

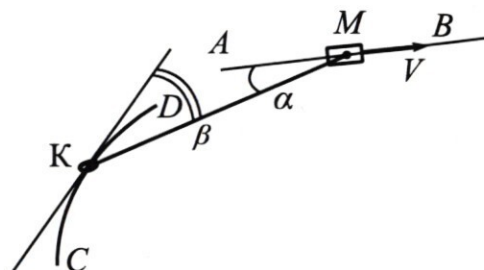
# Олимпиада «Физтех» по физике, 6 класс

## Вариант 11-01

Класс 11

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

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  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 15/17$ ) с направлением движения муфты и угол  $\beta$  ( $\cos \beta = 4/5$ ) с направлением движения кольца.



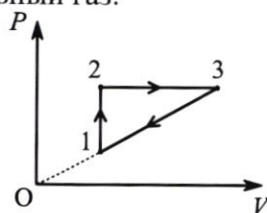
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

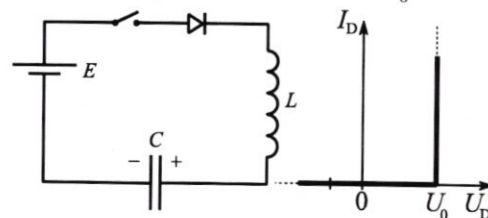
2) Найдите величину  $Q$  заряда обкладок конденсатора.

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.

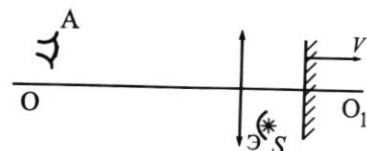


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$ , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника  $S$  может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси  $OO_1$  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  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.







## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

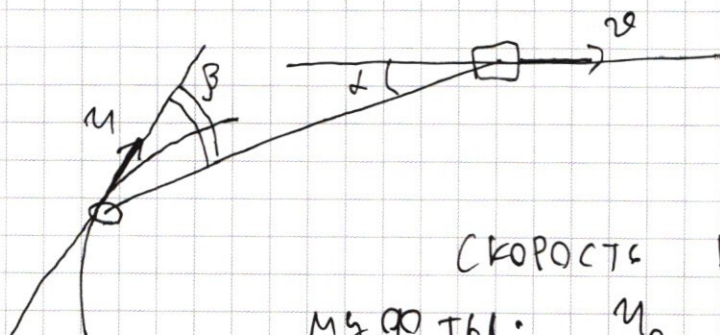
№1.

- 1) условие нерастяжимости нити:  
проекции скоростей  $v$  муфты и  $u$   
кольца на нить равны.  $\Rightarrow$

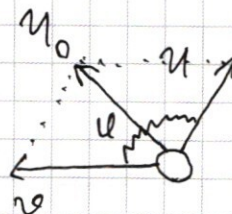
$$u \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$u = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15.5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ см/с.}$$

2)



СКОРОСТЬ КОЛЬЦА ОТНОС.  
МУФТЫ:



