

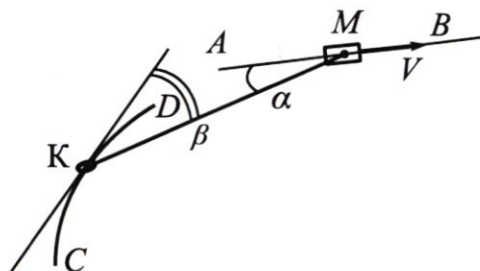
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

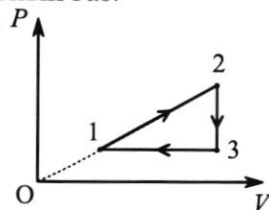
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.



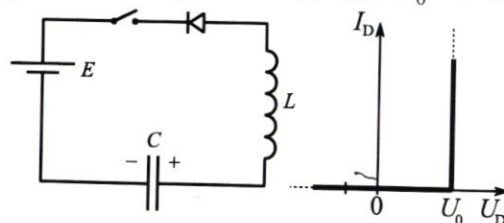
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью 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.

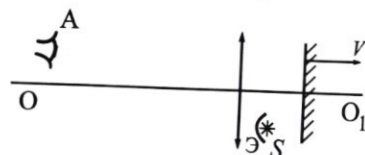


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

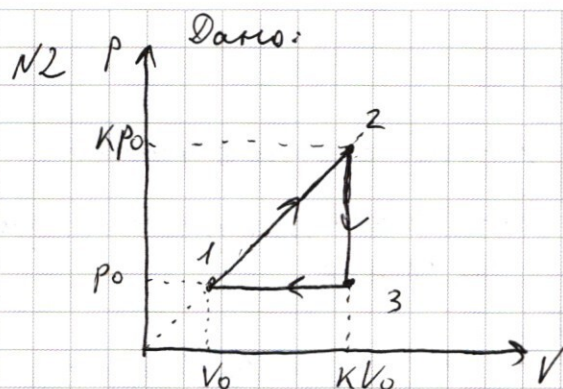
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

- 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



Найти: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}}$
2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$
3) η_{max}

1) $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

$A_{23} = 0$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (p_0 \cdot kV_0 - kp_0 \cdot kV_0) =$
 $= \frac{3}{2} p_0 \cdot k \cdot V_0 (1 - k) = Q_{23}$

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

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

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_0 V_0 - p_0 \cdot k \cdot V_0) =$
 $= \frac{3}{2} p_0 V_0 (1-k)$

$Q_{31} = \frac{5}{2} p_0 V_0 (1-k)$

$\Delta T_{23} = \frac{p_0 k V_0 - kp_0 \cdot k V_0}{\nu R} = \frac{p_0 V_0 \cdot k (1-k)}{\nu R}$

$\Delta T_{31} = \frac{p_0 V_0 - p_0 \cdot k \cdot V_0}{\nu R} = \frac{p_0 V_0 (1-k)}{\nu R}$

$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23} \cdot \nu} = \frac{\frac{3}{2} p_0 V_0 k (1-k)}{\frac{p_0 V_0 \cdot k (1-k)}{\nu R} \cdot \nu} = \frac{3}{2} R$

$C_{31} = \frac{Q_{31}}{\Delta T_{31} \cdot \nu} = \frac{\frac{5}{2} p_0 V_0 (1-k)}{\frac{p_0 V_0 (1-k)}{\nu R} \cdot \nu} = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

$$2) \Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \nu K (T_3 - T_2)$$

$$\Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \nu K (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_0 V_0 \cdot K^2 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0 \cdot (K^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{p_0 + K p_0}{2} \cdot (K-1) V_0 = \frac{p_0 (K+1) \cdot (K-1) \cdot V_0}{2}$$

$$\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} p_0 V_0 (K^2 - 1)}{\frac{1}{2} p_0 V_0 (K^2 - 1)} = 3$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+}$$

