

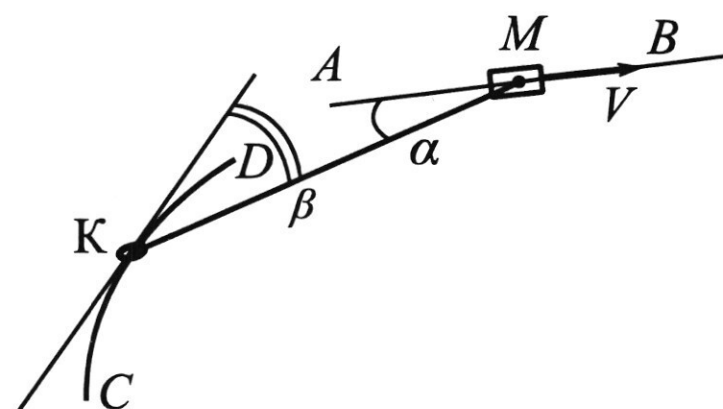
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

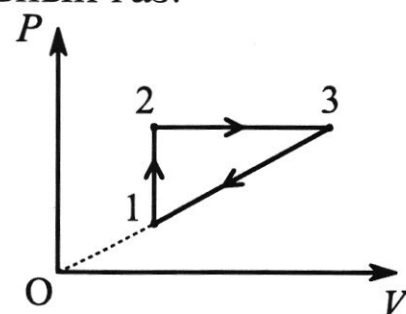
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



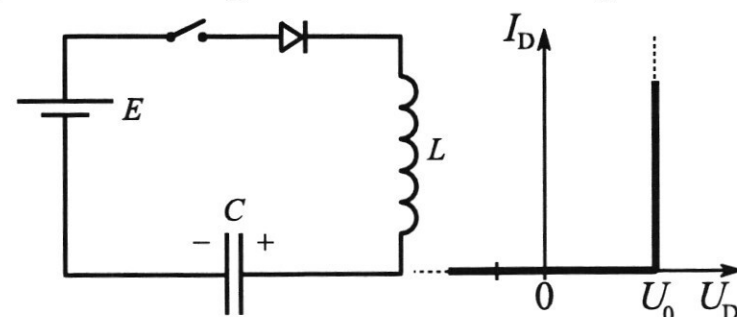
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

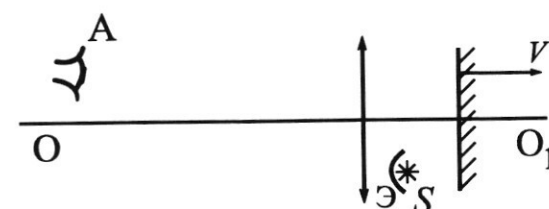
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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

N4

$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$

$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$U_1 = 5 \text{ В}$

$L = 0,1 \text{ Гн}$

$U_0 = 1 \text{ В}$

$U_{L1} - ?$

$I_{\max} - ?$

$U_2 - ?$

1) Скорость возрастания тока — это U_{L1} т.к.
 $U_L = L I'$, где I — ток через катушку.
 Если $L = \text{const}$ напряжение U_L через катушку не может меняться скачком $\Rightarrow U_{L1} = 0$

2) $U_L = L I' \Rightarrow$ когда $U_L = 0$, ток будет максимальным или минимальным
 Максимальным он будет в катушке в уст. режиме.
 3. С. З.: $A_{\Sigma} = (W_k - W_{k0}) + \frac{L I_{\max}^2}{2}$

$A_{\Sigma} = \mathcal{E} (q^* - q_0)$, $q_0 = C U_1$, $q^* = C \mathcal{E}$
 $q_0 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 5 \text{ В} = 200 \text{ мкКл}$
 $q^* = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 9 \text{ В} = 360 \text{ мкКл}$
 $A_{\Sigma} = 9 \text{ В} (360 \text{ мкКл} - 200 \text{ мкКл}) = 1440 \text{ мкДж}$

$W_k = \frac{q^* \mathcal{E}}{2}$; $W_k = \frac{360 \text{ мкКл} \cdot 9 \text{ В}}{2} = 1620 \text{ мкДж}$
 $W_{k0} = \frac{q_0 \cdot U_1}{2}$; $W_{k0} = \frac{200 \text{ мкКл} \cdot 5 \text{ В}}{2} = 500 \text{ мкДж}$

