

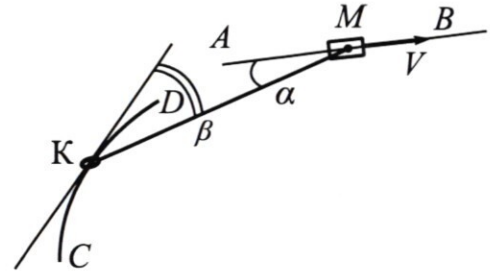
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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.



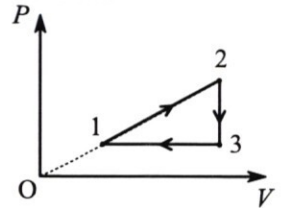
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



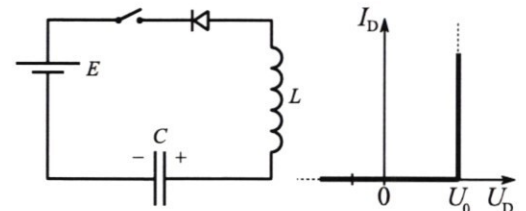
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

- 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.

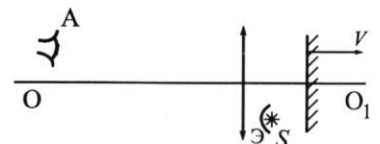


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

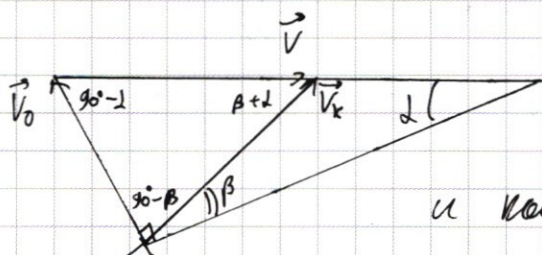
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

- 1) Составим треугольник из скоростей $\vec{V}$, $\vec{V}_k$ и $\vec{V}_0$, где $\vec{V}_k$ — скорость катюши, $\vec{V}_0$ — скорость катюши относительно земли, $\vec{V} + \vec{V}_0 = \vec{V}_k$



угол между $\vec{V}_0$ и тросом будет 90° , т.к. трос перпендикулярен и катюши относительно земли

двигается по окружности и трос натянут. угол между $\vec{V}_0$ и $\vec{V} = 90^\circ - \alpha$, угол между $\vec{V}$ и $\vec{V}_k$ равен β , угол между $\vec{V}_0$ и $\vec{V}$ равен $90^\circ - \alpha$

по теореме синусов:

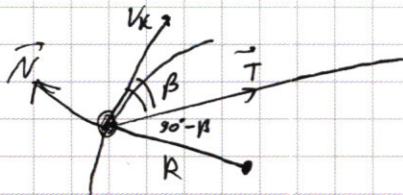
$$\frac{V}{\sin(90^\circ - \beta)} = \frac{V_k}{\sin(90^\circ - \alpha)} \Rightarrow V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{4}{20} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{17}{8} = 0,51 \frac{м}{с}$$

- 2) по теореме синусов

$$\frac{V_0}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{V}{\sin(90^\circ - \beta)}$$

$$V_0 = \frac{V (\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta)}{\cos \beta} = \frac{4}{20} \cdot \frac{17}{8} \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = 0,77 \frac{м}{с}$$