A - работа газа в цикле

Q_+ - теплота, полученная газом в цикле

$$Q_+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta Q_{12} = 2 p_0 V_0 (K^2 - 1)$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{p_0 V_0 (K^2 - 1)}{2} + 0 + p_0 V_0 (1 - K) =$$

$$= p_0 V_0 (K-1) \left(\frac{K+1}{2} - 1 \right)$$

$$\eta = \frac{p_0 V_0 (K-1) \left(\frac{K+1}{2} - 1 \right)}{2 p_0 V_0 (K^2 - 1)} = \frac{\frac{K+1}{2} - 1}{2(K+1)} =$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{1}{2(K+1)}$$

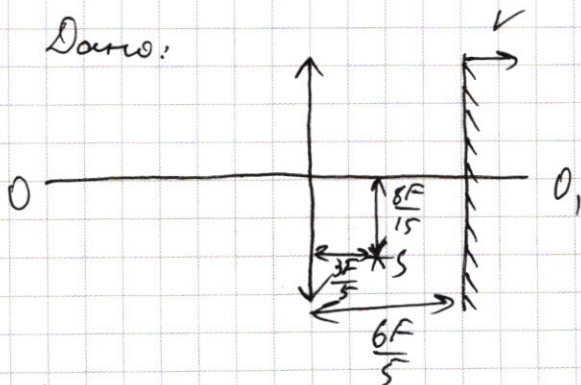
$$\eta_{\max} = \frac{1}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = 3$

$$3) \eta_{\max} = \frac{1}{4}$$

5.

Дано:

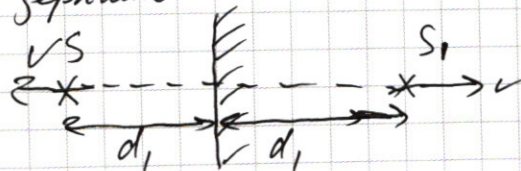


Найти: 1) f
2) $tg \alpha$
3) η

$$1) \text{ Расстояние от } S \text{ до зеркала } d_1 = \frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{3F}{5}$$

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

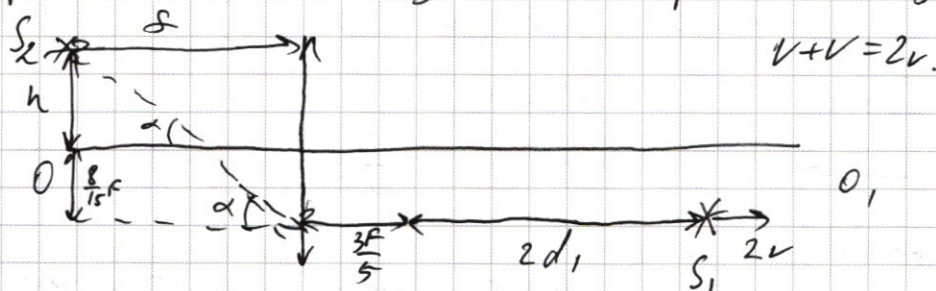
Перейдем в СО зеркала



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Изображение в зеркале будет на расстоянии d_1 от зеркала и будет двигаться от зеркала со скоростью v

Вертикаль в со земли. Скорость S_1 отн. земли равна



Раст 1 от S_1 то мунгш $\frac{3F}{5} + 2d_1 = \frac{9F}{5}$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{d_2 - f}{F d_2} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F d_2}{d_2 - F}$$

Раст. от мины
до взорв. $\rightarrow f = \frac{\frac{9}{5} R^2}{\frac{4}{5} F} = \frac{9}{4} F$.