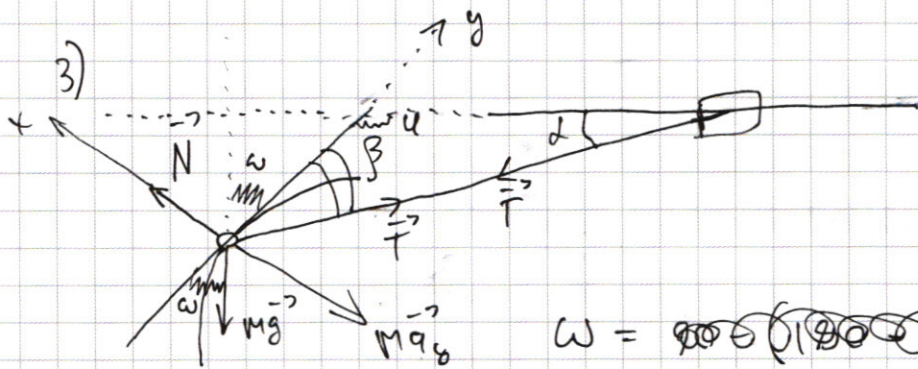
$$\psi = \alpha + \beta$$

$$u_0^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(180 - \psi)$$

$$u_0^2 = u^2 + v^2 + 2uv \cdot \cos \psi$$

$$u_0 = \sqrt{14569} \text{ см/с}$$





$$\omega = 90 - (180 - \varphi) =$$

$$= \varphi - 90^\circ$$

$$90 - (180 - \varphi) =$$

$$= \alpha + \beta - 90^\circ$$

23 H

$$y: T \cdot \cos \beta = mg \cdot \cos \omega$$

$$x: N = T \sin \beta + mg \sin \omega + m \vec{a}_y$$

$$T = \frac{mg \cdot \cos \omega}{\cos \beta}$$

$$\cos \omega = \cos(\varphi - 90^\circ) = \cos \varphi \cdot \cos 90^\circ + \sin \varphi \cdot \sin 90^\circ =$$

$$= \sin \varphi - \sin 90^\circ = \sin(\alpha + \beta) \cdot 1 = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha =$$

$$= \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{24 + 45}{85} = \frac{69}{85}$$

$$T = \frac{mg \cdot 69}{85} \cdot \frac{5}{4} = \frac{69}{68} H.$$

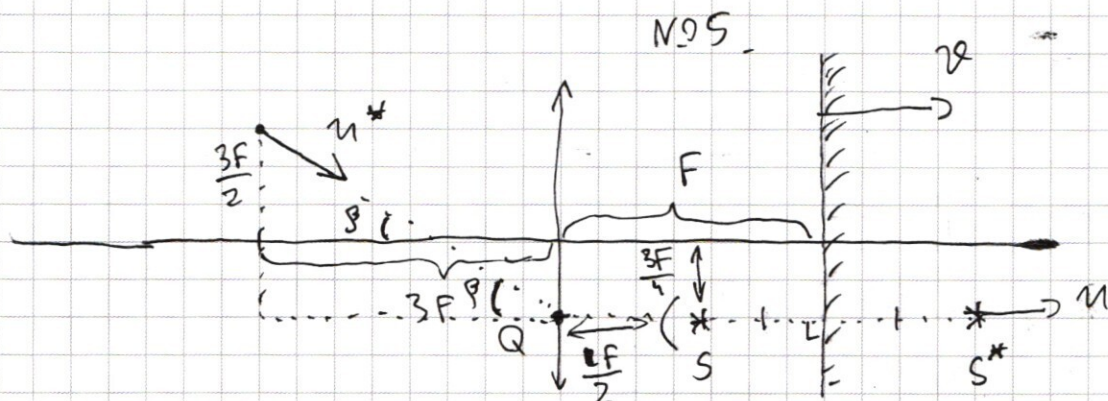
ответ: 1) 75 см/с

2)  $\sqrt{14569}$  см/с

3)  $\frac{69}{68} H.$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) изображение источника в зеркале  
мнимое, прямое, равновеликое, на расстоянии

$$F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2} \text{ от плоскости зеркала и на расст.}$$

$$F + \frac{F}{2} = \frac{3F}{2} \quad \text{OT} \quad \text{m 4361.}$$

S\* - 902 М 4361 951 СТ ВУТ 2 16 40 5 ПРРГМЕТ.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{fd}{d-f} = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F} = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{1}{2}} = \boxed{3F}$$

2) от носительного зеркала  $S$  движется со скоростью  $v$  влево.  $\Rightarrow$  и. изображение  $S^*$

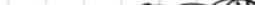
отн. зрелая = 2, впробо, отн. мззбн и = 22,  
впробо.

Прямые, вдоль которых движется тело и  
изображение в линзе, пересекаются в  
точке на  $l_{чз}$ . В точке Q.

