F}$
 Ответ₁: $3F$

Тогда
 искомым α -

$\tan \alpha = \frac{\frac{3}{4}F}{3F} = \frac{3}{4}$
 Ответ₂: $\boxed{\tan \alpha = \frac{3}{4}}$

$v_{S^*} = 2v$ $\Gamma = 2$
 $v_{\text{прод изобр}} = v_{\text{п}} \cdot \Gamma^2$
 $v_{\text{прод изобр}} = 4 \cdot 2v = 8v$

$v_{\text{прод изобр}} = 8v$
 $v_{\text{из}} = \frac{v_{\text{прод изобр}}}{\cos \alpha} = \frac{8v}{\frac{4}{5}} = \boxed{10v}$

Если предмет стоит, а зеркало убрали $\rightarrow$ и S^* будет двигаться с $2v$ (перейдем в СД зеркала и обратно).
 $\cos \alpha = \frac{4}{5}$ (из основного треугольника)

Ответ: $f^* = 3F$; $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$; $U_{из} = 10 \text{ В}$

Второе промежуточное утверждение:

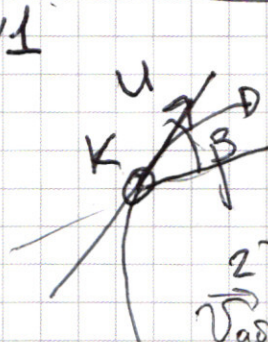
$$U_{прегма} = d' \quad f = \frac{dF}{d-F} \quad f' = \frac{F(d-F)d' - Fdd'}{(d-F)^2} = \frac{-Fd'}{(d-F)^2}$$

$$U_{изобр} = -f'$$

$$U = \frac{F^2}{(d-F)^2} v$$

$$U = r^2 v$$

N1



1) Кин свезь: $\sin \alpha = \frac{6}{17}$
нить перемещения

$$U \cos \beta = V \cos \alpha \quad U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

2) Найти V колыга от мурт?

$$V_{адс} = V_{отн} + V_{переносная}$$

$$V_{перенос} = V$$

$$= V \frac{\frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = V \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} =$$

$$= \frac{75}{68} \cdot V = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$V_{отн}^2 = V^2 + V^2 - 2V^2 \cos(180 - \alpha - \beta)$$

$$V_{отн} = \sqrt{V^2 + V^2 - 2V^2 \cos(\alpha + \beta)} \quad V_{отн}$$

подставим:

$$V_{отн} \approx 120,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

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

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

$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} =$$

$$= \frac{36}{85}$$

3) $a_x \cdot \cos \beta = a_y \cdot \sin \beta$

$$a_x = a_y \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} = \frac{r^2}{R} \cdot \frac{3}{4}$$

$$T = \frac{m \cdot 30^2}{4R \cdot 4} = \frac{15}{16} \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{Р}}$$

$$m_{ax} = T \cos \beta$$

$$T = \frac{15}{16} \cdot \frac{0,1 \cdot 0,88 \cdot 0,88}{1,9} \approx \frac{15 \cdot 0,005}{16 \cdot 2} =$$

$$\approx \frac{0,005}{2} \approx 0,0025 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 $E = 9\text{В}$
 $C = 40 \cdot 10^{-6}\text{Ф}$
 $U_1 = 5\text{В}$
 $L = 0,1\text{Гн}$
 $U_0 = 1\text{В}$

3 н. Кирхгофа
 $\mathcal{E} = E$
 $E = U_{\text{дпог}} + L \frac{dI}{dt} + U_k$

Сразу после замыкания
 ключа напряжение на
 конденсаторе скачком не
 меняется $U_k = 5\text{В}$.

