

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

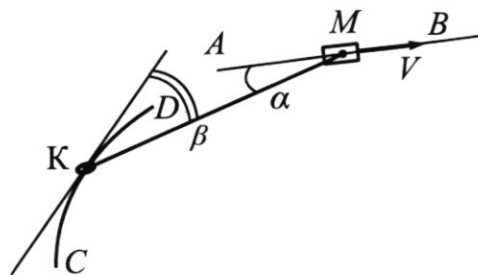
Вариант 11-04

Шифр U.51

(заполняется секретарём)

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 4/5$ ) с направлением движения муфты и угол  $\beta$  ( $\cos \beta = 8/17$ ) с направлением движения кольца.



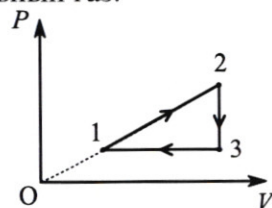
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

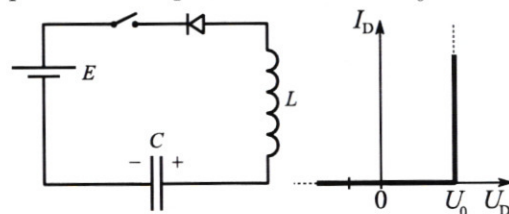
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 6$  В, конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 9$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,4$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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?

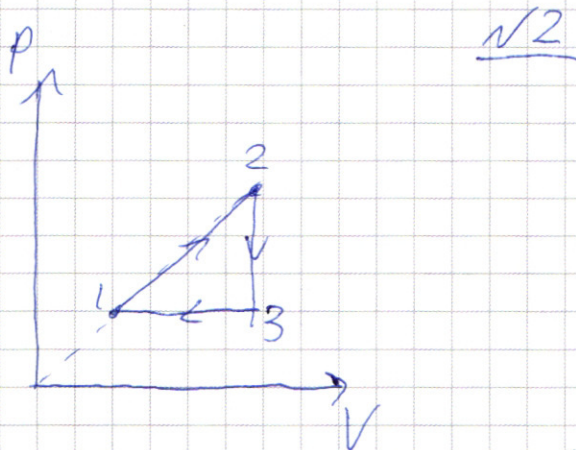
2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) 2-3 - изохорный процесс;  $V = \text{const}$ ;  $\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2}$ ;  $\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 < T_2$

2) 1-3 - изобарный процесс;  $P = \text{const}$ ;  $\frac{V_2}{T_1} = \frac{V_3}{T_3}$ ;  $\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3}$   
 $V_1 < V_3 \Rightarrow T_1 < T_3 \Rightarrow \text{температура повышается}$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = C_{23} \nu (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = \nu R (T_3 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = C_{13} \nu (T_3 - T_1) \Rightarrow C_{13} = \frac{5}{2} R$$

Тогда  $\frac{C_{23}}{C_{13}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

2)  $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$   $A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_2 - P_1 V_1)$

и т.к.  $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \Leftrightarrow P_2 V_1 = P_1 V_2$ , то  $A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)} = 3$$

$$3) \quad \eta = \frac{A_g}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1)}{2 (P_2 + P_1) (V_2 - V_1)}, \text{ где } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1) = 2 \sqrt{R} (T_2 - T_1) = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 (P_2 + P_1) (V_2 - V_1).$$

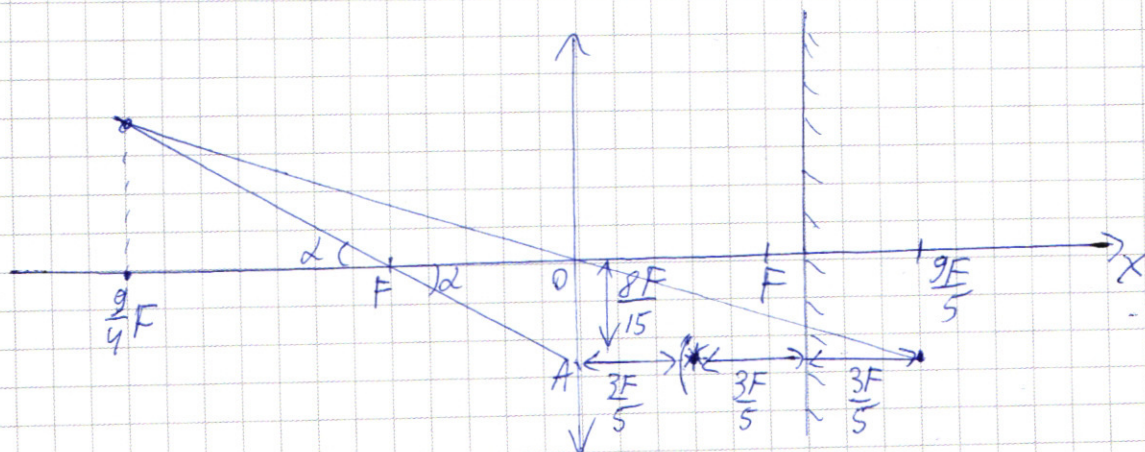
$$\eta = \frac{P_2 - P_1}{4 (P_2 + P_1)}; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow P_2 = \frac{V_2}{V_1} P_1$$