$\Gamma = \frac{F}{d} = 2 = \frac{y}{x}$ , где  $y$  - прот. от уз. го  $00$ , а  $x$  - от перемычки го  $00$ .



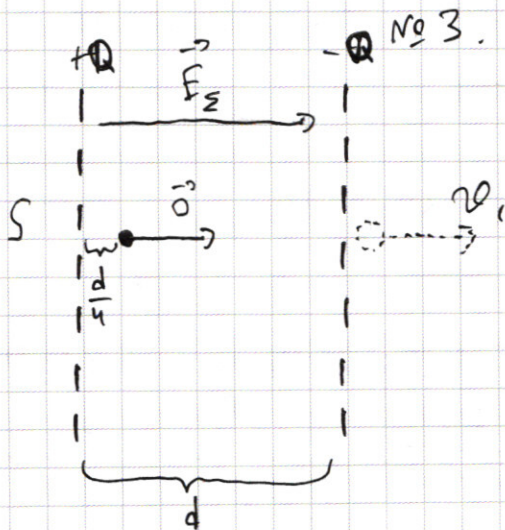
$$\lg \beta = \frac{\frac{3F}{2} + \frac{3F}{4}}{3F} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} + \frac{1}{4} = \boxed{\frac{3}{4}}$$

3)   $n^* = \frac{r \cdot \eta}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 2 \text{ V} \cdot 5}{\eta} = \boxed{5 \text{ V}} \approx$

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

Answers:

- 1)  $3F$
- 2)  $\tan \beta = \frac{3}{4}$
- 3)  $5 \text{ m}$



(T)  $\frac{p}{m} = \gamma$

⑤

$$v_i = a \cdot T; \quad a = \frac{F}{m}; \quad F = q E;$$

$$n = \epsilon d; \quad \text{Q} = n \cdot C; \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$\Delta W = \Delta \varphi \cdot q$$

$$\Delta \varphi = \frac{3}{4} d \cdot E$$

$$W = \frac{3}{4} d \cdot E \cdot q = \frac{m v^2}{2}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3}{4} d E q = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \frac{q E}{m} T$$

$$\frac{3}{4} d \cdot E \cdot q = \frac{m \cdot q^2 E^2}{2 m^2} \cdot T^2$$

$$\frac{3}{4} d = \frac{q E}{2 m} \cdot T^2 \quad E = \frac{3}{4} d \cdot 2 : q : T^2$$

$$E = \frac{3 d}{2 q \cdot T^2}$$

$$v_1 = q \cdot \frac{3 d}{2 q T^2} \cdot T = \boxed{\frac{3 d}{2 T}}$$

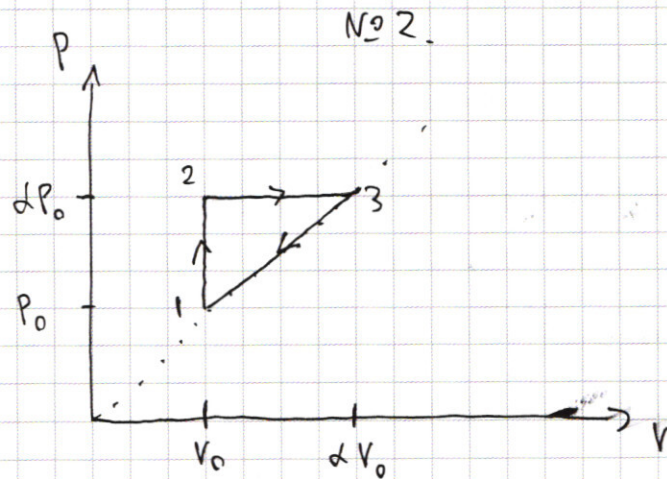
$$2) \quad Q = u C = E d \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = E S \cdot \epsilon_0 = \frac{3 d S \epsilon_0}{2 q T^2}$$