2) $\rho = \frac{F}{d_2} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{7}F} = \frac{5}{4}$

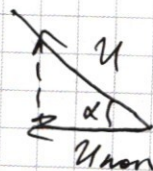
Расстояние от S_2 до OO_1 не равно

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

Миним скорости пересекутся в одной
точке на линии

$$\tan \alpha = \frac{h + \frac{8}{15}f}{f} = \frac{\frac{1}{3}f + \frac{8}{15}f}{\frac{9}{4}f} = \frac{\frac{12}{15}f + \frac{8}{15}f}{\frac{9}{4}f} = \frac{\frac{20}{15}f}{\frac{9}{4}f} = \frac{8}{9}$$

3) u - скорость S_2 , $u_{\text{пол}} \approx c \sqrt{\frac{2}{4F}}$ поперечная составляющая



$$U = \frac{U_{\text{ном}}}{\cos \alpha}$$

$$U_{\text{ном}} = I^2 \cdot 2r = \frac{25}{16} \cdot 2r = \frac{25}{8} r$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} = \frac{225}{289}$$

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

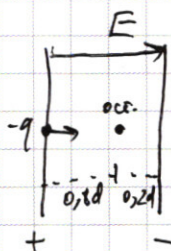
$$U = \frac{25}{8} r \cdot \frac{17}{15} = \frac{85}{24} r$$

Ответ: 1) $f = \frac{3}{4} F$; 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $U = \frac{85}{24} r$

3. Дано:

Найти:

1) $\gamma = \frac{191}{m}$; 2) T ; 3) v_0 .



E - напряжённость поля внутри конденсатора.

1) ЗЦЭ: $\frac{mv_1^2}{2} = Eq \cdot 0,8d \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,8d \cdot E}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\gamma = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot U}$$

2) Ускорение частицы внутри конденсатора постоянно и равно $\frac{Eq}{m}$.

$$a = \frac{Uq}{dm}$$

Частица пройдёт путь $1,6d$, тогда

$$1,6d = \frac{at^2}{2} \Rightarrow T^2 = \frac{3,2d}{a}$$

$$T^2 = \frac{3,2d \cdot dm}{Uq} = \frac{3,2d^2 m}{Uq}$$

$$T = d \sqrt{\frac{3,2m}{Uq}} = d \sqrt{\frac{3,2 \cdot 1,6 \cdot U}{U v_1^2}} = \frac{1,6d}{v_1} \cdot \sqrt{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) ~~Найти потенциал φ в точке, где заряды
остановятся.~~

~~Решение:~~

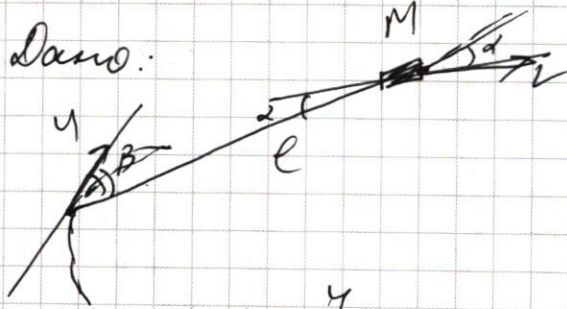
Потенциал φ в точке свёта равен U
Тогда по $3(\varepsilon)$: $\frac{mv_0^2}{2} = Uq$

$$v_0^2 = \frac{2Uq}{m}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{v_1^2}{1,6U}$; 2) $T = \frac{1,6\sqrt{2}d}{v_1}$; 3) $v_0 = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$

1. Дано:



Найти: 1) U ;
2) $U_{\text{отн}}$;
3) T .

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}; \cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$e = \frac{17R}{15}; v = 2 \frac{M}{c}; m = 0,4 \text{ кг.}$$

1) Т.к. длина троса не увеличивается, то

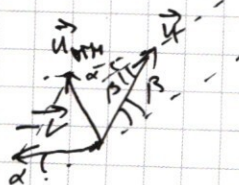
$$v \cos \alpha = U \cos \beta \Rightarrow U = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = v \cdot \frac{4/5}{8/17} = \frac{17}{10} v = \frac{17}{10} \cdot 2 \frac{M}{c} = 3,4 \frac{M}{c}$$