- 3) Пусть T — натяжение троса



По 2 закону Ньютона

$$\vec{N} + \vec{T} = m \vec{a}_y$$

т.к. кольцо соприкасается с горизонтальной

по $\vec{N}$ направлено во все стороны плоскости кольца и

$$N = 0$$

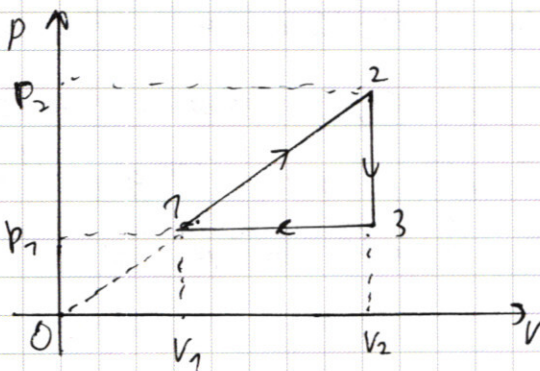
$$T \sin \beta = \frac{m V_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m V_k^2}{R \sin \beta} = 1 \cdot \frac{3^2 - 17^2}{100^2} \cdot \frac{100}{17} \cdot \frac{17}{15} \approx 1,7 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $0,51 \frac{\text{Н}}{\text{С}}$; 2) $0,77 \frac{\text{Н}}{\text{С}}$; 3) $1,7 \text{ Н}$

12

1)



Повышение температуры газа происходит на участках 2-3 и 3-1, что следует из $\frac{pV}{T} = \text{const}$

$$C_{V23} = \frac{Q_{23}}{\Delta(T_3 - T_2)} = \frac{\frac{3}{2} R \Delta(T_3 - T_2)}{\Delta(T_3 - T_2)} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{V31} = \frac{Q_{31}}{\Delta(T_1 - T_3)} = \frac{A_{31} + A_{U31}}{\Delta(T_1 - T_3)} = \frac{A_{31}}{\Delta(T_1 - T_3)} + \frac{3}{2} R$$

$$A_{31} = P_1 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} R (T_1 - T_3)$$

$$C_{V31} = R + \frac{3}{2} R$$

$$\frac{C_{V31}}{C_{V23}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) \cdot (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

Пусть $\frac{p_2}{p_1} = \alpha$, тогда $\frac{V_2}{V_1} = \alpha$

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

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

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{p_1 V_1}{2} \cdot (\alpha^2 - 1) + \frac{3}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{\frac{p_1 V_1}{2} (\alpha^2 - 1)} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_H}, \text{ причём } Q_H = Q_{12}$$

$$A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = p_1 V_1 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}$$

$$\eta = \frac{p_1 V_1 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}}{p_1 V_1 \cdot 2 (\alpha^2 - 1)} = \frac{(\alpha - 1)(\alpha - 1)}{4(\alpha - 1)(\alpha + 1)} = \frac{\alpha - 1}{4(\alpha + 1)}$$

$$\eta_{\max} = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \left(\frac{\alpha - 1}{4(\alpha + 1)} \right) = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: 1) $\frac{C_{031}}{C_{023}} = \frac{5}{3}$; 2) 4; 3) 25%

№3 Пусть частица остановилась внутри конденсатора

1) т.к. положительно заряженная частица остановилась внутри конденсатора, то поле

внутри конденсатора было направлено
 против её движения, а это означает что
 частица влетела в отрицательно заряженную
 обкладку конденсатора. Пусть поле, которое даёт
 одна обкладка равно $\vec{E}$, тогда внутри конденса-
 тора $2\vec{E}$ поле

по ЗСЗ:

$$\frac{mV_1^2}{2} + \cancel{Eqd} = 0,8 \cdot 2E \cdot d \cdot q, \text{ так как сила внутри}$$

~~обкладки не имеет, а внутри конденсатора~~

$$E = \frac{mV_1^2}{2qd} = \frac{V_1^2}{2gd}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{16}{20} Edq$$

$$E = \frac{5}{16} \frac{V_1^2}{d}$$

В процессе движения:

$$ma = 2q \cdot E$$

$$ma = \frac{V_1^2}{d} \cdot m$$

$$q = \frac{V_1^2}{d}$$

$$V_1 = a \cdot T$$

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

$$md = \frac{5}{8} \frac{V_1^2}{d} \cdot m$$

$$d = \frac{5}{8} \frac{V_1^2}{d}$$

$$V_1 = a \cdot T$$

$$T = \frac{8}{5} \frac{d}{V_1}$$

$$2) E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow$$

$$E = \frac{Q}{2Cd} = \frac{CU}{2Cd} = \frac{U}{2d}$$

$$U = 2d \cdot E = \frac{5V_1^2}{8}$$

$$\frac{16}{5} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{16}{6} \cdot \frac{8}{3}$$

$$3) \frac{mV_0^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

По ЗСЭ

$$\frac{mV_1^2}{2} + Eq \cdot d = 2E \cdot 0,8d \cdot q \quad \text{т.к. при входе}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{6}{10} Eqd \quad \text{вышла с пластины}$$

$$E = \frac{5}{6} \frac{V_1^2}{d}$$

нол нет

В процессе движения

$$ma = 2q \cdot E$$

$$ma = \frac{5}{3} \frac{V_1^2}{d} \cdot m$$

$$a = \frac{5}{3} \frac{V_1^2}{d}$$

$$V_1 = a \cdot T$$

$$T = \frac{3}{5} \frac{d}{V_1}$$

$$2) E = \frac{8}{24\epsilon_0} = \frac{Q}{24\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{4\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow E = \frac{Q}{2cd} = \frac{CU}{2cd} = \frac{U}{2d}$$

$$U = 2d \cdot E = \frac{5}{3} \frac{V_1^2}{d}$$

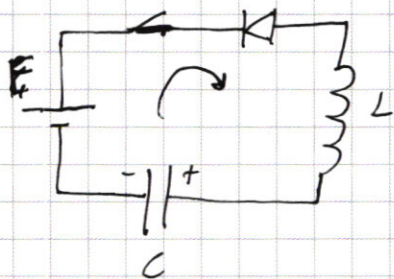
$$3) \frac{mV_0^2}{2} = 1,6 Eqd$$

$$V_0^2 = \frac{32}{10} \cdot \frac{5}{6} V_1^2 \quad V_0 = V_1 \cdot 2\sqrt{\frac{2}{3}}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5} \frac{d}{V_1}$; 2) $\frac{5}{3} \frac{V_1^2}{d}$; 3) $V_1 \cdot 2\sqrt{\frac{2}{3}}$

24

1)



Примем ось координат по час. стрелке

$$E - U_L + L \frac{dI}{dt} - U_C = 0$$

справа после замены переменных

так как в контуре отсутствуют источники, поэтому $U_C = 0$

$$-E + U_L = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{-E + U_L}{L} = \frac{-3 + 6}{0,2} = 15 \frac{A}{C}$$

$$2) U + \frac{dI}{dt} \cdot L + U_C - E = 0$$

$$\frac{q}{C} + \dot{q}L + U_C - E = 0$$

$$\frac{q + CU_C - CE}{CL} + \ddot{q} = 0$$

$$Q = q + CU_C - CE \quad \ddot{Q} = \ddot{q}$$

$$\frac{Q}{CL} + \ddot{Q} = 0$$

$$\omega = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$$Q = Q_{max} \cdot \sin(\omega t)$$

$$I_{max} = Q_{max} \cdot \omega = \frac{Q_{max}}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Максимально,