$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 A_{\Sigma} - 2(W_k - W_{k0})}{L}}$; $I_{\max} = \sqrt{\frac{2(1440 \text{ мкДж} - (1620 \text{ мкДж} - 500 \text{ мкДж}))}{0,1 \text{ Гн}}}$
 $= 80 \text{ мА}$

3) В уст. режиме $\mathcal{E} = U_2 = 9 \text{ В}$

Ответ: $U_{L1} = 0$; $I_{\max} = 80 \text{ мА}$; $U_2 = 9 \text{ В}$

N3

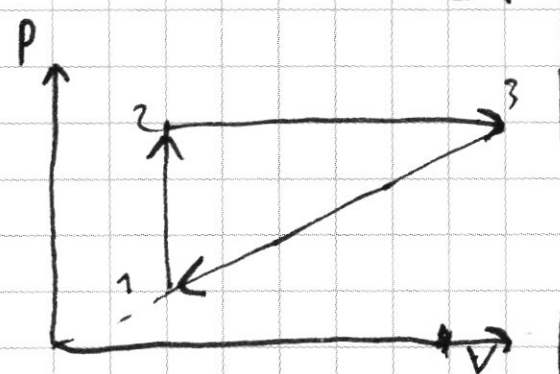
1) $\varphi^* = \frac{3}{4} E d$; 3. С. З.: $\varphi^* q = \frac{m V_1^2}{2}$ т.к.
 при вылете из конденсатора напряженность нет

$\frac{3}{4} E d q = \frac{m V_1^2}{2}$ (1); $V_1 = a \cdot T$

по 2-з. Ньютона: $\vec{F} = m \vec{a}$; $0x: F = ma, F = q E$
 $\Rightarrow a = \frac{q E}{m} \Rightarrow V_1 = \frac{q E T}{m}$ (2)

если соединим (2) и (1), то $V_1 = \frac{3 d}{2 T} \sqrt{\frac{q E S}{d}}$
 2) $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$ и $E = \frac{m V_1}{T q} = \frac{V_1}{T \gamma} \Rightarrow Q = \frac{3 d \epsilon_0 S}{2 \gamma T^2}$

3) пластины заряжены одинаково по модулю зарядов и
внутри поле однородное $\Rightarrow V_2 = V_1$ (поле вне конденсатора
нет) $V_2 = \frac{3d}{2T}$ Ответ: $V_1 = V_2 = \frac{3d}{2T}$; $Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2T^2}$



$\frac{C_{23}}{C_{12}} = ?$
 $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$
 $\eta = ?$

1) $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$ т.к 1-2 изохора

$Q_{12} = C_{12} V (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + P_2 (V_3 - V_2)$, $P_2 (V_3 - V_2) = \nu R (T_3 - T_2)$

$\Rightarrow Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = C_{23} V (T_3 - T_2) \Rightarrow$

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

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

2) $Q_{23} = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_2)$, $A_{23} = P_2 (V_3 - V_2) \Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2,5$

3) $\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}}$ Q_{12} - нагрев. тепло, Q_{23} - охл. тепло

Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$; $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2,5$; $\eta =$