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

По теореме косинусов

$$U_{\text{отн}}^2 = U^2 + v^2 - 2U \cdot v \cdot \cos(\alpha + \beta)$$



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

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}; \sin \beta = \frac{15}{17}$$

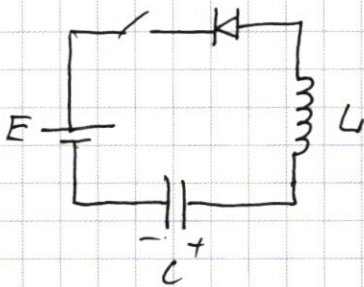
$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

$$U_{\text{сн}}^2 = 4 + \frac{289}{25} + 2 \cdot \frac{13}{85} = 4 + \frac{289}{25} + \frac{26}{25} = \frac{415}{25} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$$

$$U_{\text{сн}} = \frac{\sqrt{415}}{25} \approx \frac{20.5}{25} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Дано: 1) $3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

4. Дано:



$$E = 6 \text{ В}; L = 10 \text{ мГн};$$

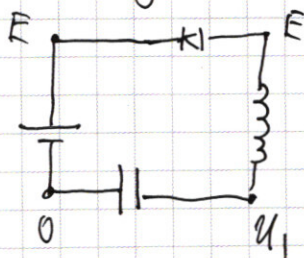
$$U_1 = 9 \text{ В}; L = 0,4 \text{ Гн};$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Найти:

1) I' ; 2) I_{max} ; 3) U_2 ;

1) Сразу после замыкания ключа $U_D = 0$; $U_C = U_1$



$$LI' = U_1 - E$$

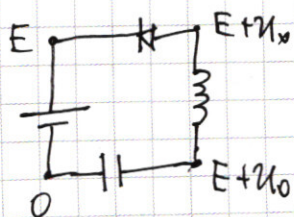
$$I' = \frac{U_1 - E}{L} =$$

$$= \frac{9 - 6}{0,4} \text{ А} =$$

$$= \frac{30}{4} \text{ А} = 7,5 \text{ А}$$

2) При максимальном токе

$$U_0 = U_0, \text{ а } U_L = 0$$



$$3C\epsilon: \frac{C(E+U_0)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} -$$

$$= \frac{CU_1^2}{2} = A\delta$$

$$\frac{C(E+U_0)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = E \Delta q$$

$$\Delta q = -C(U_1 - E - U_0)$$

$$\begin{aligned} & \text{Сначала } -C \cdot U_1 \\ & \text{Затем } -C \cdot (E + U_0) \\ & \text{Поток заряд } C(U_1 - E - U_0) \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{C I_{\max}^2}{2} = -E \cdot C (U_1 - E - U_0) + \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C (E + U_0)^2}{2}$$

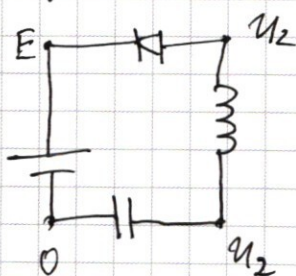
$$I_{\max}^2 = \frac{C (U_1^2 - (E + U_0)^2 - 2E \cdot E \cdot (U_1 - E - U_0))}{2}$$

$$= \frac{0,01 \cdot 10^{-3} (81 - 49 - 2 \cdot 6 \cdot 2)}{0,4} = \frac{0,01 \cdot 8^2 \cdot 10^{-3}}{0,4}$$

$$= 0,2 \cdot 10^{-3} A^2 = 2 \cdot 10^{-4} A^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} A \approx 1,4 \cdot 10^{-2} A$$

3) В уст. режиме не будет тока, на катушке не будет напряжения.