$$Q = \frac{3 d \cdot S \cdot \epsilon_0}{2 q \cdot T^2}$$

3) ВНЕ конденсатора ПОЛЯ НЕТ, т.к. ~~поле~~  
~~поле~~  $E_{+0} = -E_{-0} \Rightarrow$  никаких сил на  
заряд  $q$  не действуют и будет  $v_2 = v_1 = \frac{3 d}{2 T}$   
Ответ: 1)  $\frac{3 d}{2 T}$  2)  $\frac{3 d S \epsilon_0}{2 q T^2}$  3)  $\frac{3 d}{2 T}$

~~поле~~  $E_1 d + E_2 d = \frac{3 d}{2 q T^2} \cdot d$   
~~поле~~ 3) ВНЕ конденсатора  $E_s = 0$ , т.к. ~~поле~~  
 $E_{+0}$  и  $E_{-0} \uparrow \uparrow \Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{3 d}{2 T}$   
Ответ: 1)  $\frac{3 d}{2 T}$  2)  $\frac{3 d S \epsilon_0}{2 q T^2}$  3)  $\frac{3 d}{2 T}$





На ~~3-1~~  $P = \alpha V \Rightarrow V_1 = V_2 = V_0 ; V_3 = \alpha V_0 ;$

$$P_1 = P_0 ; P_2 = P_3 = \alpha P_0$$

$T \uparrow \uparrow$  На 1-2 и 2-3

$$Q_{12} = \Delta U_{12} \quad (\text{н } 30 \times 0 \text{ Pa})$$

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

$$T_1 = T_0$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow T_2 = \alpha T_0 ; T_3 = \alpha^2 T_0$$

1)  ~~$Q_{12} = C_V (T_2 - T_1)$~~   $C_{12} = C_V ; C_{23} = C_P \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{5}{2}R + R} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{5}{7} = \boxed{\frac{5}{7}}$$

2) Изобарный процесс - 2-3.

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{A_{23}}{A_{23}} = \frac{P_2 (V_3 - V_2)}{P_2 (V_3 - V_2)} = 1$$

$$= \frac{\alpha P_0 V_0 (\alpha - 1)}{\alpha P_0 V_0 (\alpha - 1)} = 1$$

$$Q_{23} = C_P \nu R (T_3 - T_2) = C_P \nu R (\alpha^2 T_0 - \alpha T_0) = C_P (\alpha - 1) \alpha T_0 \nu R$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \cdot (\alpha - 1) \cdot \alpha P_0 V_0$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \cdot (\alpha - 1) \cdot \alpha \cdot P_0 V_0}{\alpha P_0 V_0 (\alpha - 1)} = \frac{5}{2} = \textcircled{\frac{5}{2}}$$

$$3) \quad \frac{1}{h} = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{A} = \frac{c_v \gamma (T_2 - T_1) + c_p \gamma (T_3 - T_2)}{\frac{1}{2} (\alpha P_0 - P_0) (\alpha V_0 - V_0)} =$$

$$= \frac{c_v \gamma \cdot (\alpha T_0 - T_0) + c_p \gamma (\alpha^2 T_0 - T_0 \cdot \alpha)}{\frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 \cdot P_0 \cdot V_0} =$$

$$= \frac{(\alpha - 1) \cdot (c_v \gamma \cdot T_0 + c_p \gamma \cdot (\alpha T_0))}{\frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 P_0 V_0} =$$

