

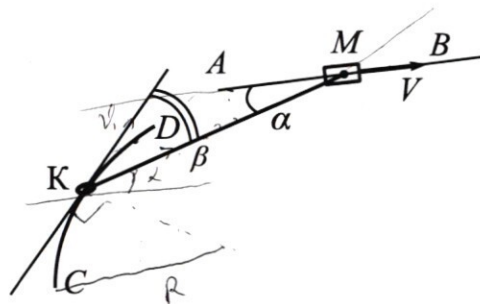
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

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.



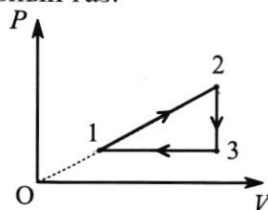
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

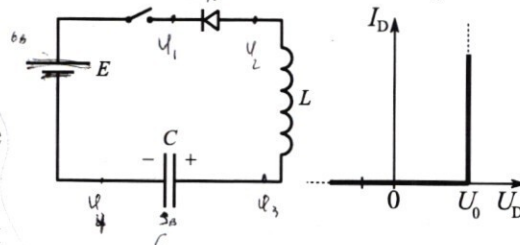
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

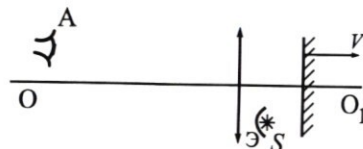


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

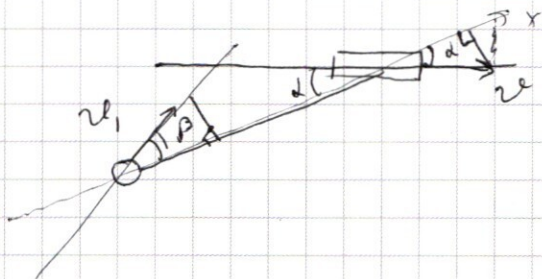
N1

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

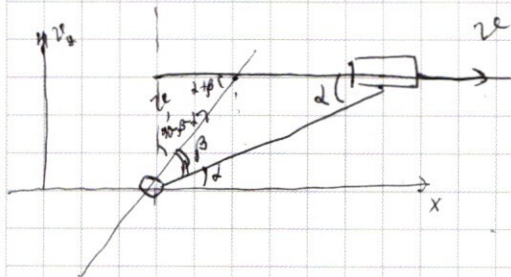
$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

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



пох: $v_1 \cos \alpha = v \cos \beta$

$$1) v_1 = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} v = 1,7 v = 1,7 \cdot 2 = 3,4 \text{ м/с}$$



$$v_y = \frac{16,8}{17} \cdot v_1 = \frac{16,8}{17} \cdot 3,4 = 3,36$$

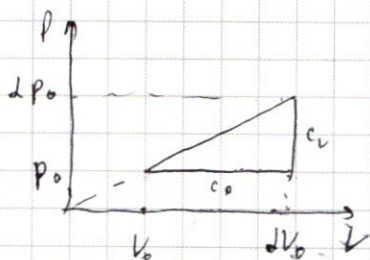
$$v_y = \sin(\alpha + \beta) \cdot v$$

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

$$= 0,6 \cdot \frac{8}{17} + 0,8 \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= \frac{4,8}{17} + \frac{12}{17} = \frac{16,8}{17}$$

N2



$p = \text{const}$

$$\Delta U = -A + Q \quad \frac{L+2}{2} R \Delta T = Q = c \Delta T$$

$$C_p = R \cdot \frac{L+2}{2} = 2,5 R$$

если v_0 увеличит в 2 раз, то и p_0 увеличится в 2 раз в процессе 1-2

$$Q = c \Delta T$$

$V = \text{const}$

$$\Delta U = Q$$

$$\frac{L}{2} R \Delta T = c \Delta T \quad C_v = R \frac{L}{2}$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{2,5R}{1,5} = \frac{5}{3}$$

