

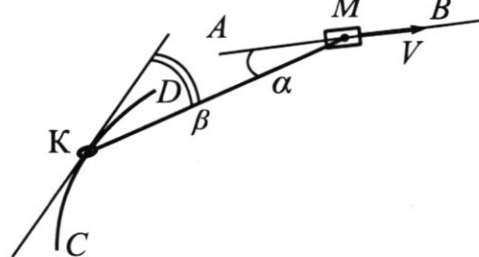
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

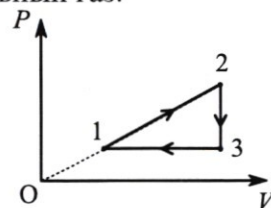
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



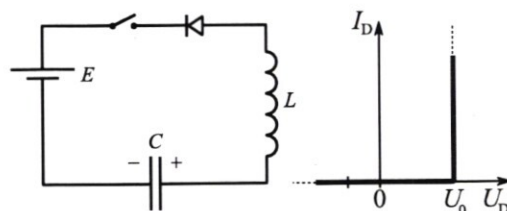
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$. (Находится в вакууме)

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 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.

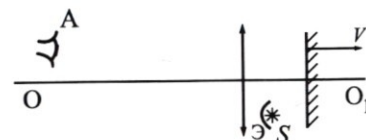
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

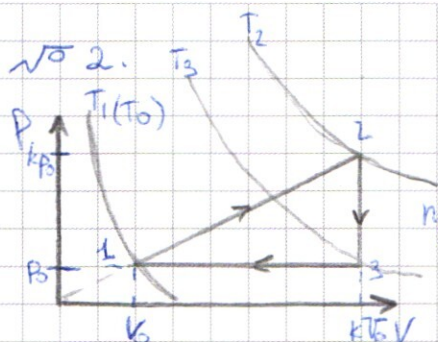


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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



1) Пусть в положении 1 газ под давлением P_0 и в объеме V_0 . Тогда т.к. $1 \rightarrow 2$ - процесс пропорциональности, $\Rightarrow$ в состоянии 2 газ будет под давлением kP_0 в объеме kV_0 , где k - какой-то кон-во раз.

Известно, что $C_V = \frac{5}{2}R$, где C_V - теплоемкость в изохорном процессе, а $C_P = \frac{7}{2}R$, где C_P - теплоемкость изобарного процесса.

Проведем изотермы в точках 1, 2 и 3 заметим, что понижение температуры газа происходит в процессах $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$.

$2 \rightarrow 3$ - изохорный процесс, $\Rightarrow C_{23} = C_V = \frac{5}{2}R$; $3 \rightarrow 1$ - изобарный процесс, $\Rightarrow C_{31} = C_P = \frac{7}{2}R$

$$1 \rightarrow 2 \text{ т.к. газ одноатомный, } \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{5}{7}$$

3) $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H}$, где A_{Σ} - суммарная работа за цикл, а Q_H - теплота нагревателя. Увеличивалась только в процессе $1 \rightarrow 2$ (т.к. в пр-сах $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$ она отводилась). Известно, что C_{12} , если $1 \rightarrow 2$ - пр. пропорциональности, равна: $C_{12} = \frac{1}{2}R + \frac{5}{2}R$. Тогда $Q_H = Q_{12} = C_{12} \Delta T = (\frac{1}{2} + \frac{5}{2})R \cdot \Delta T = 3R \Delta T$