$\frac{dI}{dt}$ — искомая
 скорость возрастания тока

$\frac{dI}{dt} = \frac{(E - U_g - U_k)}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) В уст. режиме $\frac{dI}{dt} = 0$, ток не течет. $\Rightarrow$
 II 3. Кирхгофа: $U_k = E - U_0$ $U_{\text{нагушки}} = 0$

$E = U_0 + U_k$
 $U_k = 9 - 1 = 8\text{В}$
 $q_1 = C U_1$

2) $\frac{C U_1^2}{2} + E q = \frac{(q_1 + q)^2}{2C} + \frac{L I^2}{2}$
 $\frac{d}{dt} | 0 + E I = \frac{2 I \dot{q}}{2} + \frac{1}{2C} (0 + 2 q_1 \dot{q} + 2 q \dot{q})$

$\dot{I} = 0$ т.к. $I = I_{\text{max}}$
 $E I = \frac{I}{2C} (2 q_1 + 2 q) \Rightarrow E = U_1 + \frac{q}{C}$ $q = (E - U_1)C$ — прошедший заряд

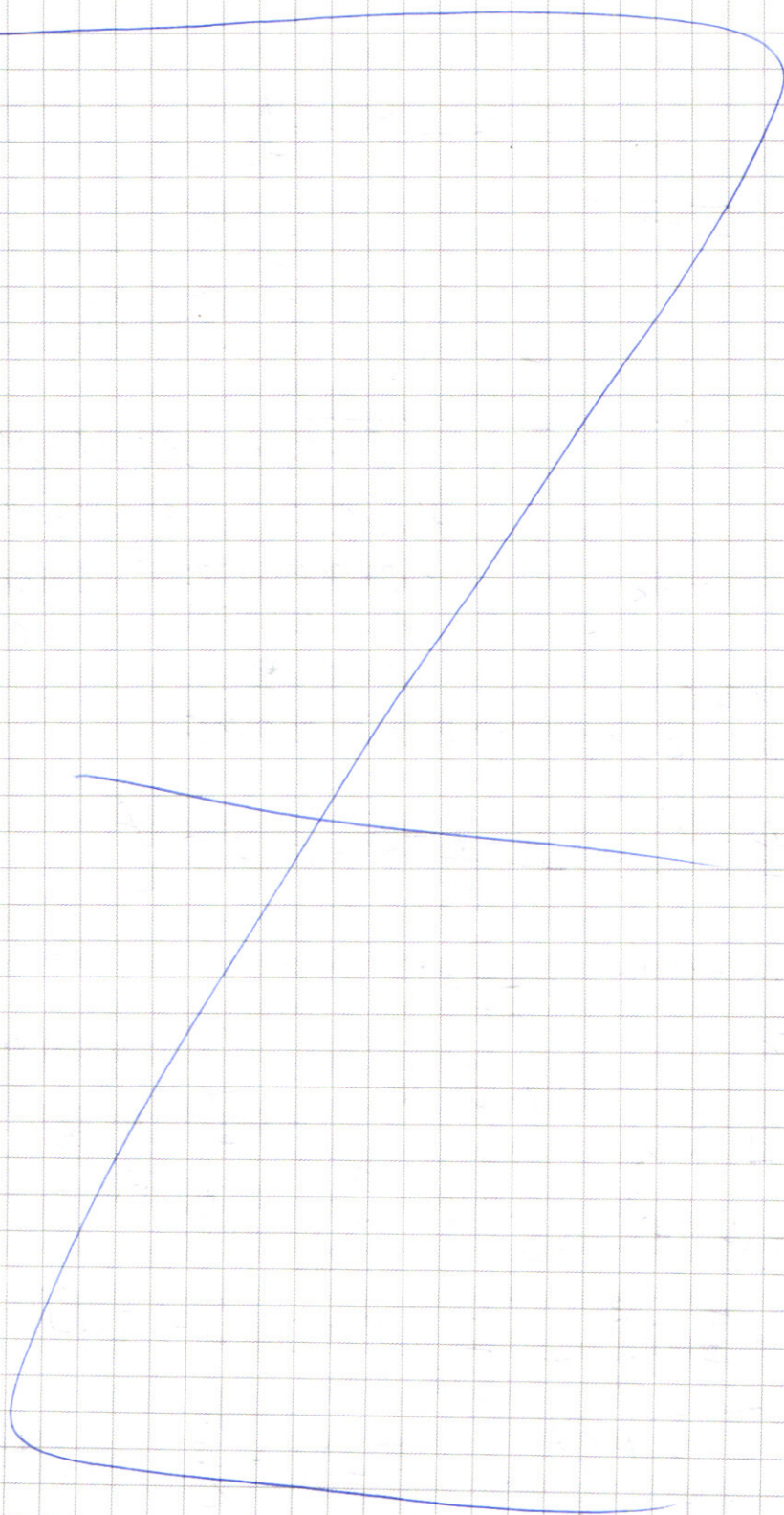
$C U_1^2 + E C (E - U_1) = \frac{(C U_1 + C (E - U_1))^2}{2C} + \frac{L I^2}{2}$
 $I^2 = \frac{C}{2L} (U_1^2 + E^2 - 2 U_1 E) | I_{\text{max}} = (E - U_1) \sqrt{\frac{C}{2L}}$