2)

$$\Delta U = \frac{i}{2} (p_1 V_1 - p_0 V_0) = \frac{i}{2} p_0 V_0 (2^2 - 1) = 1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)$$

$$A = \frac{(p_0 + 2p_0)}{2} (2V_0 - V_0) = \frac{p_0 V_0}{2} (2+1)(2-1) = \frac{p_0 V_0}{2} (2^2 - 1)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)}{p_0 V_0 \cdot \frac{1}{2} (2^2 - 1)} = 3$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_H} \quad Q_H = Q_{12} = 2 p_0 V_0 (2^2 - 1)$

$$A_{12} = \frac{p_0 V_0}{2} (2^2 - 1) - \text{работа газа}$$

$$A_{21} = 0$$

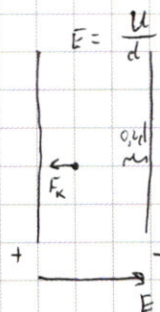
$$A_{31} = p_0 V_0 (1 - 2^2) - \text{работа над газом}$$

$$A = \frac{p_0 V_0}{2} (2^2 - 1) - p_0 V_0 (1 - 2^2) = 1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)$$

$$\eta = \frac{1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)}{2 p_0 V_0 (2^2 - 1)} = \frac{3}{4}$$

№ 3

$$U = Ed$$



заряд входит с стороны положительно заряженной обкладки

$$\frac{mv_1^2}{2} = E \cdot q \cdot 0,8d = \frac{U}{d} \cdot q \cdot 0,8d$$

$$1) \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{2U \cdot 0,8} = \frac{28^2}{16U}$$

$t = \frac{T}{2}$ - время от момента попадания в конденсатор до момента остановки

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. сила постоянно, движение равноускоренно

$$F = ma$$

$$q \cdot E = ma$$

$$q \cdot \frac{U}{d} = ma$$

$$a = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d} = \frac{U_1^2}{1,6d} \cdot \frac{U}{d} = \frac{U_1^2}{1,6d}$$

$$0 = U_1 - at = U_1 - \frac{U_1^2}{1,6d} t$$

$$t = \frac{1,6d}{U_1}$$

$$2) T = 2t = \frac{3,2d}{U_1}$$

- 3) пока заряд близка конденсатора, сила 2х обкладок, действующая на него, равна. Когда заряд удалятся от конденсатора, пластины можно будет считать
(.) заряженными, но разница в расстоянии будет незначительна.
Скорость на бесконечности $U_0 = U_1$