$$\eta = \frac{\frac{V_2}{V_1} P_1 - P_1}{4 (\frac{V_2}{V_1} P_1 + P_1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{4 (\frac{V_2}{V_1} + 1)}. \text{ Обозначим } \frac{V_2}{V_1} = x$$

$$\eta(x) = \frac{x - 1}{4(x + 1)}; \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \eta(x) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{x(1 - \frac{1}{x})}{4x(1 + \frac{1}{x})} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1 - \frac{1}{x}}{4(1 + \frac{1}{x})} = \frac{1}{4} = 25\%$$

ответ: 1)  $\frac{C_{23}}{C_{13}} = \frac{3}{5}$  2)  $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$  3)  $\eta_{\max} = 25\%$

√5



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Изображение источника в зеркале находится на расстоянии  $\frac{6}{5}F + \frac{3}{5}F = \frac{9}{5}F$  от линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{4}{9F}; \quad f = \frac{9}{4}F$$

2)  $OA = \frac{8F}{15}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{OA}{F} = \frac{\frac{8F}{15}}{F} = \frac{8}{15}$

3)  $U_x = \Gamma^2 \cdot 29; \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F} = \frac{5}{4}$

$$U_x = \frac{25}{16} 29; \quad U = \frac{U_x}{\cos \alpha}; \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}; \quad \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$U = \frac{U_x}{\cos \alpha} = \frac{\frac{25}{16} 29}{\frac{15}{17}} = \frac{25 \cdot 17}{15 \cdot 16} 29 = \frac{5 \cdot 17}{3 \cdot 16} 29 = \frac{85}{48} 29,$$

где  $U$  — скорость изображения

Ответ: 1)  $\frac{9}{4}F$  2)  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15} (\alpha = \arctg \frac{8}{15})$  3)  $\frac{85}{48} 29$

√3

⊕

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

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

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

2)  $T = 2t$

$$v(t) = v_1 - at; \quad v_1 = dt \Leftrightarrow t = \frac{v_1}{d}$$

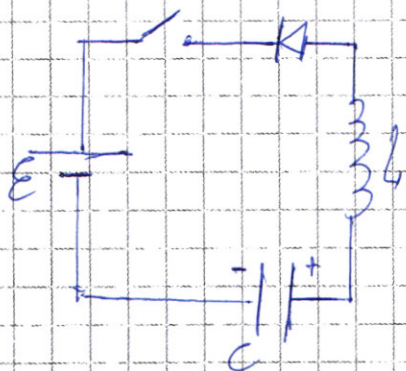
$$d = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot \frac{U}{d}}{m} = \frac{qU}{dm} = f \cdot \frac{U}{d}$$

$$\text{Когда } t = \frac{2l}{a} = \frac{2l}{f \cdot \frac{U}{d}} = \frac{2l \cdot d}{f \cdot U}$$

$$T = 2t = \frac{2 \cdot 2l \cdot d}{f \cdot U}$$

ответ: 1)  $f = \frac{2l^2}{1,6U}$  2)  $T = \frac{2 \cdot 2l \cdot d}{f \cdot U}$