$v = 0,68 \frac{m}{c}$

$m = 0,1 \text{ кг}$

$R = 1,9 \text{ м}$

$l = \frac{5}{3} R$

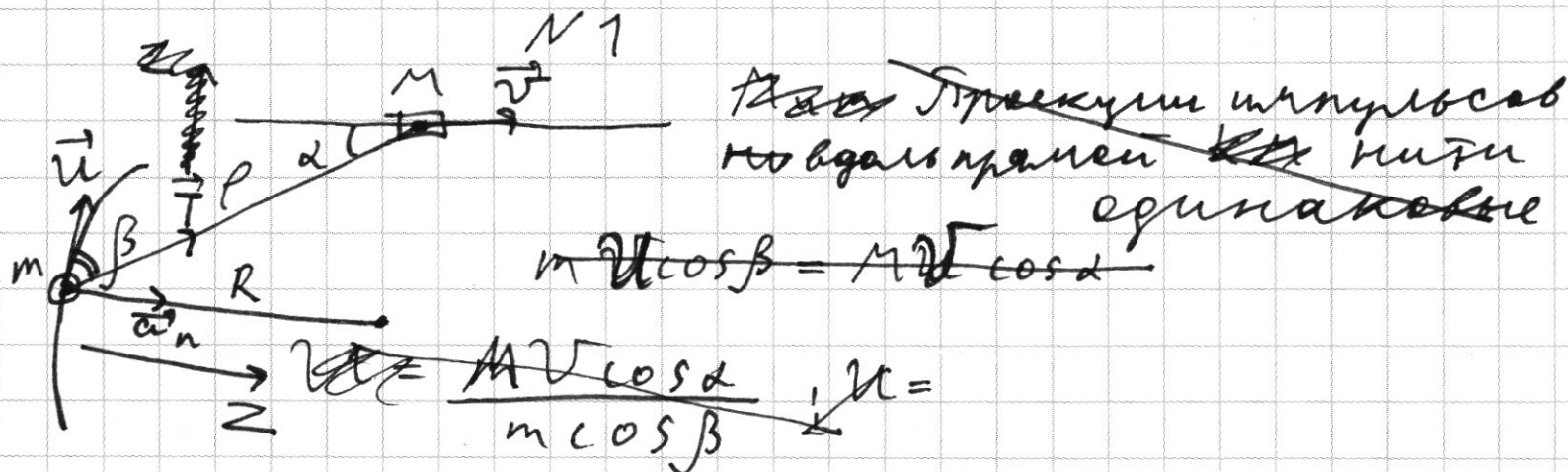
$\cos \alpha = \frac{15}{17}$

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

$u = ?$

$v_{\text{отн}} = ?$

$T = ?$



1) $u \cos \beta = v \cos \alpha$, $u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$

$u = \frac{0,68 \frac{m}{c} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 0,75 \frac{m}{c}$

2) $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$

$v_{\text{отн}}^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta)$

$\sin \alpha = \frac{8}{17}$, $\sin \beta = 0,6 \Rightarrow \cos(\alpha + \beta) = \frac{7,2}{17}$

$v_{\text{отн}} = \sqrt{(0,68 \frac{m}{c})^2 + (0,75 \frac{m}{c})^2 - 2 \cdot 0,75 \frac{m}{c} \cdot 0,68 \frac{m}{c} \cdot \frac{7,2}{17}} = 0,77 \frac{m}{c}$

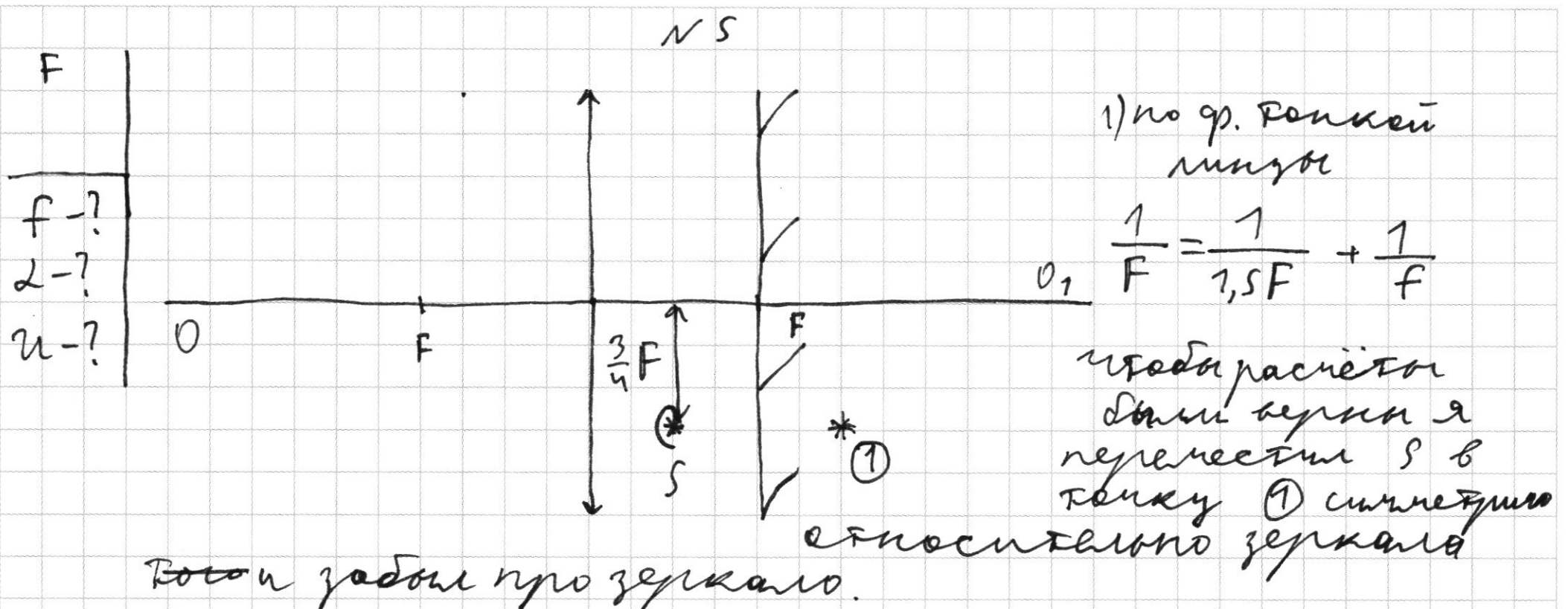
3) по II з. Ньютона для m: $\vec{T} + \vec{m}\vec{g} = m\vec{a}$; ОЗ: $T \cos(90 - \beta) = ma_n$