Ответы номера 4:

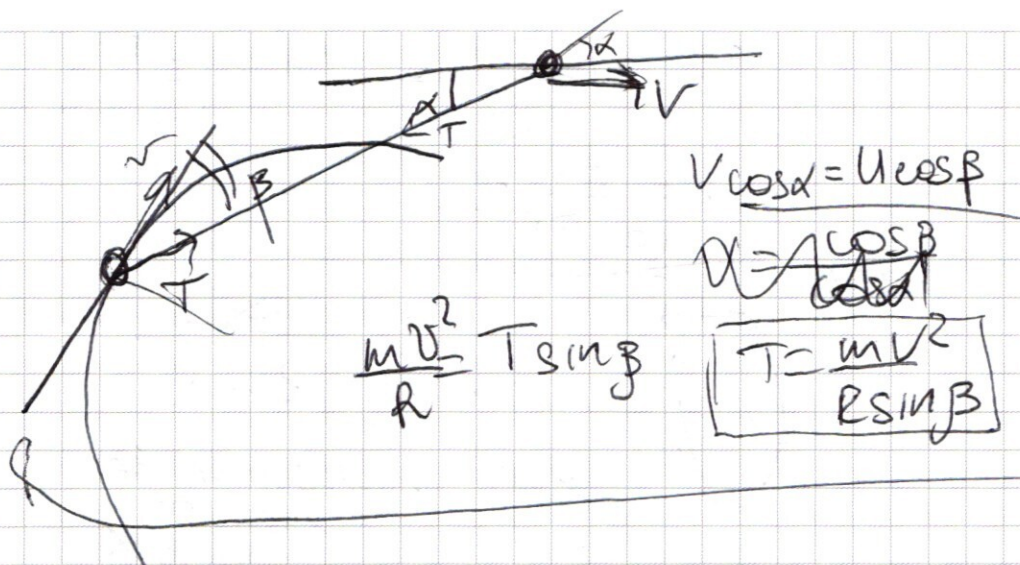
1) $30 \frac{\text{A}}{\text{C}}$ 2) $0,06 \text{ A}$

$$I_{\text{max}} = 4\sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \approx 0,06 \text{ A}$$

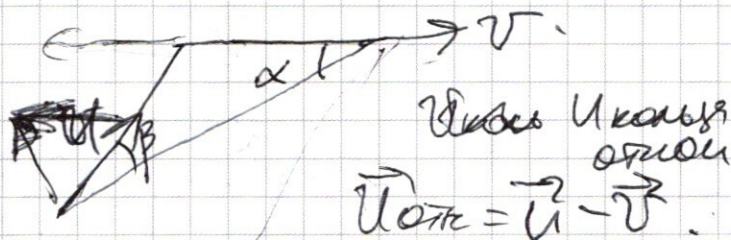
3) В В



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

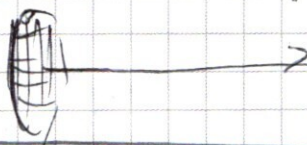


относительно:

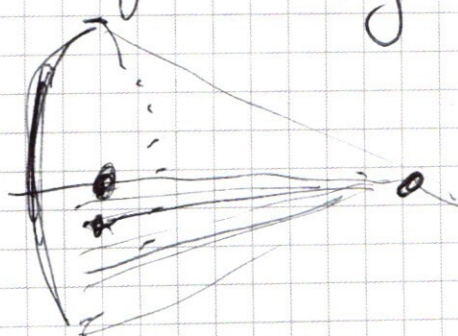


$$U'^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

$$W = \varphi \cdot d$$



Дугой не кога направление на дуге становится



$$\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y$$

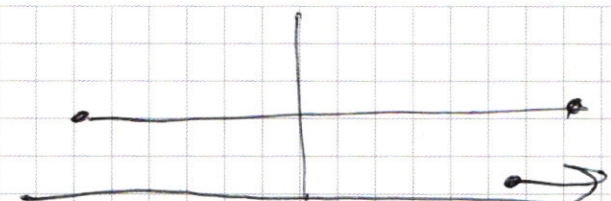
$$\vec{U} = \vec{U}_x + \vec{U}_y$$

$$OU: U \cos \alpha = U \sin \beta + V \sin \alpha$$

$$E = U_0 + U_c + L \frac{dI}{dt}$$

$$U_0 = U_0$$

$$\frac{dI}{dt}$$



$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$v = d'$$

$$u = -f'$$

$$f = \frac{dF}{d-F}$$

$$p' = \frac{E(d-F)d' - Fd d'}{(d-F)^2} = \frac{-F^2 d'}{(d-F)^2}$$

$$u = \frac{F^2}{(d-F)^2} v$$

Рассмотрим

$$\frac{375}{85}$$

гнел.



$$\varphi = \frac{kQ}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

круг-диаметр
малых
гнелов.

$$I_{\max} = (9-5) \sqrt{\frac{c}{2L}} = 4 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,1}} = 4 \cdot 10$$

$$= 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \approx 0,6$$

$$0,007 \cdot 0,7 =$$

$$= 0,005$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1 $V = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ по АВ