№4



1) Ток начнет течь когда напряжение на диоде будет  $U_0 = 1\text{ В}$

$$U_1' = U_1 - U_0 = 9 - 1 = 8\text{ В}$$

$$E_L = U_1' - E = 8 - 6 = 2\text{ В}$$

$$E_L = L \frac{dI}{dt}, \frac{dI}{dt} = \frac{E_L}{L} = \frac{2}{0,4} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) ~~2) Ток перестанет течь~~ <sup>максимальный</sup> при условии  $U_2' = U_0 + E = 1 + 6 = 7\text{ В}$

$$\Delta q = CU_1 - CU_2' = 9\text{ С} - 7\text{ С} = 2\text{ С}$$

По закону сохранения энергии:

$$E \Delta q = \Delta W_C + \Delta W_L$$

$$\Delta W_L = \left| E \Delta q - \left( \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2'^2}{2} \right) \right| = \left| 6 \cdot 2\text{ С} - \left( \frac{C}{2} \cdot 81 - \frac{C}{2} \cdot 49 \right) \right| =$$

$$= \left| 12\text{ С} - \frac{24\text{ С} - 32\text{ С}}{2} \right| = \frac{8\text{ С}}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$LI_{\text{max}}^2 = 8\text{ С}; I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{8\text{ С}}{L}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \approx 1,4 \cdot 10^{-2} \approx 14\text{ мА}$$

$$3) E(CU_2' - CU_2) = \frac{CU_2'^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$12(7 \cdot 10^{-5} - 10^{-5} U_2) = 10^{-5} \cdot \frac{49}{2} - 10^{-5} \cdot \frac{U_2^2}{2} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{2}$$

$$84 - 12U_2 = 49 - U_2^2 + 4$$

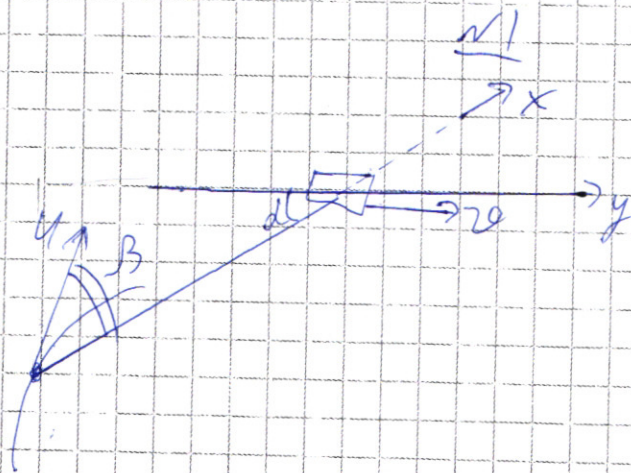
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$U_2^2 - 12U_2 + 31 = 0$$~~

~~$$D = 36 - 31 = 5, U_2 = 6 - \sqrt{5}$$~~

Изменяется  $U_1 = 9\text{ В}$ . Новое равновесное состояние  
 $U_2^* = 7\text{ В}$  — ток максимален. Тогда ток  
прекратится при  $U_2 = 5\text{ В}$ .