$\cos(90 - \beta) = \sin \beta \Rightarrow T = \frac{ma_n}{\sin \beta}$, $a_n = \frac{u^2}{R} \Rightarrow T = \frac{mu^2}{R \sin \beta}$

$T = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot (0,75 \frac{m}{c})^2}{1,9 \text{ м} \cdot 0,6} \approx 0,05 \text{ Н}$

Ответ: $u = 0,75 \frac{m}{c}$; $v_{\text{отн}} = 0,77 \frac{m}{c}$; $T \approx 0,05 \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$f = 3F$$

2) Линейное увеличение линзы: $\Gamma = \frac{3F}{\frac{F}{2}} = 6$

Тогда высота H виртуального источника будет $\Gamma \cdot \frac{3}{4}F$

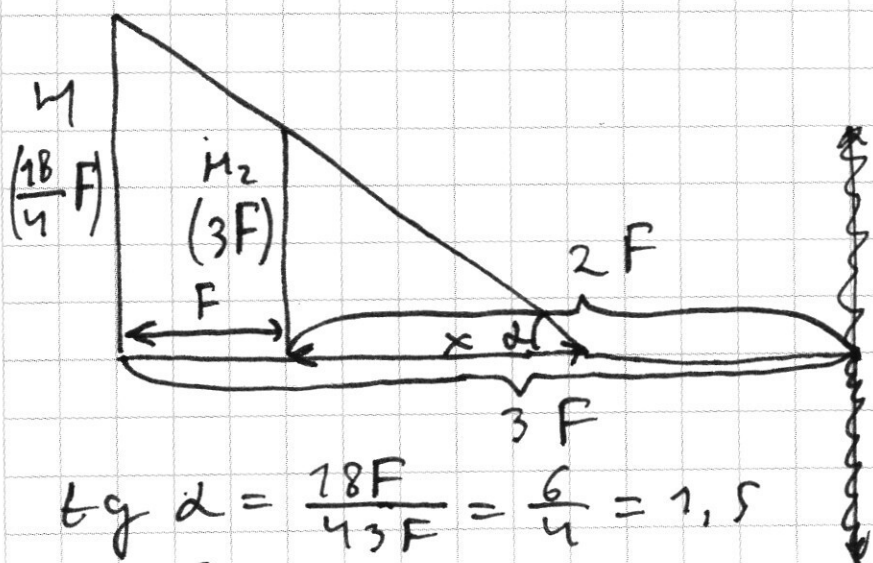
$$H = \frac{18}{4}F$$

Затем условно перенесем зеркало ещё на $\frac{F}{2}$ влево

Тогда $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f_2}$ (это здесь я тоже симметрично перенесу как в п 1) 3)

$$f_2 = 2F, \text{ тогда } \Gamma_2 = \frac{2F}{\frac{F}{2}} = 4 \Rightarrow H_2 = 3F$$