№ 4



$$U_L = L I'$$

$$-E + E_{SI} = -U_C$$

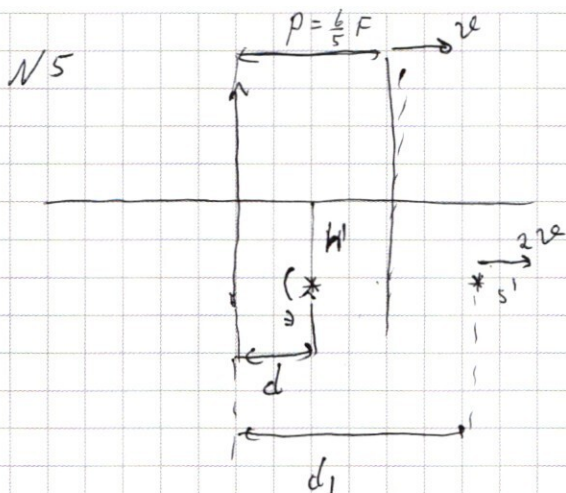
$$-E - I' L = E - U_C$$

$$I' L = U_C - E$$

$$1) I' = \frac{U_C - E}{L}$$

№5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

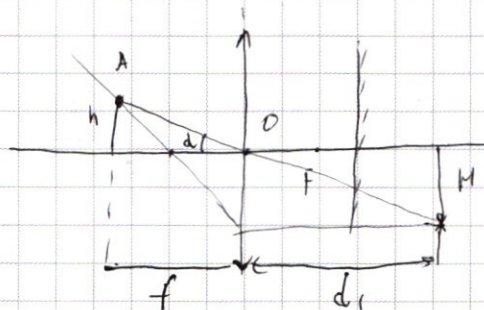
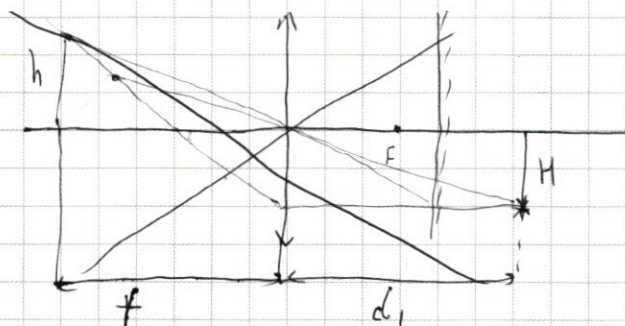


$$d = \frac{3}{5}F$$

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

$$-d + d_1 = (p - d) \cdot 2 = \left(\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F\right) \cdot 2 = \frac{6}{5}F$$

$$d_1 = \frac{6}{5}F + d = \frac{9}{5}F = 1,8F$$



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

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

$$1) f = \frac{F d_1}{d_1 - f} = \frac{F \cdot 1,8F}{0,8F} = \frac{1,8}{0,8}F = \frac{9}{4}F$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{h}{H}$$

$$\frac{h}{H} = \frac{5}{4}$$

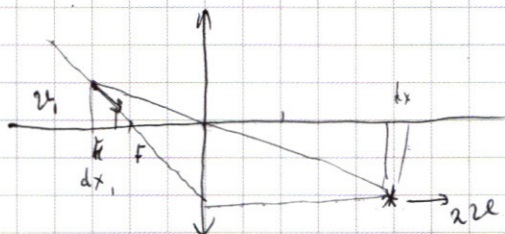
$$h = H \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{4} \cdot \frac{8}{15}F = \frac{2}{3}F$$

$$F = \frac{9}{4}F = \frac{5}{4}F$$

$$\cos \alpha = \frac{f}{d} = \frac{9}{4}F$$

$$OA = \sqrt{h^2 + f^2} = F \sqrt{\frac{4}{9} + \frac{81}{16}} = F \sqrt{\frac{64 + 729}{9 \cdot 16}} = \sqrt{\frac{791}{9 \cdot 16}} = \frac{\sqrt{791}}{12}$$

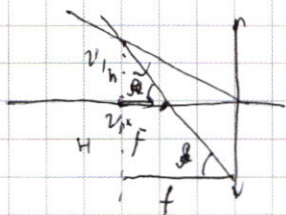
$$2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{f} = \frac{\frac{2}{3}A}{\frac{9}{4}A} = \frac{8}{27}$$