$$\text{ЗСЭ: } \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} = E \Delta q^*$$

$$\Delta q^* = C(U_2 - U_1)$$

$$\frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} = E C (U_2 - U_1)$$

$$U_2^2 - 2E U_2 + 2E U_1 - U_1^2 = 0$$

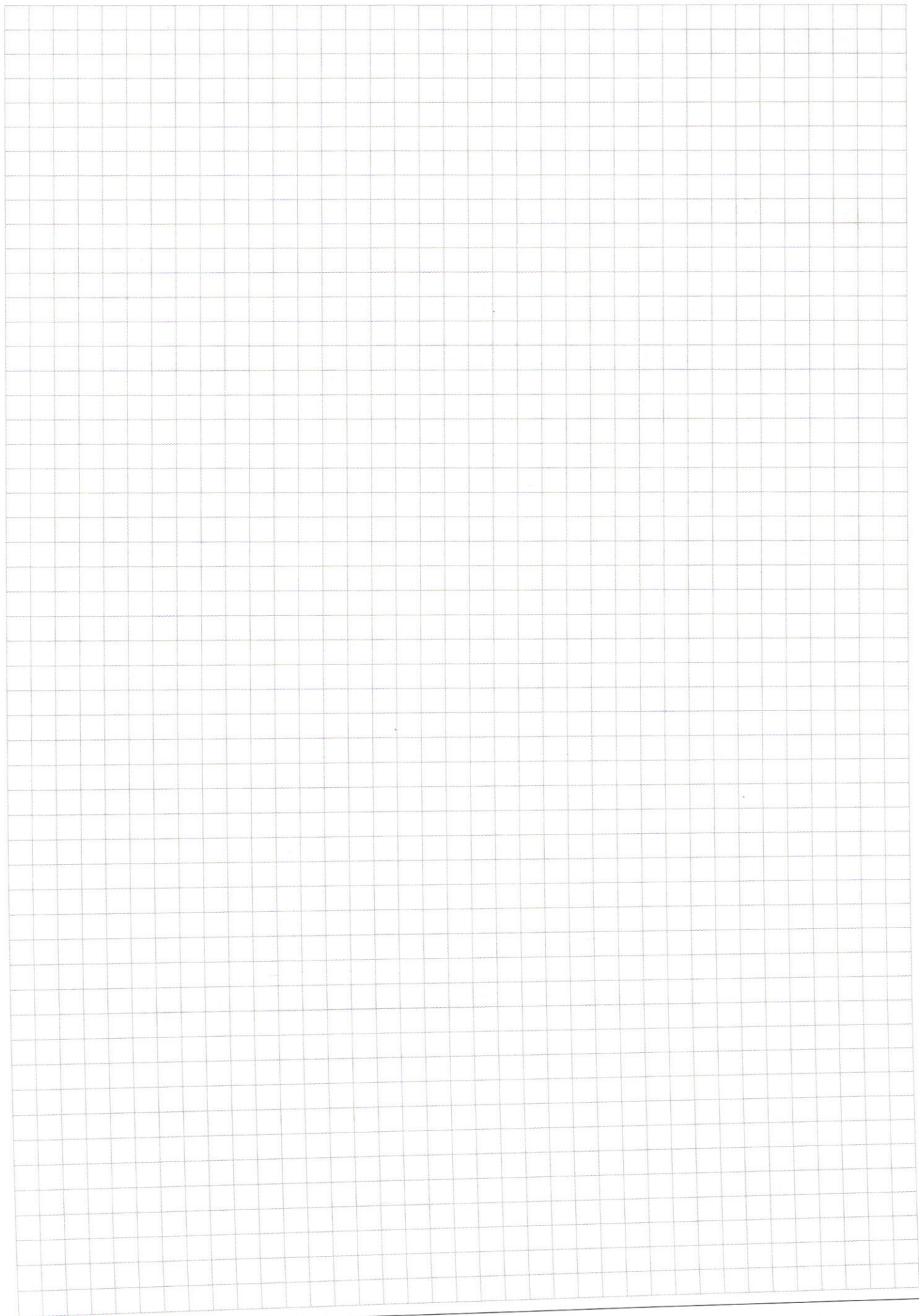
$$U_2 = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 2E U_1 + U_1^2}}{1} = (6 \pm 3) B = \begin{bmatrix} 9 B \\ 3 B \end{bmatrix}$$

$$\text{П.к. } E - U_2 \leq U_0,$$

$$U_2 = 3 B \text{ не подходит,}$$

$$\text{тогда } U_2 = 9 B$$

Ответ: 1) 7,5 A; 2) ~~10,2 A~~; 3) 9 B; 2) $1,4 \cdot 10^{-2} A$.