Так возникнут два положения изображения: (примерно)



из полученных Δ -ков $x = 2F$

Оказалось, что изображение движется вдоль прямой, проходящей через центр линзы.

$$\tan \alpha = \frac{18F}{43F} = \frac{6}{4} = 1.5$$

3) $\Gamma^2 = \frac{u_{\text{изн}}}{v_{\text{изн}}}$, где $u_{\text{изн}}$ — относительная скорость изображения относительно линзы, а $v_{\text{изн}}$ — скорость предмета относительно линзы

Ответы: $f = 3F$; $\operatorname{tg} \alpha = 1,5$; ~~или~~ $35V = U$

$U_{\text{отн}} = 36V \Rightarrow U = 35V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) скорость возрастания тока $\rightarrow \frac{dI}{dt}$ т.к. $U_L = L \frac{dI}{dt}$
но U_L при $L = \text{const}$ не может меняться скачком $\Rightarrow U_L$ (скор. в. т.) $= 0$

2) $A_{\sigma} = (W_k - W_{k0}) + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$
 $U_L = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$ когда $U_L = 0$, когда I будет макс или мин
 I будет макс ~~на~~ в устр. резонансе

$W_{k0} = \frac{C U_1^2}{2}$, $W_k = \frac{C E^2}{2}$, $A_{\sigma} (q^* - q)$, $q = CU$,
 $q^* = CE$
 $\frac{68}{100} \cdot \frac{15}{14} \cdot \frac{5}{4} = 140,75 \text{ мкДж}$

3) В устр. резонансе C падает на $\frac{E}{2}$ ~~на~~ $\frac{E}{2}$ ~~на~~ $\frac{E}{2}$

1) изображение будет параллельными лучами

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

$\Gamma = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} = 2$
 $\Gamma^2 = \frac{U_{\text{max}}^2}{U_{\text{min}}^2} = \frac{21}{2F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f^*}$
 $\Gamma = 2 = \frac{3F}{1,5F} \Rightarrow h = \frac{6}{1} F$
 $\Gamma = 6 = \frac{3F}{0,5F} \Rightarrow h = \frac{6}{0,5} F$
 $\frac{1}{2F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f}$
 $f = 2F$

$\tan \alpha = \frac{6}{4} = 1,5$
 $\Gamma^2 = \frac{U_{\text{max}}^2}{U_{\text{min}}^2}$

$$\frac{18}{12} = \frac{x+F}{x}$$

$$18x = 12x + 12F$$

$$6x = 12F$$
$$x = 2F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $mV \cos \beta = M u \cos \alpha$, $V = M u \cos \alpha$

2) $\vec{V} = \vec{V}_{\text{осн}} + \vec{u}$

3) $V_{\text{осн}} = \sqrt{V^2 + u^2 - 2Vu \cos(\alpha + \beta)}$; $\cos(\beta + \alpha) = \cos \beta \cos \alpha - \sin \beta \sin \alpha$

4) $\cos(\beta + \alpha) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{6}{17} \cdot \frac{8}{17} = \frac{12}{17} - \frac{4,8}{17} = \frac{7,2}{17}$

5) $\sin \beta = 0,6$; $\sin \alpha = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \frac{8}{17}$

6) $T = \frac{mV^2}{R \cos \beta}$

7) $T \cdot \cos(90 - \beta) = mV^2$

8) $\cos(\alpha + \beta) = \frac{7,2}{17}$

9) $\frac{PV}{T} = \text{const}$

10) $Q_{12} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = C_{12}V(T_2 - T_1)$

11) $Q_{23} = \frac{3}{2} VR(T_3 - T_2) + P_2(V_3 - V_2) = \frac{5}{2} VR(T_3 - T_2) = C_{23}V(T_3 - T_2)$

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

13) $Q_{23} = \frac{5}{2} P_2(V_3 - V_2)$; $A_{23} = P_2(V_3 - V_2)$

14) $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{пол}}} = \frac{(V_3 - V_2)(P_2 - P_1)}{2 \cdot (\frac{5}{2} VR(T_3 - T_2) + \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1))}$

15) $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{от}}}{Q_{\text{пол}}}$