когда U_C минимально

U_C не переключается

максимально

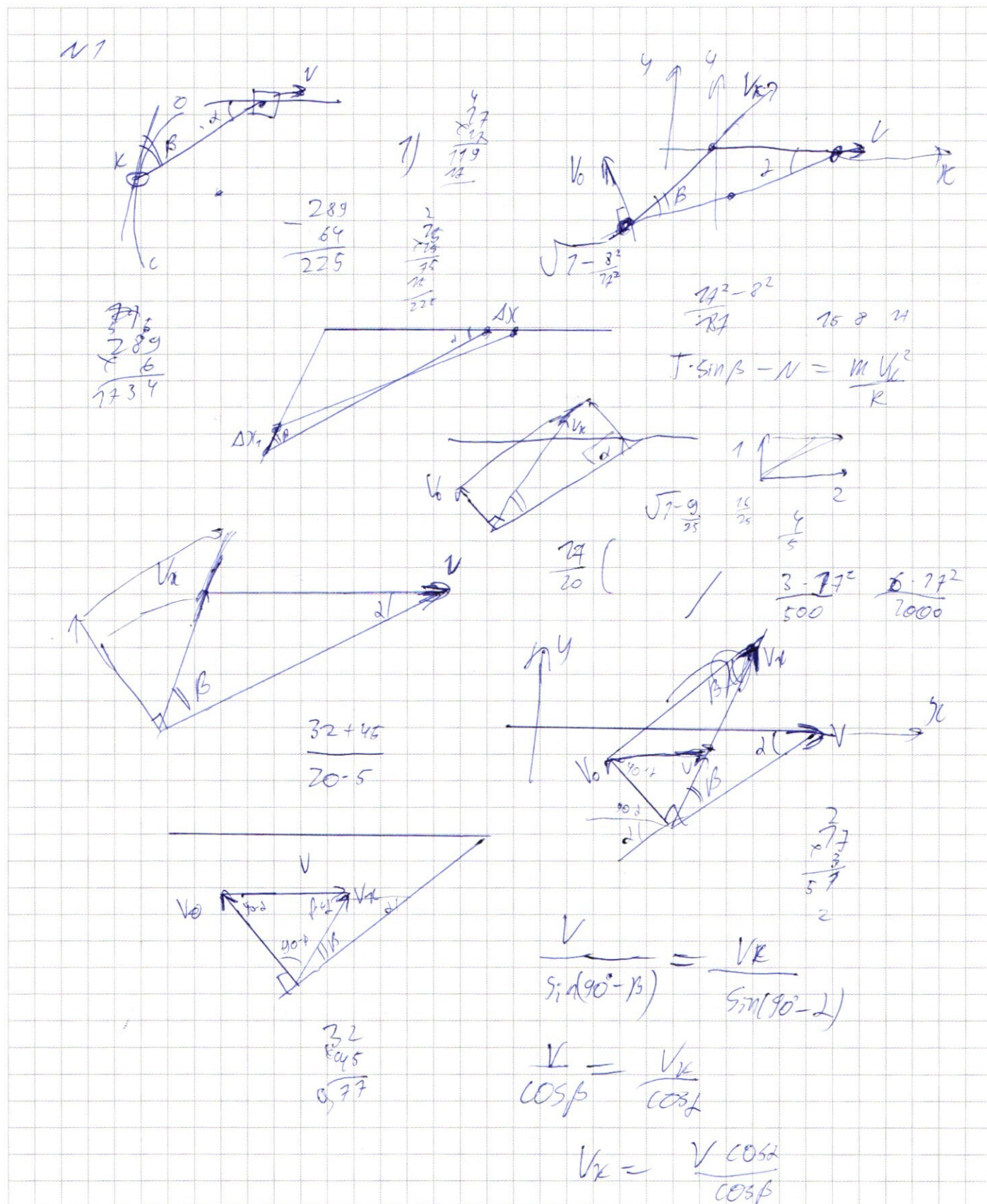
$$U_C = U_0$$

$$E - U_0 + L \frac{dI}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0$$

$$q = (E - U_0)C$$

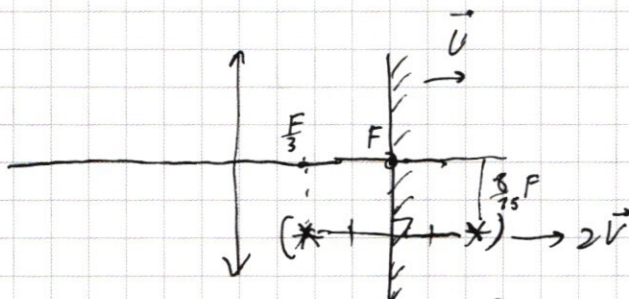
$$I_{max} = \frac{(E - U_0)C}{L}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