$$d = d_x \cdot 2v$$

$$d_{x_1} = d_x \cdot v^2$$

$$v_{1x} = 2v \cdot v^2 = 2v \cdot \frac{25}{16} = \frac{25}{8} v$$

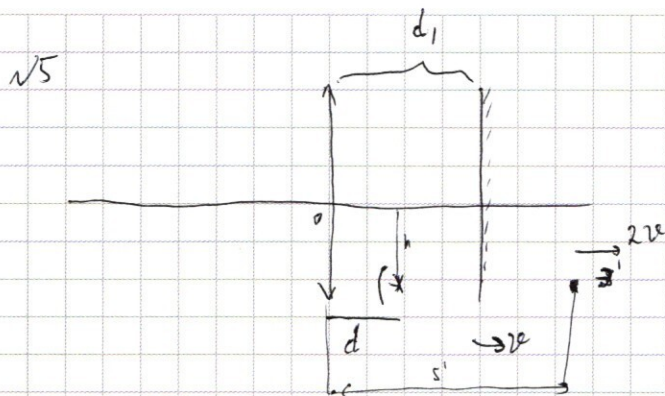


$$\frac{v_{1x}}{v_1} = \cos \beta$$

$$3) v_1 = \frac{v_{1x}}{\cos \beta} = \frac{v_{1x}}{\cos(\arctg \frac{8}{15})} = \frac{\frac{25}{8} v}{\cos(\arctg \frac{8}{15})}$$

$$2) \operatorname{tg} \beta = \frac{h + h_1}{f} = \frac{\frac{1}{15} f + \frac{2}{3} f}{\frac{9}{4} f} = \frac{\frac{15}{15} f}{\frac{9}{4} f} = \frac{8}{15}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

$$d_1 = \frac{6}{5} F$$

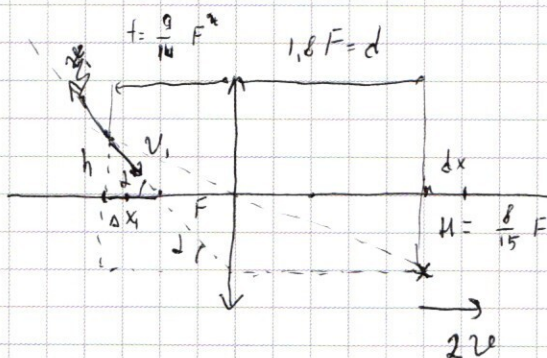
$$s' = d + 2 \cdot (d_1 - d) = 2d_1 - d = \frac{12}{5} F - \frac{3}{5} F = \frac{9}{5} F = 1,8 F$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{s'}$$

$$f_1 = \frac{F \cdot s'}{F + s'} = \frac{F \cdot 1,8}{2,8 F} = \frac{F \cdot 9}{14 F} = \frac{F \cdot 9}{14}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 136 \end{array}$$



$$f = \frac{\frac{9}{14} F}{\frac{9}{5} F} = \frac{5}{14}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{\frac{8}{15} F}{h} = \frac{5}{14}$$