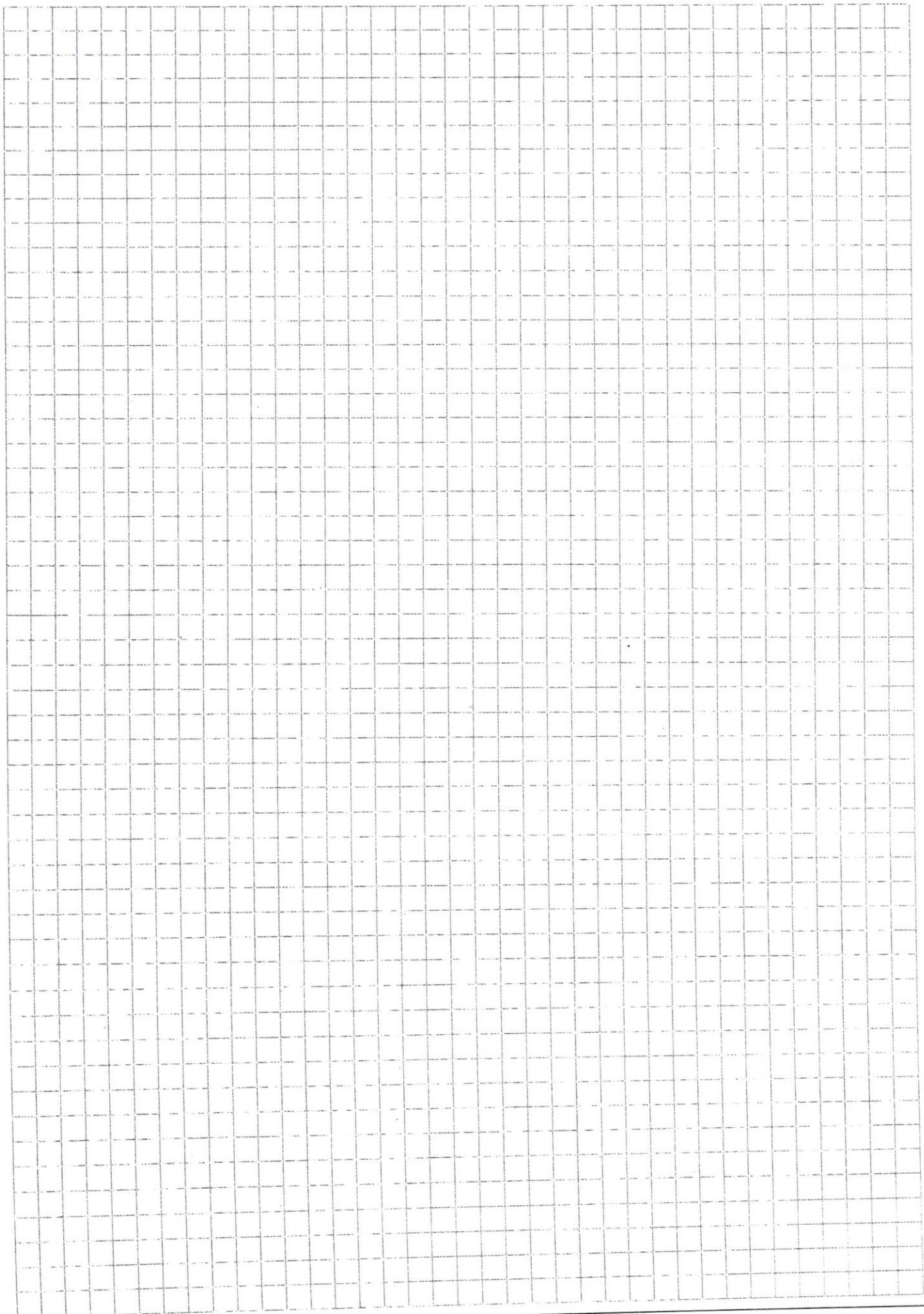
Ответ: 1)  $5\frac{\text{А}}{\text{С}}$  2)  $14\text{ мА}$  3)  $5\text{ В}$



1) Проекция  $U$  на ось  $x$ :  $U \cos \alpha$   
Проекция  $U$  на ось  $y$ :  $U \sin \alpha$   
 $U = \frac{U \cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{5}{\frac{8}{17}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \frac{17}{5} = 3,4$

$$U = \frac{U \cos \alpha \cos \beta}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{64}{85} \frac{\text{А}}{\text{С}}$$

2)  $U_y = U \sin(90 - \alpha - \beta) = U \cos(\alpha + \beta) = U(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) =$   
 $= U \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = U \left( \frac{32}{5 \cdot 17} - \frac{45}{5 \cdot 17} \right)$



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$d, U, q, 0,8d$

$\ominus$



N3

$$\frac{mv_1^2}{2} = W_c$$

$$W_c = F \cdot d$$

$$F = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d}$$

$$F = q \cdot \frac{U}{d} \quad U = E \cdot d; E = \frac{U}{d}$$

$$F = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

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

$$W = \frac{kq^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = F \cdot d = q \cdot E \cdot d = q \cdot \frac{U}{d} \cdot d$$

$$1) \frac{mv_1^2}{2} = F \cdot l = q \cdot E \cdot 0,8d = q \cdot \frac{U}{d} \cdot 0,8d = 0,8qU$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,84} = \frac{v_1^2}{1,64} = j \quad \boxed{\frac{v_1^2}{1,64}}$$

$$2) T = 2t;$$

$$v(t) = v_1 - at; v_1 = at; t = \frac{v_1}{a}$$

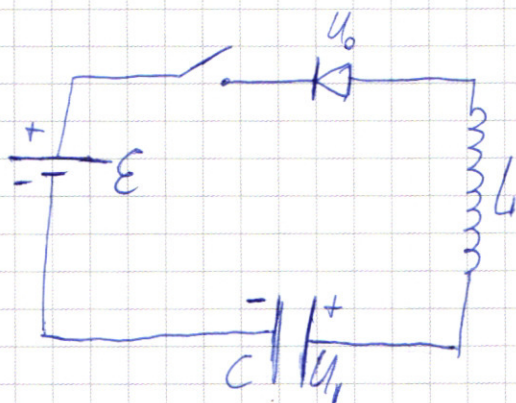
$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot \frac{U}{d}}{m} = \frac{qU}{dm} = j \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow t = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{j \cdot \frac{U}{d}} = \frac{v_1 d}{jU}$$

$$T = 2t = \frac{2v_1 d}{jU}$$

$$W = F \cdot d = q E d = q \frac{U}{d} d = qU$$

3)