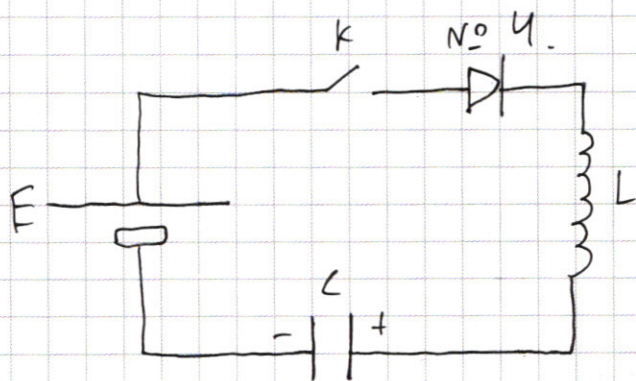
$$= \frac{\frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{5}{2} P_0 V_0 \cdot (\alpha)}{\frac{1}{2} (\alpha - 1) P_0 V_0} = \frac{\frac{3}{2} + \frac{5}{2} (\alpha)}{\frac{1}{2} (\alpha - 1)} =$$

$$= \frac{3 + 5(\alpha)}{(\alpha - 1)} \Rightarrow h = \frac{(\alpha - 1)}{3 + 5(\alpha)}$$

$$h = \frac{\alpha}{3 + 5(\alpha - 1)}$$

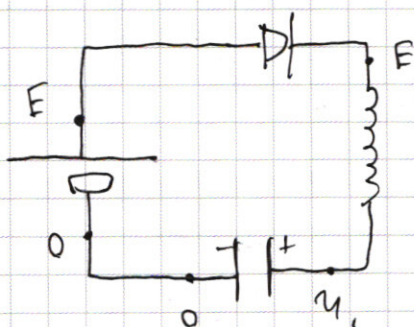
$$h' = \frac{(3 + 5\alpha) - 5\alpha}{(3 + 5\alpha)^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{3}{(3 + 5\alpha)^2} = 0$$





1) для катушки:  $\mathcal{U}_L = L \cdot I'$

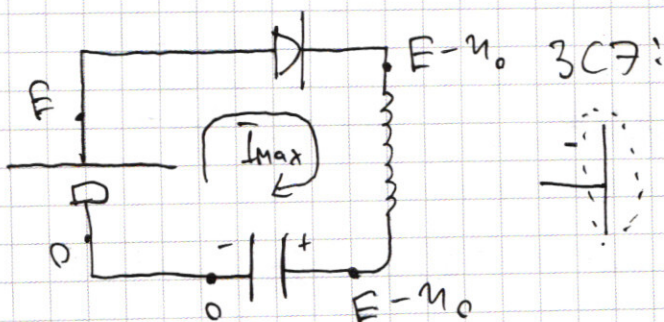
Сразу после замыкания тока в цепи нет.  $\Rightarrow$



$$\mathcal{U}_L = E - \mathcal{U}_1 - \mathcal{U}_0 \Rightarrow I' = \frac{\mathcal{U}_L}{L} = \frac{E - \mathcal{U}_1 - \mathcal{U}_0}{L} =$$

$$= \frac{E}{L} = \frac{30}{0.1} = 300 \text{ A/c}$$

2)  $I_{\max} = \mathcal{U}_L = 0$



Было:  $-C\mathcal{U}_1$   
 стало:  $-C(E - \mathcal{U}_0)$   
 $\Delta q = -C(E - \mathcal{U}_0) - (-C\mathcal{U}_1) = +\mathcal{U}_0$   
 $= -CE + C\mathcal{U}_1 = C(\mathcal{U}_1 - E) < 0$   
 $\Rightarrow$  заряд ток через

источник  $\Rightarrow$   $A_B > 0$  и  $\nabla$  открыт.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{ЗСЭ: } +E|q| = \Delta W + Q = 0$$

$$+E \cdot |C(\gamma, -E)| = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$-EC(\gamma, -E) = \frac{LI_{\max}^2}{2} - 0 + \frac{C(E-\gamma)^2}{2} - \frac{C\gamma^2}{2}$$

$$-EC(\gamma, -E) = \frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C(E-\gamma)(E+\gamma)}{2}$$