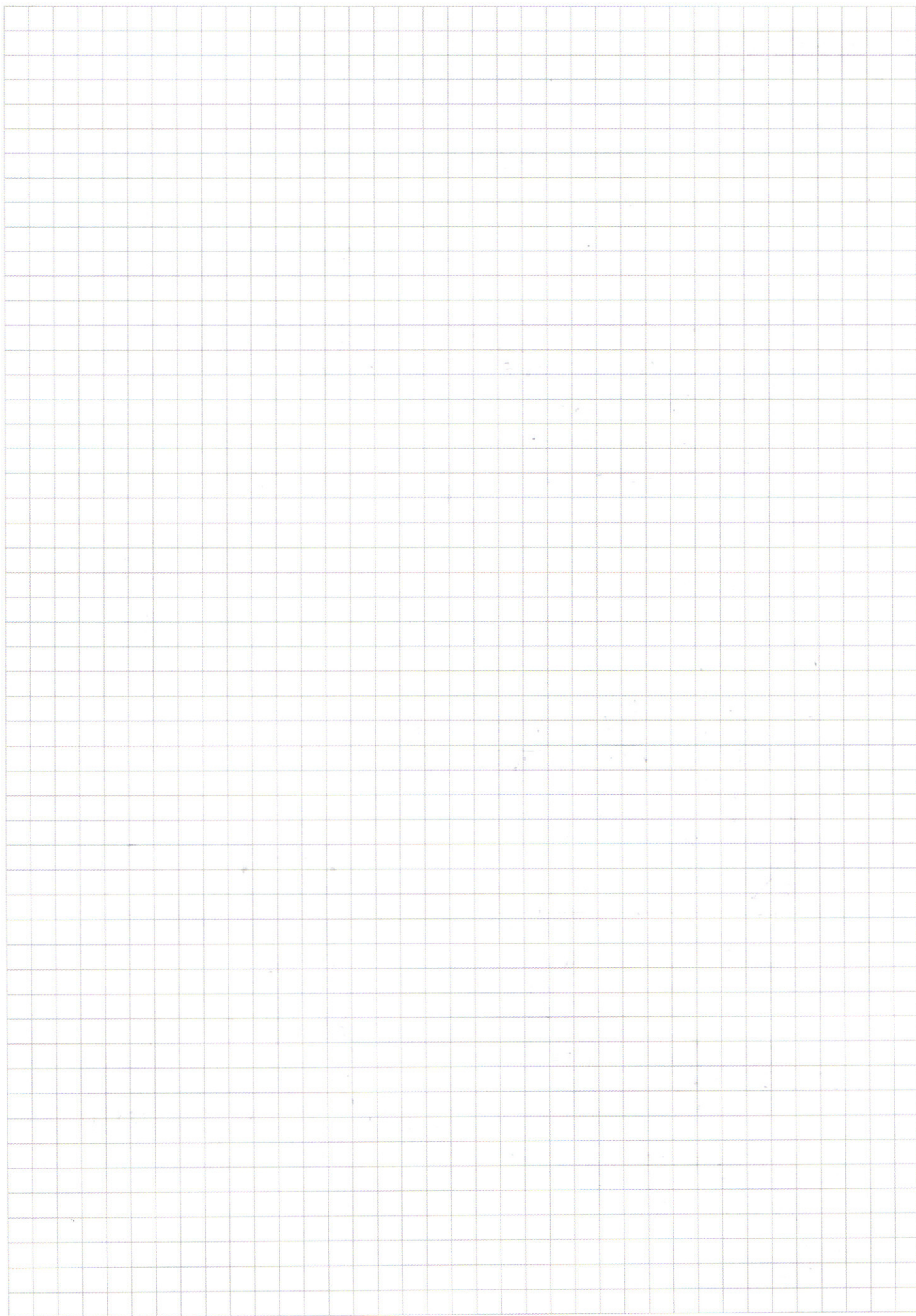
$$h = \frac{\frac{8}{15} F}{\frac{5}{14}} = \frac{112}{75} F$$

$$\tan \alpha = \frac{h + H}{\frac{9}{14} F} = \frac{\frac{152}{75} F}{\frac{9}{14} F} = \frac{14 \cdot 152}{9 \cdot 75}$$

$$h + H = \frac{8}{15} + \frac{112}{75} = \frac{40 + 112}{75} = \frac{152}{75} F$$

$$\Delta x_1 = \Delta x \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = 2\alpha \cdot \frac{25}{98} = \frac{25}{98} \alpha = 2\alpha$$

$$\frac{\Delta x_1}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha}$$



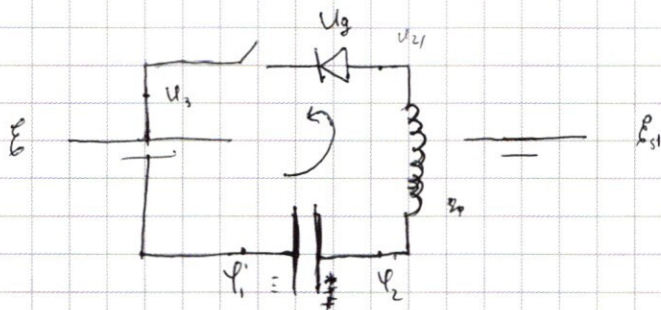
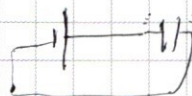
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