кольцо $m = 91 \text{ кг}$

$R = 1,9 \text{ м}$

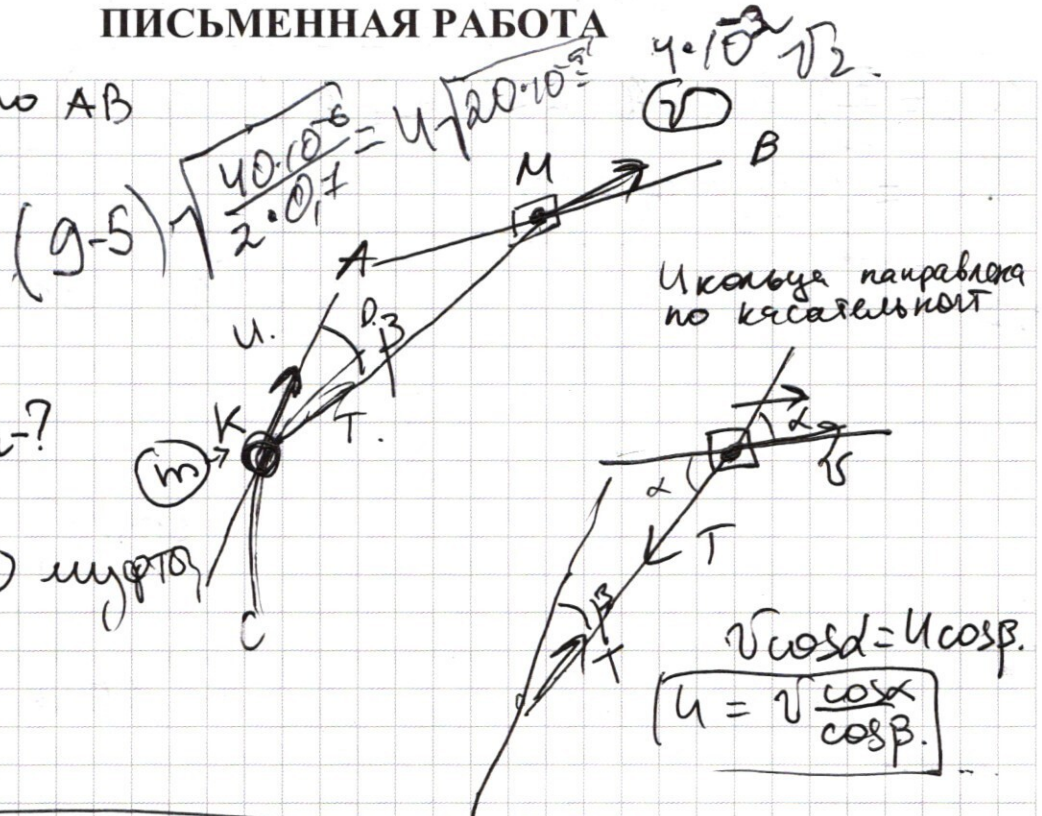
$l_{\text{тяги}} = \frac{5}{3} R$

$\cos \alpha = \frac{4}{5}$

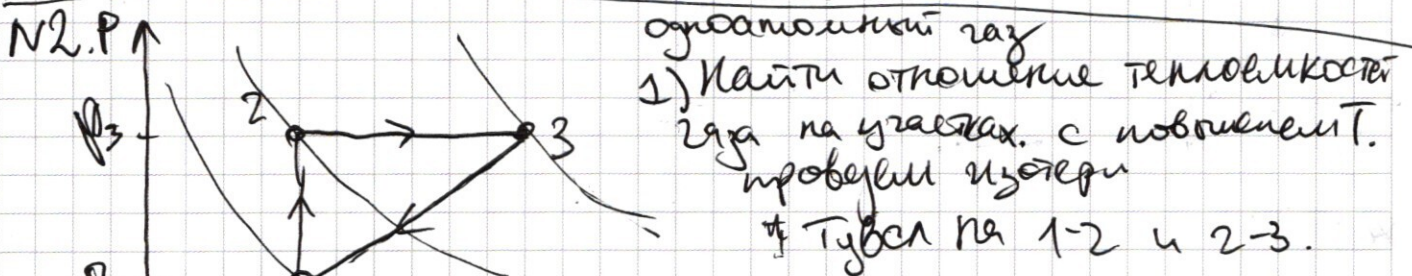
$\cos \beta = \frac{4}{5}$

1) Найти $U_{\text{кольца}}$?

Перенесем в О нуль
потенциала



N2. P



2) в изобарном процессе
найти 1-2.

А газа - площадь под графиком.

$Q_{23} = A_{23} + U_{23}$

Пусть γ - искомого коэф. $P_2 = P_3$

$\gamma = \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{A_{23} + U_{23}}{A_{23}} = 1 + \frac{U_{23}}{A_{23}}$

$\gamma = 1 + \frac{3}{2} \frac{(P_3 V_3 - P_3 V_1)}{P_3 (V_3 - V_1)}$

$= 1 + \frac{3}{2} = 2,5$

1-2 - изохора
2-3 - изобара

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

$C_v = \frac{3}{2} R$

$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

$A_{23} = P_3 (V_3 - V_1)$

$U_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2)$

$P_3 (V_3 - V_1) = \nu R (T_3 - T_2)$

$A_{23} = P_3 (V_3 - V_1)$

$U_{23} = \frac{3}{2} P_3 (V_3 - V_1)$

N3. Найти η max.

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\text{пог}}} = 1 + \frac{Q_{\text{отб}}}{Q_{\text{пог}}} \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{9Fd}{9}$$

$Q_{\text{отб}} = Q_{31}$.

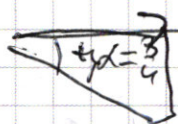
$Q_{\text{пог}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} P$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} P \frac{3}{2} R V (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} P V_1 (P_3 - P_1) \quad 1 = \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_1)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$$

N5. $d_1 = 3F$

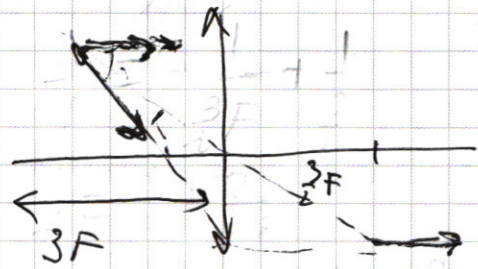


$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}$$

$$\frac{2F}{3F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\frac{16}{9} + \frac{16}{9}}} = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$



$2V$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{2}{3F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{5}{3F}$$