Запишем 3-й Менделеев-Клапейрон для процесса $1 \rightarrow 2$: сжатием 2 и 1:

$$kP_0 \cdot kV_0 = \nu RT_2; \Rightarrow k^2 P_0 V_0 = \nu RT_2; P_0 V_0 = \nu RT_0 \leftarrow P_0 V_0 = \nu RT_1; \text{ Пусть } T_1 = T_0$$

$$k^2 \nu RT_0 = \nu RT_2; T_2 = T_0 \cdot k^2; \Rightarrow$$

$$Q_H = 3 \nu RT_0 (k^2 - 1)$$

$$A_{\Sigma} = \oint p dV = \frac{1}{2} (kP_0 - P_0) (kV_0 - V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (k - 1)^2; \text{ Тогда } \eta = \frac{P_0 V_0 (k - 1)^2}{2 \cdot 3 \nu RT_0 (k^2 - 1)}; P_0 V_0 = \nu RT_0 \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{(k - 1)^2}{4(k + 1)}; \eta = \frac{k - 1}{4(k + 1)}$$

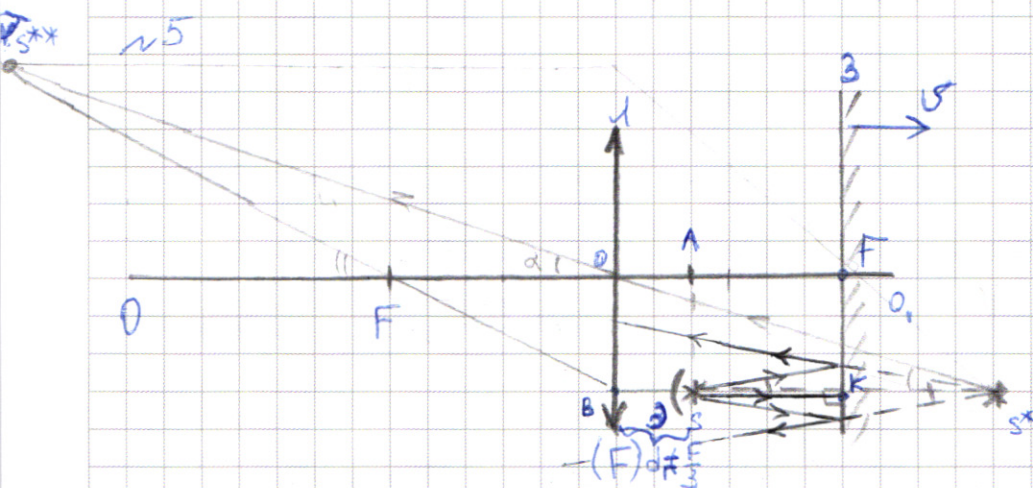
Заметим, что при увеличении k числитель растет куда быстрее, чем знаменатель.

$$2) Q_{12} = 2VRT_0(k^2-1) \text{ и } n.3; A_{12} = +S_{2p} = (kV_0 - V_0) \frac{(p_0 + k p_0)}{2} = p_0 V_0 \frac{k^2 - 1}{2};$$

$$\text{Тогда } \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2p_0 V_0 (k^2-1)}{p_0 V_0 (k^2-1)} = 4$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3}{5}; 2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4; 3) \eta = \frac{k-1}{k+1}$$

$$\text{Дано: } AS = 8 \frac{8F}{15}; SB = \frac{F}{3}$$

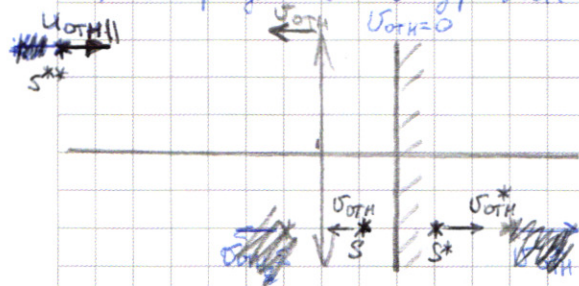


1) Изображение действительного предмета S в 3 . Будет действительным, в наст. величину; $SK = KS^* = F - SB = \frac{2}{3}F$, т.к. Зеркало.