15
1)



Зеркало дает изображение на расстоянии

$$F + \frac{F}{3} = \frac{4F}{3} \text{ от зеркала}$$

$$\frac{1}{\frac{4F}{3}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$f = 4F$$

2)

$$F_{\text{лин}} = \frac{f}{d} = \frac{4F}{\frac{4F}{3}} = 3$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{H}{\frac{8}{15}F}$$

$$H = 3 \cdot \frac{8}{15} F = \frac{8}{5} F$$

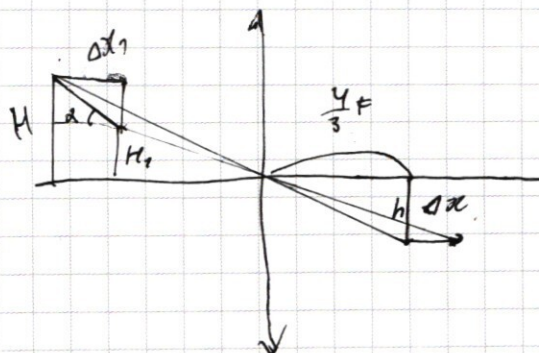
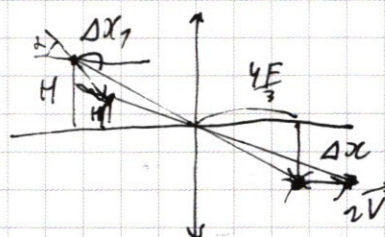
$$\Delta x_1 =$$

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x} = \Gamma^2 = 9$$

$$\frac{1}{\frac{4F}{3} + \Delta x} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{\frac{4F}{3} + \Delta x - F}{F(\frac{4F}{3} + \Delta x)}$$

$$f = \frac{F^2 \cdot \frac{4}{3} + F \Delta x}{\frac{4}{3} F + \Delta x}$$



$$\Gamma = \frac{F^2 \cdot \frac{4}{3} + F \Delta x}{\frac{F}{3} + \Delta x} \cdot \frac{1}{\frac{4}{3} F + \Delta x} = \frac{F}{\frac{F}{3} + \Delta x} = \frac{M_1}{n_1} \quad n = n_1$$

$$\epsilon_{y2} = \frac{4M_1}{\Delta x_1} = \frac{M - M_1}{\Delta x_1} = \frac{\frac{8}{5}F - \frac{8F^2}{5F + 15\Delta x}}{9\Delta x} =$$

$$= \frac{\frac{8}{5}F^2 - 8F^2 + 24F\Delta x}{(5F + 15\Delta x)(9\Delta x)} = \frac{24F\Delta x}{45F\Delta x} \quad \Delta x^2 = 0$$

$$\epsilon_{y2} = \frac{8}{75}$$

3) скорость источника на зеркале равно $2V$

$$\text{скорость вдоль оси } OO_1, \quad 2V \cdot r^2 = 98V$$

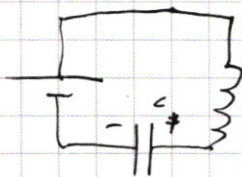
$$\text{скорость излучения} \quad \frac{18V}{\cos \alpha} = 18V \cdot \sqrt{1 + \epsilon_{y2}^2} =$$

$$= 18V \cdot \sqrt{1 + \frac{64}{225}} = \frac{18V \cdot 17}{75} = \frac{202}{5} V = 20.4 V$$

Ответ: 1) $4F$; 2) $\epsilon_{y2} = \frac{8}{75}$; 3) $20.4 V$

14

3)



$$U_2 = E - U_C = 5B$$

Ответ: 1) $15 \frac{A}{C}$; 3) $5B$