$$\frac{LI_{\max}^2}{2} = -EC(\gamma, -E) + \frac{C(E-\gamma)(E+\gamma)}{2}$$

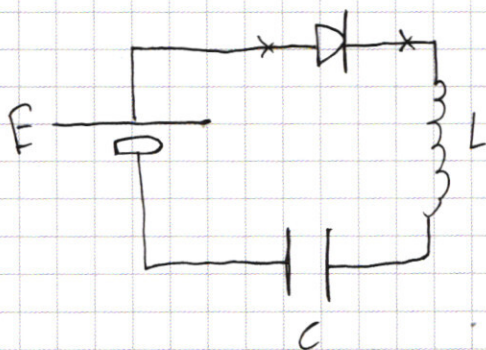
$$I_{\max}^2 = \frac{-2C(\gamma, -E) \cdot (E + \frac{E+\gamma}{2})}{L}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{-2C(\gamma, -E) \cdot (E + \frac{E+\gamma}{2})}{L}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot (-4) \cdot (-9 + 7)}{0,1}} = 0,08 \text{ A}$$



3)  $t_{\text{гст}} \Rightarrow$  Ток не  $\neq$ , D закрывается



D закрывается как только ток перестал  
течь по часовой стрелке.

$\Rightarrow$  когда  $W_L = 0 \Rightarrow$  когда  $W_C = \max$

$$I_C = C \cdot u_C'$$

$$I_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

$$I_C \cdot dt = C \cdot du_C$$

$$dq = C du_C$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ с учетом гравит.

$$+E \cdot |q| = \Delta W + Q = 0$$

$$E \cdot |q| = \Delta W_c + W_L$$

$$E \cdot C \cdot |(u_1 - E + u_0)| = \frac{L I_{\max}^2}{2} - 0 + \frac{C (E - u_0)^2}{2} - \frac{C u_1^2}{2}$$

$$9 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot |5 - 9 + 1| = \frac{0,1 I_{\max}^2}{2} + \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot (9 - 5)^2}{2} - \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2}{2}$$

$$9 \cdot 40 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,05 I_{\max}^2 + \frac{40 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{2} - \frac{40 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{2}$$

$$360 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = \frac{I_{\max}^2}{20} + 320 \cdot 10^{-6} - 500 \cdot 10^{-6}$$

$$(1080 - 320 + 500) \cdot 10^{-6} = \frac{I_{\max}^2}{20}$$

$$900 \cdot 10^{-6} = \frac{I_{\max}^2}{20}$$

$$9 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = I_{\max}^2$$

$$I_{\max} = 0,3 \cdot \sqrt{0,2} \text{ A.}$$

Ответ: 1) 30 A/c

2)  $0,3 \cdot \sqrt{0,2} \text{ A}$



$$h = \frac{x}{3+5x-5} = \frac{x}{5x-2}$$

$$h' = \frac{5x-2-5x}{(5x-2)^2} = -\frac{2}{(5x-2)^2} \neq 0 \Rightarrow h_{\max} \text{ не}$$

существует.

Ответ: 1)  $\frac{3}{5}$       2)  $\frac{5}{2}$       3)  $\emptyset$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

**Arithmetic:**

- $\begin{array}{r} \times 15 \\ 5 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 17 \\ 4 \\ \hline 68 \end{array}$
- $\begin{array}{r} -10249 \\ 7200 \\ \hline 3049 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 15 \\ 5 \\ \hline 75 \end{array}$
- $\begin{array}{r} +10249 \\ 7200 \\ \hline 17449 \end{array}$
- $\begin{array}{r} -14569 \\ 136 \\ \hline 96 \\ -85 \\ \hline 119 \end{array}$
- $\begin{array}{r} -17449 \\ 14 \\ \hline -34 \\ 28 \\ \hline -64 \\ -63 \\ \hline -19 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 17 \\ 7 \\ \hline 119 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 17 \\ 9 \\ \hline 136 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 408 \\ +544 \\ \hline 4624 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 75 \\ 75 \\ \hline 525 \\ +375 \\ \hline 5625 \end{array}$
- $\begin{array}{r} +10249 \\ 4320 \\ \hline 14569 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 75 \\ 75 \\ \hline 525 \\ +375 \\ \hline 5625 \end{array}$
- $\begin{array}{r} +5625 \\ 4624 \\ \hline 10249 \end{array}$
- $\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 408 \\ +544 \\ \hline 4624 \end{array}$
- $\begin{array}{r} +10249 \\ 4320 \\ \hline 14569 \end{array}$