14

$$U_L = L I'$$



$$U = L I'$$

$$t=0 \quad U = \mathcal{E}$$

$$-\mathcal{E} + \mathcal{E}_{SI} = U_c + U_d$$

$$-\mathcal{E} + L I' = -U_c$$

$$-L I' = -U_c + \mathcal{E}$$

1)

$$I' = \frac{U_c + \mathcal{E}}{L}$$

$$-\mathcal{E} + \mathcal{E}_{SI} + U_c = 1$$

$$-\mathcal{E} + L I' + U_c = 1$$

$$U_c - L I' = 5B$$

$$\frac{C U^2}{2} + \frac{L I^2}{2} = q \cdot \mathcal{E}$$

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

$$q = q_{\max} \cdot \cos \omega t$$

$$I = I_{\max} (\sin \omega t)$$

$$U = U_{\max} (-\sin \omega t)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\frac{C U^2}{2} + \frac{L I^2}{2} = q \cdot \mathcal{E}$$

791

$$\begin{array}{r} 81 \\ \times 9 \\ \hline 729 \end{array}$$

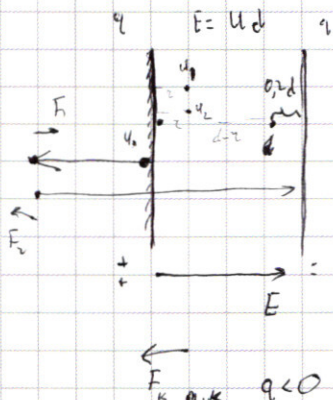
23

$$A = Uq \quad U = Ed$$

$$A = E \cdot q \cdot d$$

$$U = Ed \quad U = Ed$$

Е. а. 5



$$\frac{mv_1^2}{2} = U d \cdot q \cdot 0,8d$$

$$\frac{m}{q} = \frac{U d^2 \cdot 0,8 \cdot 2}{v_1^2} = \frac{U \cdot d^2 \cdot 1,6}{v_1^2}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{U d^2 \cdot 1,6}$$

$$\vec{F} = U d \cdot q = ma$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{U d q}{m}$$

$$v_1 d = \frac{a t^2}{2}$$

найдем время от 1) точки до вылета, и 2) будет время конденсатор

$$0 = v_1 - at$$

$$t = \frac{v_1}{a} =$$

$$= \frac{v_1 m}{U d q} = \frac{U d \cdot 1,6}{U d^2 \cdot 1,6} = \frac{1,6 d}{v_1}$$

$$2) T = 2t = \frac{3,2 d}{v_1}$$

$$E = \frac{q q k}{r^2}$$

3) Е внутри конденсатора:

$$G = \frac{q}{S}$$

$$E = \frac{G}{\epsilon \epsilon_0}$$

на расстоянии вылета конденсатора можно считать

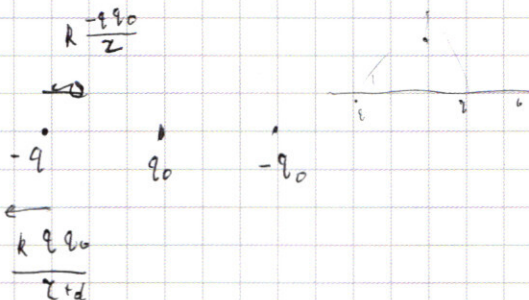
1) заряды

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{k q_0 q}{r} + \frac{k q_0 \cdot q}{(r+d)} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - k q_0 q$$

$$\frac{k q_0 q}{r} - \frac{k q_0 q}{r+d} = ma$$

$$k q_0 q \left(\frac{d}{r^2 + rd} \right) = ma$$



$$ma = \frac{d r}{dt}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$A_{23} = p_0 V_0 (2^2 - 1)$