2) Предмет S^* является действительным для линзы; $d_2 = BS^* = BS + 2SK = \frac{F}{3} + 2 \cdot \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$; $d_2 > F \Rightarrow S^{**}$ -изображение действ. предмета S^* будет действительным, перевернутым;

$$\text{Для тонкой линзы: } \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}; \Leftrightarrow \frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{d_2}; d_2 = \frac{5}{2}F - \text{Ответ на п. 1}$$

2) По Переносу в CO зеркала:



Из рисунка вытекает, что S^* движется со скоростью

$$v^* = v_{отн} + v_{пер} = 2.5$$

$$v_{отн}^* = v_{отн} + v_{пер};$$

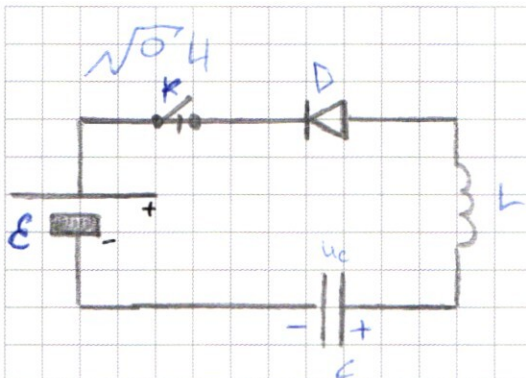
$$v_{отн} = \frac{3}{2} \cdot 2.5 + 5 = 4.5$$

$$v_{отн}^* = v_{отн} + v_{пер} = 2.5$$

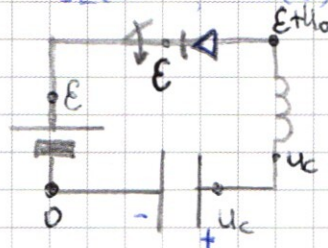
$$v_{отн} = \Gamma \cdot v_{отн}^* = \frac{3}{2} v_{отн}^*;$$

$$\text{Ответ: } S_2 = \frac{5}{2}F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



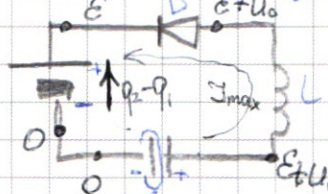
- 1) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа; Тогда U_C и I_L скачком не изменятся. $I_L \neq 0 \Rightarrow 0$, т.к. ключ был разомкнут $\Rightarrow$ тока не было; $U_C = 6В$,
 $\Rightarrow I_L(0) = 0$; $U_C(0) = U_C$; т.к. $I_L(0) = 0 \Rightarrow$ тока нет в цепи, $\Rightarrow U_C \leq U_0$; $U_C > E + U_0 \Rightarrow U_C = U_0$



Используем метод узловых потенциалов
 Тогда $U_L = U_C - (E + U_0)$. Заметим, что $U_L = L I_L'$, $\Rightarrow I_L' = \frac{U_L}{L} =$
 $= \frac{U_C - E - U_0}{L} = \frac{6В - 3В - 1В}{0,2 Гн} = \frac{2В}{0,2 Гн} = 10 \frac{А}{с}$

- 2) Рассмотрим момент времени τ , при котором $I_L(\tau) = I_{max}$; Это значит, означаем, что

$$U_L = L \cdot I_L' = 0, \text{ т.к. } I_L' = I_L'_{max} = I_L'(\tau) = 0$$



Используем метод узловых потенциалов

Рассмотрим ЗС $\Rightarrow$ для процесса от $t=0$ до

$$t = \tau:$$

т.к. нет резисторов

$$\Delta S = W_{\text{ист}} - W(0) + Q$$

$$W(0) = \frac{C \cdot U_C^2}{2}; \quad W(\tau) = \frac{C(E + U_0)^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

Рассмотрим левую обкладку конденсатора; q там в $t=0$ был $q_1 = C \cdot U_C$; а в $t = \tau$ стал

$q_2 = -C(E + U_0)$; $\Rightarrow$ через источник протек заряд $q_2 - q_1 = C(U_C - E - U_0)$; они те же от