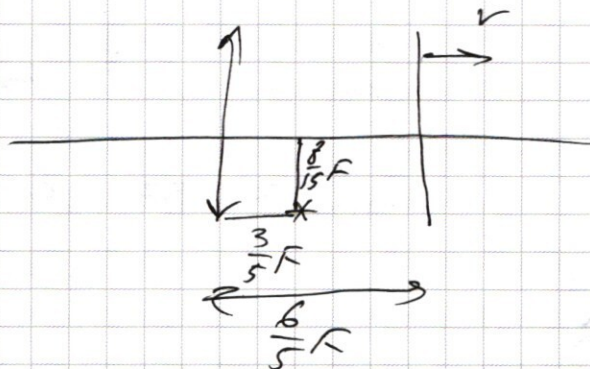


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{17}{5} = \frac{35}{50} = \frac{85}{175}$$



$$\frac{17}{5} = 3\frac{2}{5} = 3.4$$

$$u_x = \frac{17}{5} \cdot 2v = \frac{34}{5}v = \frac{8v}{9}$$

$$u_x = \frac{15}{16} \cdot 2v = \frac{25}{8}v$$

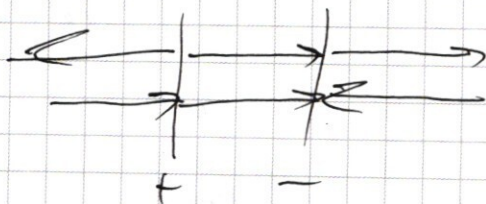
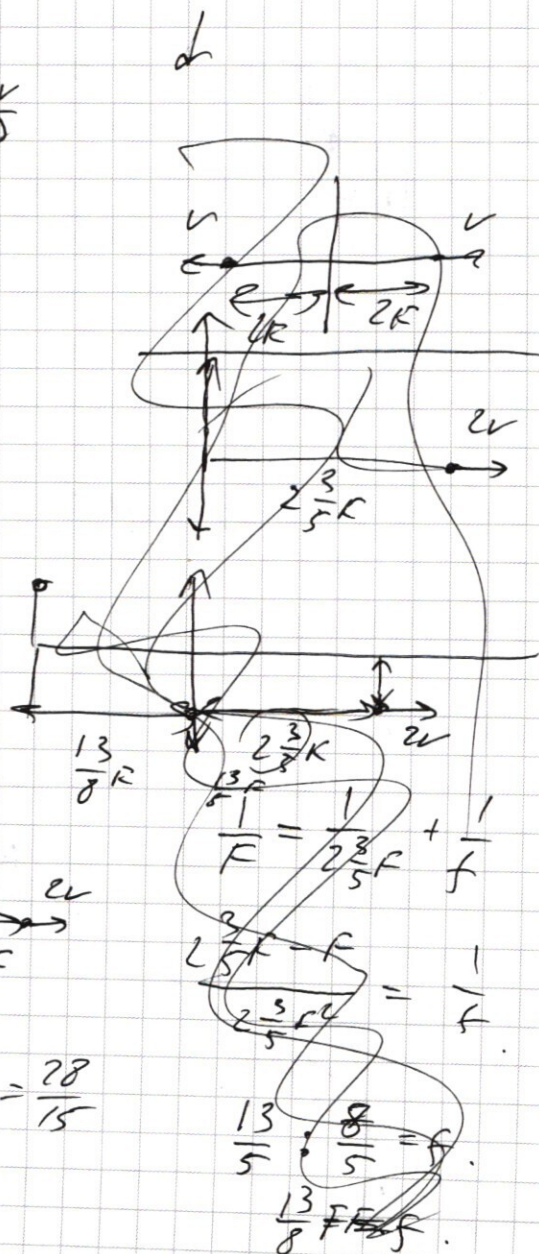
$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