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + W_{q+}$$



$$\begin{aligned} E &= 6 \text{ В} \\ U_1 &= 9 \text{ В} \\ U_0 &= 1 \text{ В} \\ L &= 0,4 \text{ Гн} \\ C &= 10^{-5} \text{ Ф} \end{aligned}$$

- 1) Сразу после замыкания ток диод не работает.  
Напряжение на катушке;  $U_1 - E = 9 - 6 = 3 \text{ В}$   
 $E_1 = L \frac{dI}{dt}; \frac{dI}{dt} = \frac{E_1}{L} = \frac{3}{0,4} = \frac{30}{4} = \frac{15}{2} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

- 2) ~~Максимальный ток тогда, когда диод начинает работать и  $U_c = E - U_0$ .  $U_c = 6 - 1 = 5 \text{ В}$~~   
Макс ток сразу после замык. ключа, тока не будет, когда

~~$$U_c = E + U_0 = 5 \text{ В} \quad U_c = E - U_0 = 5 \text{ В}$$~~

~~$$\Delta W_{\text{ист}} = \Delta W_{\text{кес}} + \Delta W_L; \Delta q = CU_1 - CU_c = C \cdot 9 - C \cdot 5 = 4C$$~~

~~$$E \Delta q = \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_{\text{ср}}^2}{2}$$~~

~~$$2E \cdot 4C = C \cdot 81 - C \cdot 25 + 0,4 \cdot I_{\text{ср}}^2$$~~

~~$$8 \cdot 6 \cdot C = 81C - 25C + 0,4 I_{\text{ср}}^2$$~~

~~$$E \Delta q = + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_{\text{ср}}^2}{2} \quad I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{max}}}{2}$$~~

~~$$2E \cdot 2C = 81C - 25C + \frac{LI_{\text{ср}}^2}{2}$$~~

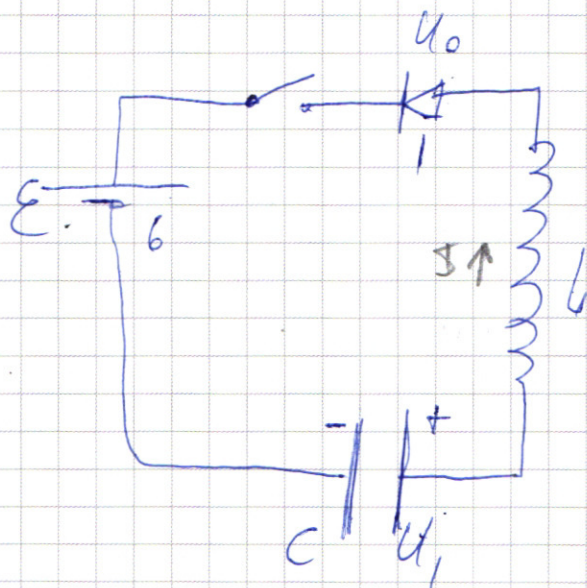
~~$$2E \cdot 4C = C \cdot 81 - C \cdot 25 + LI_{\text{ср}}^2$$~~

~~$$LI_{\text{ср}}^2 = 81C - 25C - 2 \cdot 6 \cdot 4C = (48 - 56)C = 8C$$~~

~~$$I_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-2}} \text{ А}; I_{\text{max}} = 2I_{\text{ср}} = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ А} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ А} \approx 28 \text{ мА}$$~~

3)  $U_2 = E - U_0 = 6 - 1 = 5 \text{ В}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



√4

1) Ток может возникнуть, когда на диоде будет  $U_0$ .

~~Когда  $E_4 = U_1 - E - U_0$~~

$$E = U_0 + E_4 + U_1$$

$$E_4 = E - U_0 - U_1$$

$$E = 6\text{В}; U_0 = 1\text{В}; U_1 = 8\text{В}$$

$$E_4 = U_1 - E = 2\text{В}$$

$$E_4 = L \frac{dI}{dt}; \frac{dI}{dt} = \frac{E_4}{L} = \frac{2}{0,4} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Ток прекратится, когда  $U_C + U_0 = E$ , т.е.  $U_C = 5\text{В}$