**Trigonometry:**

- $\sin^2 = 1 - \cos^2 \alpha$
- $\sin \alpha = \frac{8}{17}$
- $\sin \beta = \frac{3}{5}$
- $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta$
- $\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$
- $2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot 36 = 7200$

**Diagrams:**

- A vector diagram showing a horizontal vector of length 20 and a vertical vector of length 21, with a right angle symbol between them.
- A circle with a horizontal line passing through its center.

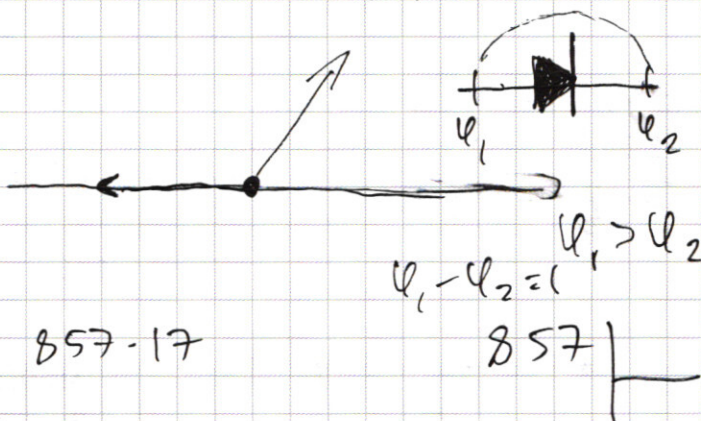


$$\begin{array}{r} 10249 \\ - 4320 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5929 \mid 17 \\ - 51 \\ \hline 82 \\ - 68 \\ \hline 149 \end{array}$$

$$\times \begin{array}{r} 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array} \quad \frac{3}{10} \cdot \sqrt{\frac{2}{10}}$$

$$640$$



$$857 \cdot 17$$

$$\times \begin{array}{r} 17 \\ 8 \\ \hline 136 \end{array}$$

$$\times \frac{25}{20} = 500$$

$$\begin{array}{r} + 10249 \\ 4320 \\ \hline 14569 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14569 \mid 17 \\ - 136 \\ \hline 96 \\ - 85 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\times \begin{array}{r} 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$\times \frac{360}{3} = 1080$$

$$\times \begin{array}{r} 17 \\ 7 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\frac{18}{1000} = 0.018$$

$$q^2 \quad 857$$

$$857$$

$$W = F \cdot d \quad \begin{array}{r} 5929 \mid 19 \\ - 57 \\ \hline 22 \\ - 19 \\ \hline 39 \end{array}$$

$$\times \begin{array}{r} 19 \\ 3 \\ \hline 57 \end{array}$$

$$\times \begin{array}{r} 13 \\ 4 \\ \hline 52 \end{array} \quad - 800 \cdot 4$$

$$q = \frac{kq}{r}$$

$$F = qE$$

$$\begin{array}{r} 5929 \mid 13 \\ - 52 \\ \hline 72 \\ - 65 \\ \hline 79 \end{array}$$

$$\times \begin{array}{r} 13 \\ 5 \\ \hline 65 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ - 320 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$900$$

$$q = Ed$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = \frac{W}{q}$$

$$F = \frac{W}{d}$$

$$W = \Delta q \cdot q$$

$$E = \frac{W}{q \cdot d}$$

$$\frac{80 \cdot (-9) - 16 \cdot 10^{-6}}{9.1}$$