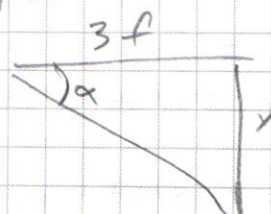
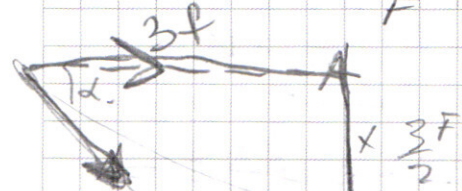
$$-\frac{1}{F} = -\frac{2}{3F} + \frac{1}{f}$$

$$-\frac{3}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{1}{f}$$

$$f = -\frac{3F}{5}$$

$$\frac{8 \cdot 5}{4}$$

$$\Gamma = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2$$



$$\frac{y}{3F} = \frac{1}{2}$$

$$y = \frac{3F}{2}$$

$$\frac{6F}{4} + \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4}$$

$$\tan \beta = \frac{9F}{3F} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

$$\tan \alpha = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

НЧ. Ключ разомкнут $\mathcal{E} = 9\text{В}$ $C = 10\text{мкФ}$ $U_1 = 5\text{В}$ $L = 0,1\text{Гн}$.
 $V_0 = 1\text{В}$.

$\mathcal{E} = L \frac{dI}{dt}$, $\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{L}$
 $I_L = L U_C'$
 $\varphi = \frac{E}{R} q$

Ключ замыкают
 напряжение на катушке
 с током не меняется
 конденсатор - пробивает.

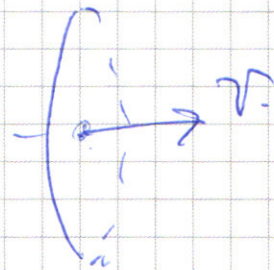
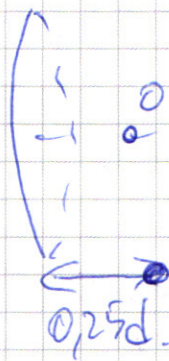
S, d $q = \gamma T$.

по горизонтали.
 $L = \frac{Eq T^2}{m^2}$
 $mgR = \frac{mv_0^2}{2}$
 $ma = Eq$ $a = \frac{Eq}{m}$

по 3C)

$\varphi_1 = \frac{Qk}{\sqrt{R^2 + (\frac{d}{4})^2}}$
 $\varphi_2 = \frac{-Qk}{\sqrt{R^2 + (\frac{3d}{4})^2}}$

$\varphi_1 = \frac{\Delta q k}{\sqrt{R^2 + x^2}}$

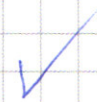


$$a = \frac{E q}{m}$$

$$0.75d = \frac{E q T^2}{m 2}$$

$$E$$

$$v = aT$$

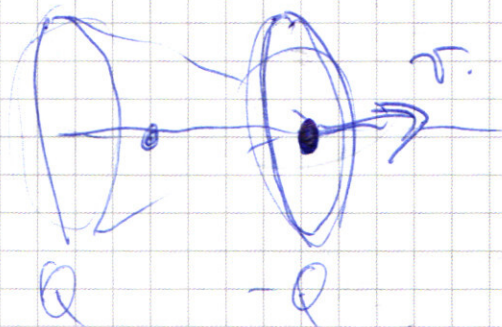
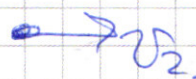
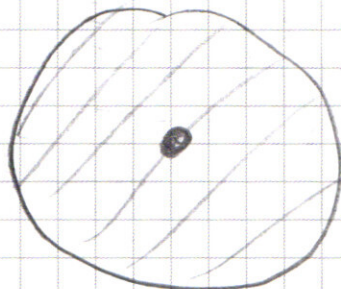


$$Q = \epsilon_0 S \cdot 3.2 \frac{m}{T}$$

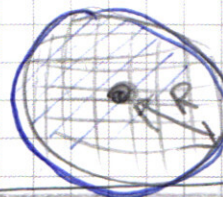
$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = E$$

$$Q = \frac{3}{2} d \frac{S \epsilon}{T}$$

Так как
спереди
иногда
нет то
учитывать
не надо.



$$\frac{kQ}{d} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$



$$-Q \Rightarrow -\frac{kQ}{R}$$

$$N3. a = \frac{E q}{m}$$

$$v_2 = \frac{E q T}{m} = E \delta T$$

Проверка.

$$\frac{3}{4}d = \frac{(v_k + v_2) T}{2}$$

$$v_k = \frac{3d}{2T}$$

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

$$v_2 = \frac{E q T}{m} = E \delta T =$$

$$v_2 = \frac{Q \delta T}{\epsilon_0 S} ?$$

$$\frac{3d}{2T} = \frac{Q \delta T}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2T \delta}$$