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

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

$$\frac{64}{225} = \frac{225}{289}$$

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



~~УЧЕБНИК~~

$$\varphi = \varphi = \pi$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{18+10}{15} = \frac{28}{15}$$

$$\frac{13}{5} \cdot \frac{8}{5} = f$$

$$\frac{13}{8} F = f$$

$$\frac{LI_{\max}^2}{2} = -E \cdot (u_1 - E - u_0) + \frac{Lu_1^2}{2} - \frac{L(E+u_0)^2}{2}$$

$$I_{\max}^2 = \frac{L(u_1^2 - (E+u_0)^2) - 2LE \cdot (u_1 - E - u_0)}{2}$$

$$I_{\max}^2 = 0,01 \left(\frac{81 - 49}{32} - \frac{2 \cdot 6 \cdot (-2)}{2} \right) =$$

$$0,4$$

$$\frac{8 \cdot 0,01}{0,4} = 0,2$$

$$D = 4E^2$$

$$D/4 = E^2 - 2Eu_1 + u_1^2$$

$$u_2 = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 2Eu_1 + u_1^2}}{1}$$

$$u_2 = \frac{6 \pm \sqrt{36 - 2 \cdot 6 \cdot 9 + 81}}{1} =$$

$$6 \pm \sqrt{118}$$

105

81

36

117

$$a_2 = \frac{v^2}{R}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\zeta = \frac{A}{Q_+}$$

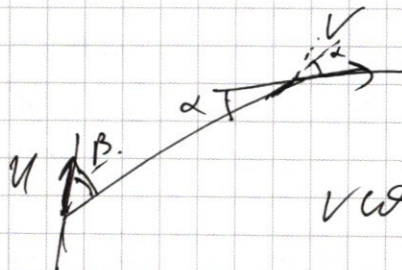
$$\zeta = \frac{R\omega C_0(1-k) + \frac{R\omega C_0(k^2-1)}{2}}{2R\omega C_0(k^2-1)}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1-k) + (k^2-1)}{k^2-1} = \frac{1}{4} \left(\frac{2(1-k)}{k^2-1} + 1 \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left(-\frac{2}{k+1} + 1 \right)$$

1.

$$\begin{array}{r} 289 \\ 26 \\ \hline 315 \\ 415 \end{array}$$



$$U = LI'$$

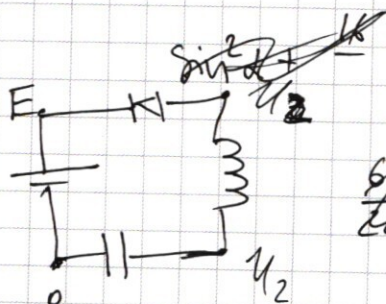
$$I = C U' = C \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

$$\frac{C U_2}{2} = \frac{C U_1}{2}$$

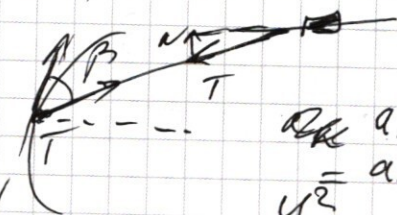
$$\omega(\alpha + \beta) =$$

$$= \omega^2 \omega \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\frac{3}{5} = \sin 2$$



$$\frac{69}{289} \cdot \frac{15}{17}$$



$$a_k = \frac{U^2}{R}$$

$$\frac{1-k}{2} - \frac{1}{2}$$

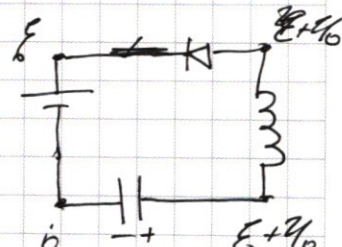
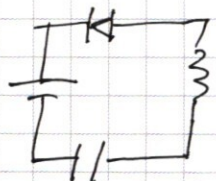
было C_1 ,
стало C_2
причем
 $\Delta Q = C(U_2 - U_1)$