«к.т», $\Rightarrow \Delta S = -E \cdot C(U_C - E - U_0)$

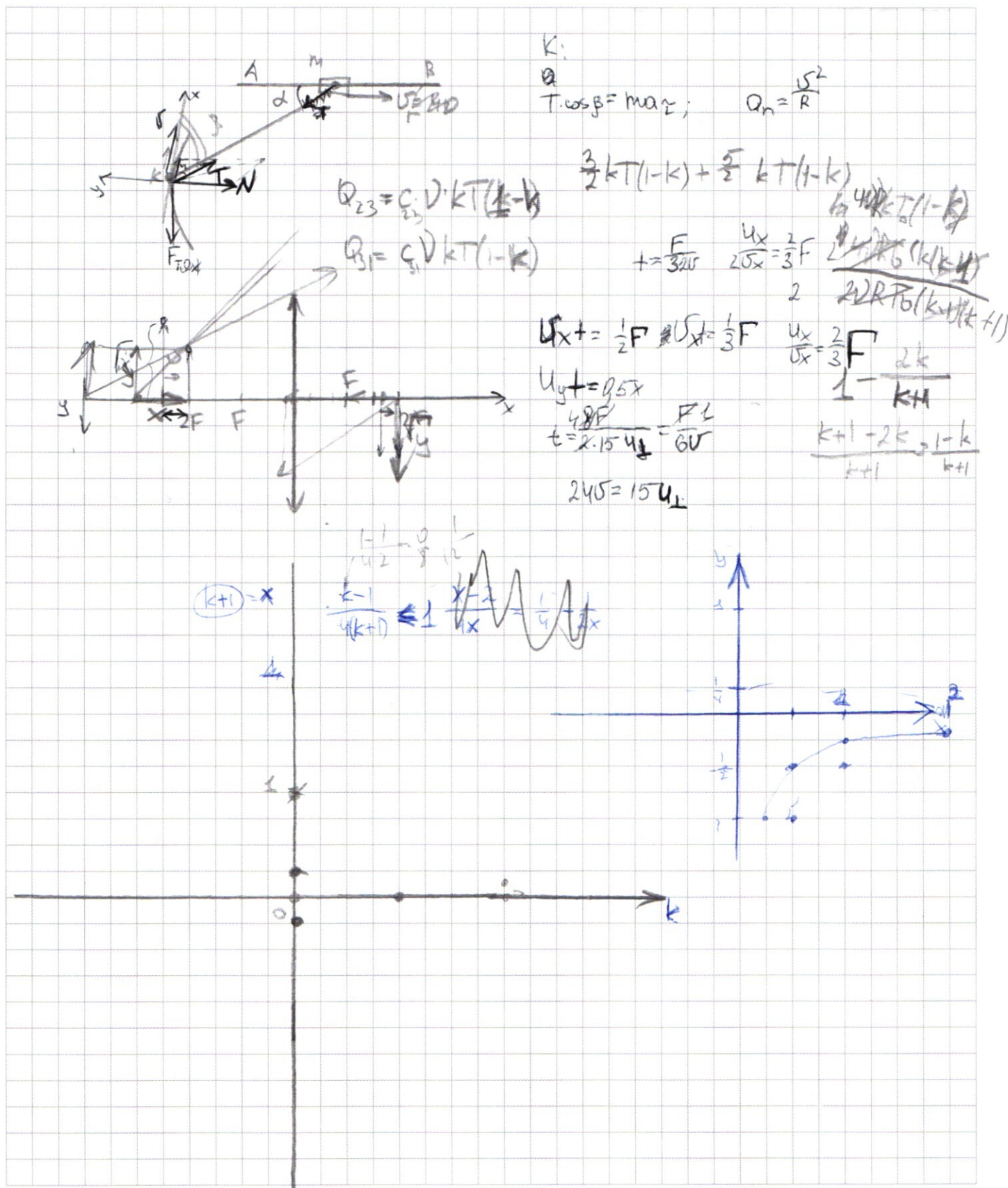
$$\text{Тогда } E \cdot C(U_C - E - U_0) = \frac{C(E + U_0)^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2} - \frac{C U_C^2}{2}$$

$$0,5 \cdot (6 - 3 - 1) = \frac{0,5(8В)^2}{2} + \frac{0,2 I_{max}^2}{2} - \frac{0,5 \cdot 6^2}{2}$$