$$8 \quad 6 \quad 6 \quad 4 \quad U_1$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ -49 \\ \hline 32 \\ -24 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$3) E \cdot (CU_2' - CU_2) = \frac{CU_2'^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$6(10^{-5} \cdot 7 - 10^{-5} \cdot U_2) = 10^{-5} \cdot \frac{49}{2} - 10^{-5} \cdot \frac{U_2^2}{2} + \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2}$$

$$2 \cdot (42 - 6U_2) = 49 - U_2^2 + 4$$

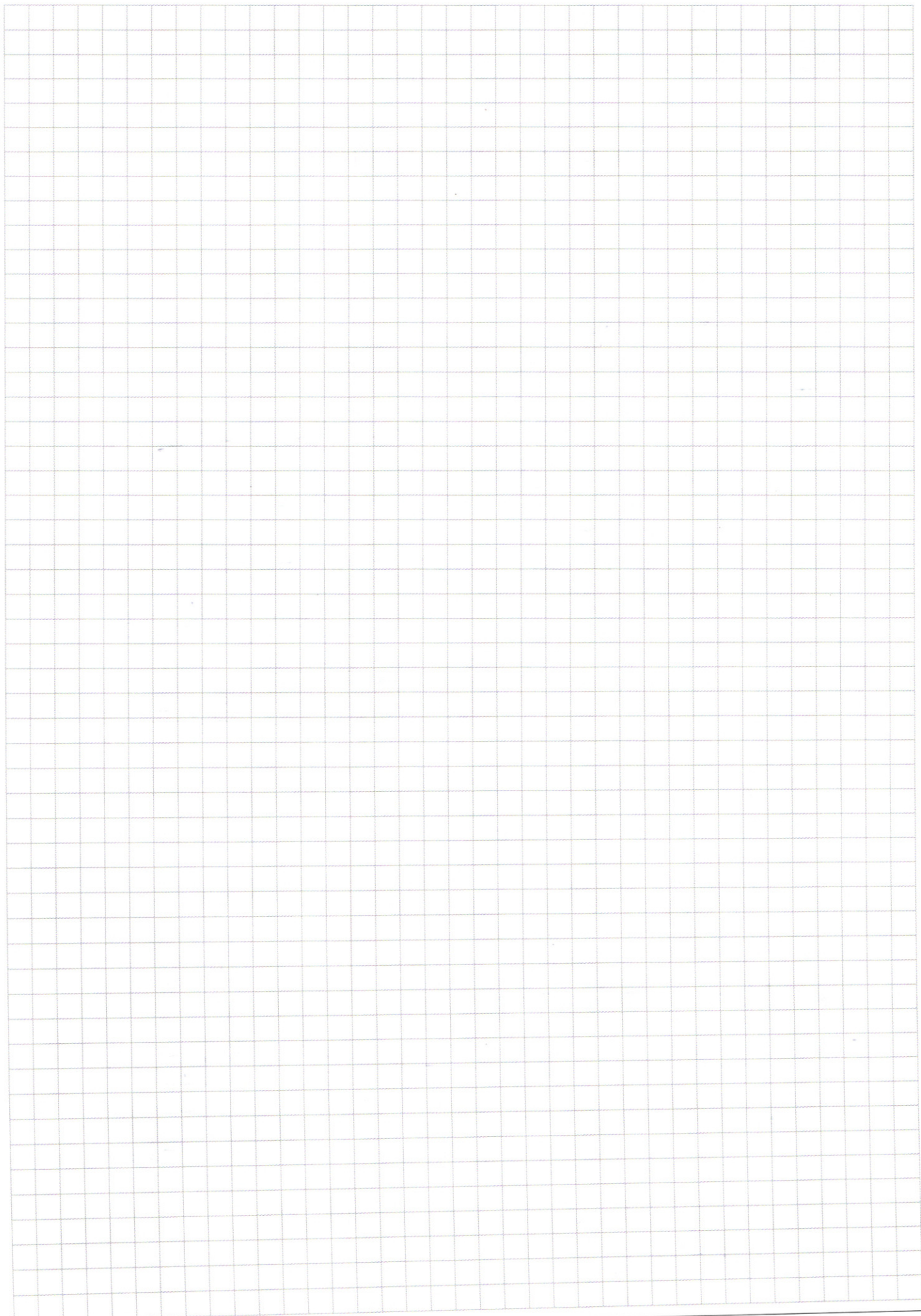
$$U_2^2 - 12U_2 + 84 - 49 + 4 = 0$$

$$U_2^2 - 12U_2 + 39 = 0$$

$$U_2 = 6 - \sqrt{5}$$

$$D = 36 - 39 = -3$$

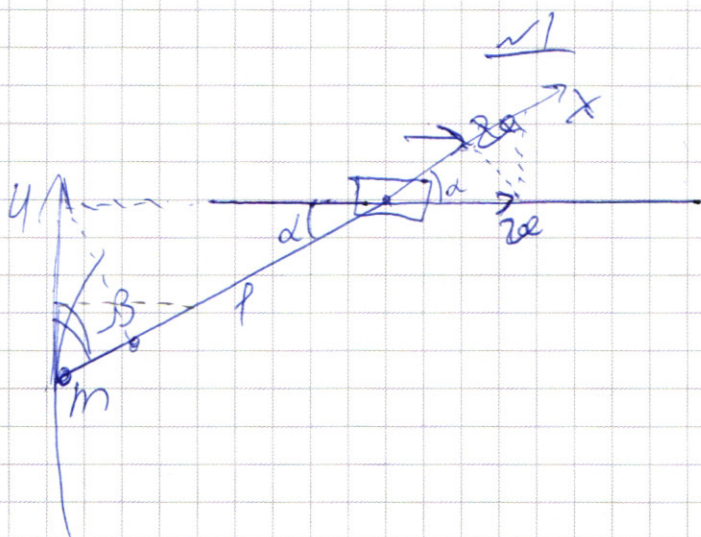
$$\begin{array}{r} 81 \\ -49 \\ \hline 32 \\ -24 \\ \hline 8 \end{array}$$



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{17R}{15}$$

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

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

$$1) \cancel{v_x = v \cos \alpha; U_x = U \cos \beta; v_x = U_x}$$

$$\cancel{v \cos \alpha = U \cos \beta; U = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}}$$

$$1) U = v$$

$$2) v - \frac{U \cos \beta \cos \alpha}{\cos \beta} = v(1 - \cos \beta \cos \alpha)$$

$$2) U_x = v \cos \alpha; v = U \cos \beta$$

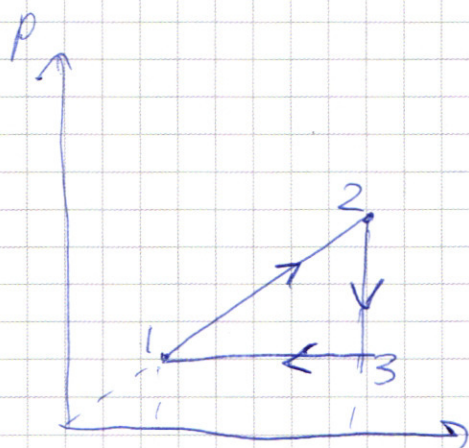
$$v_x = v \cos \alpha$$

$$U = U_x \cdot \cos \beta = v_x \cos \beta = v_x \cos \alpha \cos \beta$$

$$U_x = U \cos \beta$$

$$2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{64}{85}$$

$$v \cos \alpha$$



№2

$V = \text{const}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$P = \text{const}$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}, \quad \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

1)  $\frac{C_{23}}{C_{13}}; \quad C_V = \frac{3}{2}R; \quad C_P = \frac{5}{2}R$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T$$

$$Q_{13} = A_{13} + \Delta U_{13} = \sqrt{R} \Delta T + \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T$$

$$\downarrow C_P \Delta T = \frac{5}{2} \sqrt{R} \Delta T; \quad C_{13} = \frac{5}{2} R$$

$$\downarrow C_P \Delta T = \frac{5}{2} \sqrt{R} \Delta T; \quad C_{13} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{13}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

2)  $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}; \quad A_{12} = \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1)$

и тогда  $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow P_2 V_1 = P_1 V_2$  и тогда  $A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} (\sqrt{RT_2} - \sqrt{RT_1}) = \frac{1}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)} = \boxed{3}$$

3)  $\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} - A_{13}}{Q_{12}}; \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)$

$$A_{13} = P_1 (V_3 - V_1) = P_1 (V_2 - V_1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