$$\Delta Q = C(U_2 - U_1)$$

$$\Delta S = EC(U_2 - U_1)$$

$$\frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} =$$

$$= E(U_2 - U_1)$$

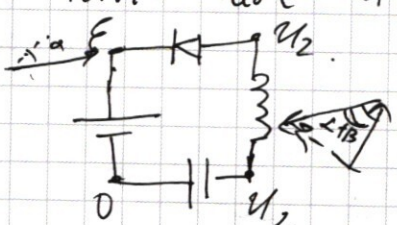


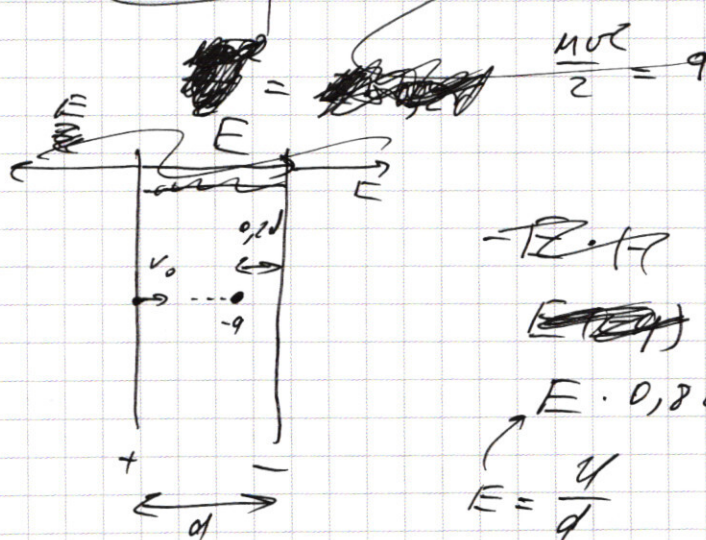
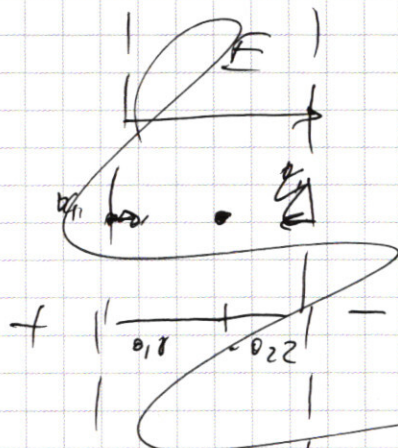
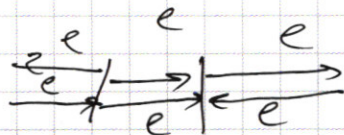
$$V \omega \alpha = U \omega \beta$$

$$U = V \cdot \frac{\omega \alpha}{\omega \beta}$$

$$\vec{M}_{абс} = \vec{M}_{мех} + \vec{M}_{пер}$$

$$\vec{M}_{мех} = \vec{M}_{абс} - \vec{M}_{пер}$$





$$\frac{110^2}{2} = 9$$

$$-E \cdot d$$

$$E \cdot 0,8d \cdot q = \frac{110^2}{2}$$

$$E \cdot 0,8d \cdot q = \frac{110^2}{2}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$a = \omega \cdot r = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot r = 0,8U \cdot d = \frac{110^2}{2}$$

$$= \frac{U}{d} \cdot r$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2 \cdot 0,8U}$$

$$t = \frac{0,8d}{v}$$

$$0,8d = \frac{at^2}{2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{1,6d}{a}} = t$$

$$t = \frac{1,6d}{\frac{U}{d} \cdot r} = \sqrt{\frac{1,6d^2}{Ur}}$$

$$\frac{111 - E}{L}$$