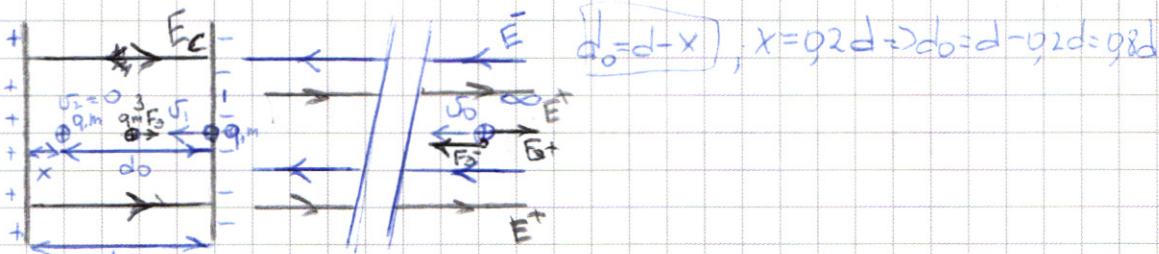
$$6с + 18с = 8с + 0,1 I_{max}^2; \quad I_{max}^2 = 160с = 160 \cdot 20 \cdot 10^{-4}; \quad I_{max} = 4 \cdot 10^{-2} \sqrt{2}$$

Отвеч: 1) $I_{eff} = I_L = 10 \frac{A}{cm}$, 2) $I_{max} = 4 \cdot 45 \cdot 10^2 A$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 3



1) Закон Сохранения Энергии:

$$A = K_2 - K_1; K_1 = \frac{m v_1^2}{2}; K_2 = 0; A = -q E d_0 \text{ где } E = q \cdot E_0$$

$$\text{Тогда } -q E_0 d = 0 - \frac{m v_1^2}{2}; \frac{m v_1^2}{2} = q E_0 d_0; d_0 = 0.8d; \Rightarrow E_0 = \frac{m v_1^2}{2 q d}$$

2-ой 3-й Ньютона для положения 3:

$$0x \quad q E_0 = m a; a = \frac{q E_0}{m}; \text{ Тогда } v_2 = v_1 - a T; v_2 = 0 \Rightarrow v_1 = a T; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 m}{q E_0} = \frac{m v_1}{q \cdot \frac{m v_1^2}{2 q d}} = \frac{2 d}{v_1} = \frac{1.6 d}{v_1}$$

$$2) \text{ Известно, что } U = E_0 d; E_0 = \frac{m v_1^2}{2 q \cdot 0.8 d}; \Rightarrow U = \frac{m v_1^2}{2 q \cdot 0.8 d} = \frac{m v_1^2}{1.6 q}; \Rightarrow U = \frac{v_1^2}{1.6}$$

3) Рассмотрим частицу на бесконечности справа.

Оттуда на нее действуют F_{-} от "-" заряженной пластины, а также F_{+} от "+" заряженной пластины.

$$\text{Нб: } F_{-} = q E; \Rightarrow F_{-} = q E^-; F_{+} = q E^+; \text{ только для } E^+ = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} = \frac{1}{2} E_0;$$

$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \text{ и } E^- = -\frac{\sigma}{2 \epsilon_0} = -\frac{1}{2} E_0; \Rightarrow F_{-} = -F_{+}; \Rightarrow R = 0; \Rightarrow v_0 = v_1$$

$$\text{2-й 3-й Ньютона: } F_{-} + F_{+} = m a; F_{-} = -F_{+}; \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_0 = v_1$$

$$\text{Ответ: 1) } T = \frac{1.6 d}{v_1}; 2) U = \frac{v_1^2}{1.6}; 3) v_0 = v_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 2