16) $P = kV$; $kV^2 = VR T$

17) $Q_{\text{от}} = \frac{3}{2} VR(T_1 - T_3) + \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_3)$

18) $5929 =$

$$Q_x = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) + \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_3) = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_3 V_3 + \frac{1}{2} (P_1 V_2 + P_2 V_2 - P_1 V_3 - P_2 V_3)$$

$$VR(T_1 - T_3) = (P_1 V_1 - P_3 V_3)$$

$$Q_x = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_3 V_3 + \frac{1}{2} P_1 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_3 + \frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_2 V_3 = 2 P_1 V_1 - 2 P_3 V_3 - \frac{1}{2} P_1 V_3 + \frac{1}{2} P_3 V_1 = P_1 (2 V_1 - \frac{1}{2} V_3) - P_3 (2 V_3 - \frac{1}{2} V_1)$$

$$P = kV \quad PV = kV^2$$

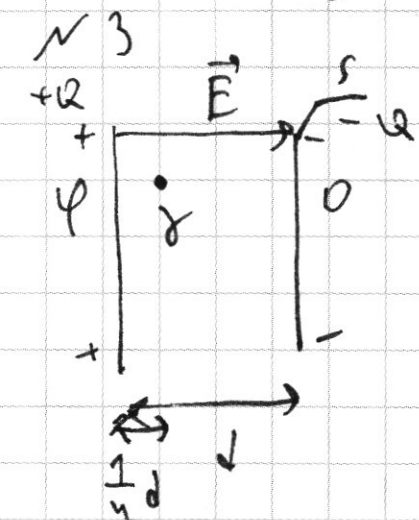
$$= k V_1 (2 V_1 - \frac{1}{2} V_3) - k V_3 (2 V_3 - \frac{1}{2} V_1)$$

$$Q_n = \frac{P_1}{V_1} = k \quad \frac{P_3}{V_3} = k \quad P_1 = k V_1$$

$$Q_n = \frac{5}{2} VR(T_3 - T_2) + \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_1) + \frac{3}{2} V_1 (P_3 - P_1) = \frac{5}{2} k V_3 (V_3 - V_1) + \frac{3}{2} V_1 k (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} k (5 V_3 (V_3 - V_1) + 3 V_1 (V_3 - V_1)) = \frac{1}{2} k (5 V_3^2 - 5 V_3 V_1 + 3 V_3 V_1 - 3 V_1^2) = \frac{1}{2} k (5 V_3^2 - 2 V_3 V_1 - 3 V_1^2) = Q_n$$

$$Q_x = k (V_1 (2 V_1 - \frac{1}{2} V_3) - V_3 (2 V_3 - \frac{1}{2} V_1)) = k (2 V_1^2 - \frac{1}{2} V_3 V_1 - 2 V_3^2 + \frac{1}{2} V_3 V_1) = k (2 V_1^2 - 2 V_3^2) = 2 k (V_1^2 - V_3^2)$$

$$\eta = 1 - \frac{2 k (V_1 - V_3)(V_1 + V_3)}{\frac{1}{2} k (5 V_3^2 - 2 V_3 V_1 - 3 V_1^2)}$$



$$1) U = Ed$$

$$V_1 = aT$$

$$E = \frac{V_1}{\gamma T}$$

$$V_1 = \frac{2d}{T}$$

$$2) \frac{2d}{T} = \gamma T \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

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

$$3) \varphi^* = \frac{3}{4} Ed$$

$$\varphi^* q = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$\rightarrow \frac{3}{2} Ed \gamma = V_1^2$$

$$E = \frac{m V_1^2}{\frac{3}{2} d \gamma}$$

$$\rightarrow V_1^2 = \frac{3}{2} d \gamma \cdot \frac{V_1}{T \gamma} = V_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$2) E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3d}{2T} \cdot \frac{1}{T \gamma} \rightarrow Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2 \gamma T^2}$$

$$3) \text{ Если считать все силовые линии однородные} \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$qEd = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$2 \gamma Ed = V_1^2$$

$$V_1 = \frac{qET}{m}$$

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

$$E_0 = \frac{Q}{2 \epsilon \epsilon_0 S}$$

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

$$V_1 = \frac{qET}{m}$$

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

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

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

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

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

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