$i = 1,5$

1-2: $p \sim V$

$p \sim T$

1) $\frac{c_p}{c_v}$

$p = 2V$

$\frac{p}{V} = \text{const}$

$\frac{p}{V} = 2$

$V \propto p$

$V_0 \propto p_0$

$p_0 \propto p$

$p = \text{const}$

$Q = c_p \Delta T$

$\Delta U = A + Q$

$\frac{i+2}{2} R \Delta T = c_p \Delta T$

$c_p = R \frac{i+2}{2} = 2,5 R$

$\frac{c_p}{c_v} = \frac{2,5 R}{1,5 R} = \frac{2,5}{1,5} = \frac{5}{3}$

2) 1-2: $\Delta U = \frac{i}{2} (p_1 V_1 - p_0 V_0) = \frac{i}{2} p_0 V_0 (2^2 - 1) = 1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)$

$A = \frac{(p_0 + 2p_0)}{2} (2V_0 - V_0) = \frac{p_0 V_0}{2} (1+2)(2-1) = \frac{p_0 V_0}{2} (2^2 - 1)$

$Q_{12} = 2 p_0 V_0 (2^2 - 1)$

$\frac{\Delta U}{A} = \frac{1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)}{p_0 V_0 \cdot 0,5 (2^2 - 1)} = 3$

3) $\eta = \frac{Q_n - Q_r}{Q_n} = \frac{A}{Q_n}$

$= \frac{1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)}{2 p_0 V_0 (2^2 - 1)} = \frac{3}{4}$

$A_{12} = \frac{p_0 V_0}{2} (2^2 - 1)$

$A_{23} = 0$

$A_{31} = p_0 V_0 (1 - 2)$

$A_0 = \frac{p_0 V_0 (2^2 - 1)}{2} - p_0 V_0 (2 - 1) = 1,5 p_0 V_0 (2^2 - 1)$

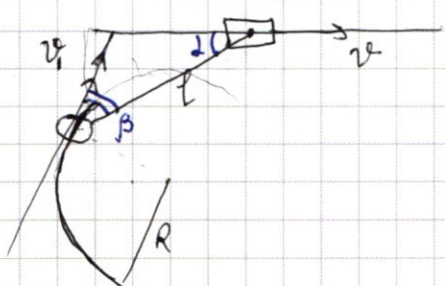
23

$$k q q_0 \left(\frac{d}{r^2 + r_d} \right) = m \frac{dv}{dt}$$

$$m dv = k q q_0 d \int$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



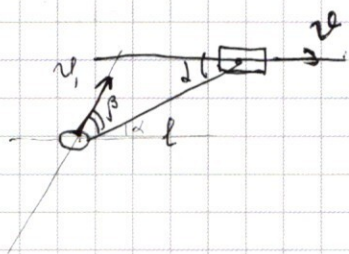
$$\cos \alpha = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

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

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \\ - 289 \\ \hline 0 \end{array}$$



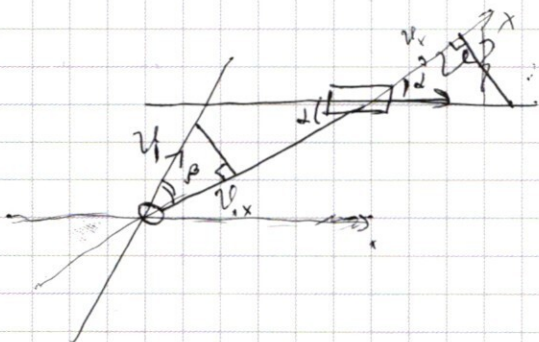
$$v_1 = \frac{85}{13} \cdot 2 = \frac{170}{13}$$

$$v_1 \cos(\alpha + \beta) = v_2$$

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

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

$$= \frac{32}{85} - \frac{9}{17} = \frac{1}{17} \left(\frac{32}{5} - 9 \right) = \frac{1}{17} \cdot \frac{-13}{5} = \frac{-13}{85}$$