$x = ky$

$V = \frac{k}{3}P$

$\frac{V}{P} = k$

$Q = V C_{AT}$

$Q = A_2 + U$

$2 \rightarrow 3$

$Q = 0 + \frac{3}{2} R \Delta T$

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

$3 \rightarrow 1$

$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$

$- p_1 V_1 (k-1) + \frac{3}{2} R (T_1 - T_3)$

$= 2R$

$A_{12} = (k-1) V_1 \cdot \frac{p_1 + k p_1}{2} = p_1 V_1 \frac{(k^2-1)^2}{2}$

$Q = A_{12} + U_{12}$

$U_{12} = \frac{1}{2} R + \frac{1}{2} R$

$U_{12} = \frac{3}{2} R T (k^2-1)$

$Q = \frac{3}{2} R T \frac{(k^2-1)^2}{2} + \frac{3}{2} R T (k-1) = \frac{3}{2} R T (k-1)^2 (\frac{1}{2} + \frac{3}{2}) = 2 R T (k-1)^2$

$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$

$Q_H = 2 R T (k-1)^2$

$A_{\Sigma} = \frac{1}{2} p_1 (k-1) \cdot V_1 (k-1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (k-1)^2 =$

$\frac{R T (k-1)^2}{2 \cdot 2 R T (k-1)^2} = \frac{k-1}{4k+4} = \eta$

$F(k) = \frac{k-1}{4(k+1)}$

$4x+4 =$

$\frac{x-1}{4x+4} = 1$

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0 \cos}$

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

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

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

$U = \frac{q \epsilon_0 \cos}{d} = E \cos d$

$U = \frac{q \epsilon_0 \cos}{d} = \frac{q d}{\epsilon_0 \cos}$

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

$Q = \frac{q}{m} E \cos$

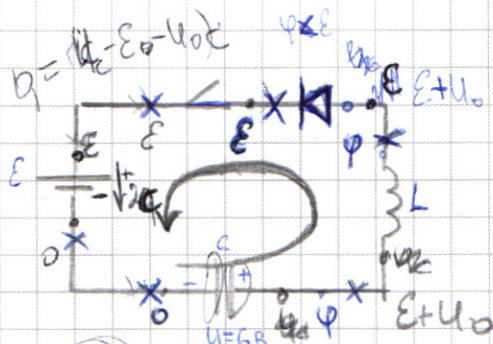
$0 = U_1 - q T$

$U_1 = q T$

$T = \frac{m U_1}{q E \cos}$

$U_0 = \sqrt{U_1^2 - \frac{q}{m} E \cos \cdot 1.6 d}$

$U_1 = \frac{m U_0^2 + q E \cos \cdot 1.6 d}{m} = \sqrt{U_0^2 + \frac{q}{m} E \cos \cdot 1.6 d}$