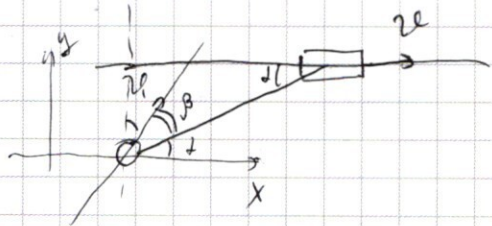


$$\frac{v_x}{v_1} = \cos \beta$$

$$\frac{v}{v_x}$$

$$v \cos \beta = \frac{v_x}{\cos \alpha} \cdot v \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = 2 \cdot \frac{17}{10} = 3,4 \text{ м/с}$$



т.к. мы находимся в с.о. связанной с М, то $v_x = v$ - пропадает, остается только v_y

$$\frac{v_y}{v_1} = \cos(90 - \alpha - \beta) = \sin(\alpha + \beta)$$

$$v_y = \sin(\alpha + \beta) \cdot v_1$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta = 0,8 \cdot \frac{8}{17} + 0,6 \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= \frac{1}{17} (4,8 + 9) = \frac{13,8}{17}$$

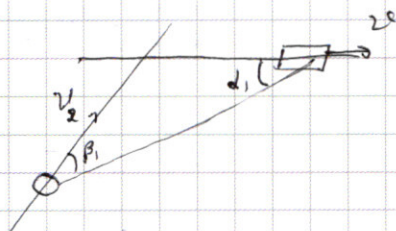
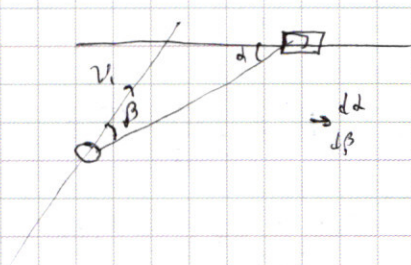
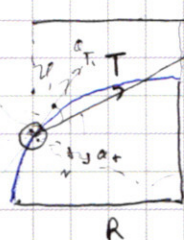
$$v_y = 3,4 \cdot \frac{13,8}{17} = \frac{46,92}{17} =$$

$$= 2,76$$

$$\begin{array}{r} 16,8 \\ \times 3,4 \\ \hline 672 \\ 504 \\ \hline 5712 \end{array} \quad \begin{array}{r} 17 \\ 3,36 \\ \hline 5712 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 168 \\ \times 34 \\ \hline 672 \\ 504 \\ \hline 5712 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5712 \overline{) 17} \\ 51 \\ \hline 61 \\ 51 \\ \hline 102 \\ 102 \\ \hline 0 \end{array}$$



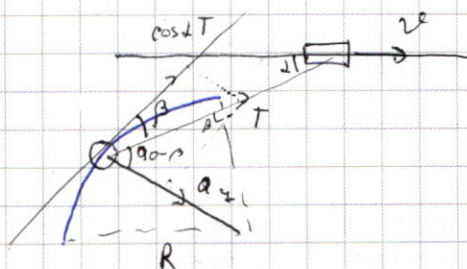
$$\begin{aligned} \cos(\alpha - \alpha) &= \\ &= \cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha = \\ &= \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

$$T \cos \beta = ma$$

$$v_1 = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot v$$

$$v_2 = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1} \cdot v = \frac{\cos(\alpha - \Delta \alpha)}{\cos(\beta - \Delta \beta)}$$

$$\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = a \quad T_1 = am$$



$$\sin \beta T + N = \frac{mv_1^2}{R}$$

$$\begin{array}{r} 11,5 \\ \times 102 \\ \hline 1150 \end{array}$$

$$\frac{11}{11,5} = \frac{11}{11,5} \cdot \frac{1}{1} = \frac{11}{11,5} \cdot \frac{1}{1}$$

$$\frac{11}{11,5} = \frac{11}{11,5} - \frac{11}{11,5} = \frac{11}{11,5} \cdot 9,0 - \frac{11}{11,5} \cdot 8,0 =$$

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