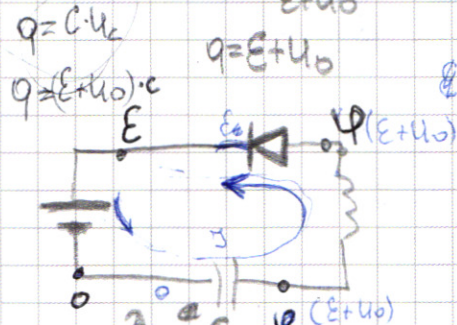


1) p. n. $U_c(0) = U_0; i(0) = 0$

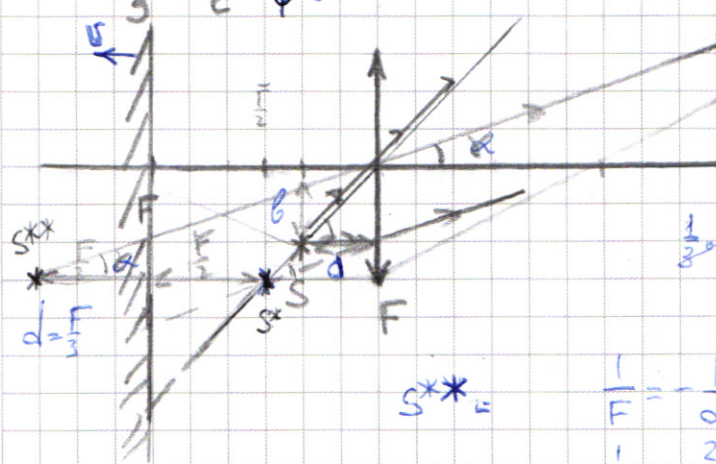
$$U_L = L \cdot i'$$

$$+U_L = E - U_c \Rightarrow i' = \frac{E - U_c}{L} \quad U_L = \frac{U_c - E - U_0}{L}$$

$$i_{\max} \Rightarrow i' = 0 \Rightarrow U_c = 0$$



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



$$i_c = C u' = C \cdot \frac{E + U_0}{\Delta t} = \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{11F} + 5$$

$$\frac{1}{11F} + \frac{10}{11F} = \frac{1}{11F} + \frac{9}{10F}$$

$$\frac{1}{d} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{10F} + \frac{1}{5} \quad \frac{1}{5} = \frac{10}{5F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{5}$$

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

$$S = \frac{F}{2}$$

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{48}{15 \cdot 2} = \frac{4}{5} F$$

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

$$\frac{1}{5} = \frac{2}{F} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{2}{F}; S = \frac{F}{2}$$

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{5}$$

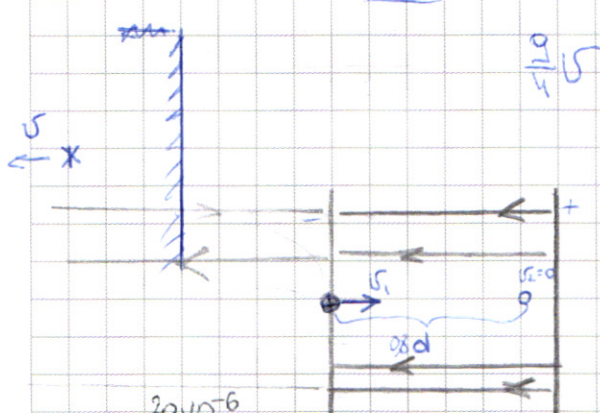
$$\frac{1}{F} = -\frac{2}{3F} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{F} + \frac{1}{d} = \frac{1}{5}$$

$$S = \frac{3}{5} F$$

$$\frac{225}{64} = \frac{16}{16}$$

$$d = \frac{4F24}{53F} = \frac{8}{15} F$$



$$F_{\text{tot}} = F_{\text{el}} + F_{\text{gr}}$$

$$F_{\text{el}} = \frac{5}{4} U$$

$$\frac{mU^2}{2} = qES \cdot 98d$$

$$ES = \frac{mU^2}{q \cdot 16d}$$

$$U = ES \cdot d = \frac{mU^2}{16qd} \cdot U = \frac{mU^2}{16q}$$

$$U = CU'$$

$$3C \Rightarrow$$

$$\Delta S = \Delta W$$

$$F_s = qE \quad q = \frac{QE}{m}$$

$$U_i = q \cdot t$$

$$t = \frac{U_i}{q} = \frac{U_i m}{qE} = \frac{m \cdot q \cdot 16d}{q m U_i}$$

$$= \frac{16d}{U_i}$$

$$\frac{mU^2}{2} = L \cdot q \cdot \frac{C U^2}{2} + U(2C)$$

$$18C - 2C = 8 + q \cdot i_{\max}^2$$

$$80C = i_{\max}$$

$$i_{\max} = 40 \cdot 10^{-3}$$

$$-(U_c - E_0 + U_0)C = \frac{CU^2}{2} + \frac{C(E + U_0)^2}{2} + \frac{L i_{\max}^2}{2}$$



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)