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

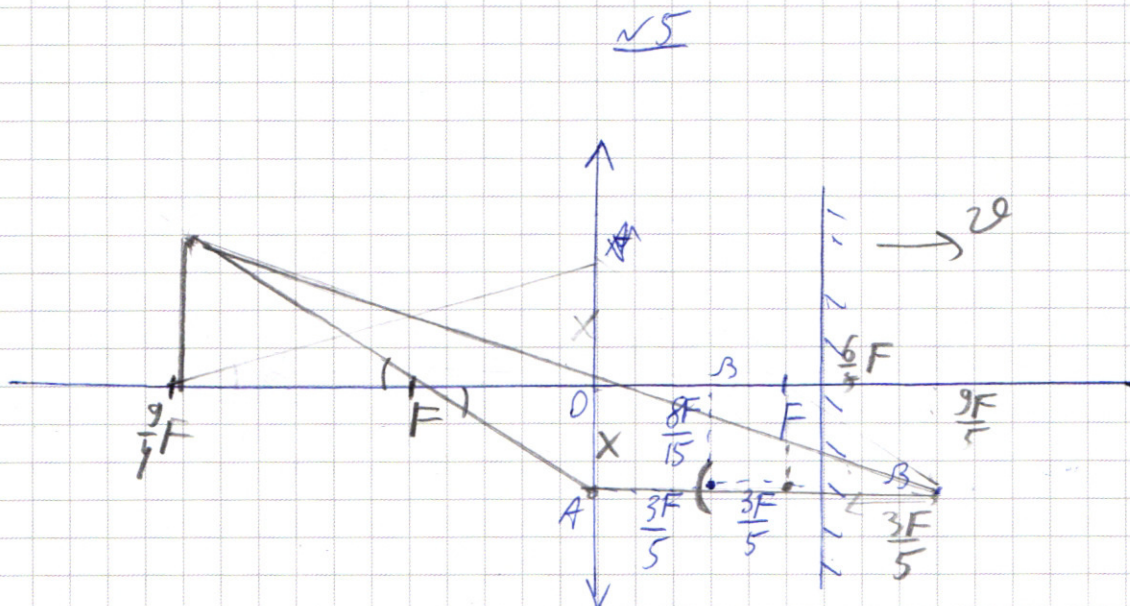
$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_1) \quad A_{13} = P_1 (V_3 - V_1) \quad A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1) =$$

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

$$P_1 V_1 = \sqrt{RT_1}; \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2$$

$$P_2 V_2 = \sqrt{RT_2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{9}{5}F} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{9-5}{9F} = \frac{4}{9F}$$
$$f = \frac{9}{4}F$$

2) мы проходим через горы и попадаем в т. Амазон

~~$$\text{by } B = \frac{\frac{2F}{15}}{\frac{2F}{15} - F} = \frac{\frac{2F}{15}}{\frac{2F - 15F}{15}} = \frac{2}{-13} = -\frac{2}{13}$$~~

$$\tan \beta = \frac{x}{F} \Rightarrow x = F, \tan \beta = \frac{2}{3} F$$

~~$$\lg 2 = \frac{X}{\frac{9}{4}F} = \frac{\frac{2}{3}F}{\frac{9}{4}F} = \frac{2 \cdot 4}{9 \cdot 3} = \frac{8}{27}$$~~

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 27 \\ \hline 189 \\ + 54 \phantom{0} \\ \hline 729 \\ \times 64 \\ \hline 798 \end{array}$$

$$3) \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{9\sqrt{5}}{5}}{\frac{3\sqrt{5}}{5}} = \frac{5}{4}$$

2) ~~By using OA = x~~  $OA = \frac{8F}{15}$ ;  $\tan \alpha = \frac{8F}{48} \cdot \frac{OA}{F} = \frac{8}{15} \cdot \frac{8F}{48F} = \frac{8}{15}$

3)  $225 + 64 = 289$ ;  $\cos d = \frac{15}{17}$ ;  $\sin d = \frac{8}{17}$

$$u_x = u \cos \alpha; u = \frac{u_x}{\cos \alpha}; u_x = 17^2 \cdot 29; \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{9}{4} F}{\frac{9}{5} F} = \frac{5}{4}$$

$$u_x = \left(\frac{5}{4}\right)^2 \cdot v = \frac{25}{16} v$$

$$u_x = u \cos \alpha; \quad u = \frac{u_x}{\cos \alpha} = \frac{\frac{25}{16} v}{\frac{15}{17}} = \frac{25 \cdot 17}{16 \cdot 15} v = \frac{5 \cdot 17}{16 \cdot 3} v = \frac{85}{48} v$$

✓ 2...

$$3) \quad \eta = \frac{A_2}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2(P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{4(P_2 V_2 - P_1 V_1)} =$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{4(P_2 + P_1)(V_2 - V_1)} = \frac{(P_2 - P_1)}{4(P_2 + P_1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} P_1 - P_1}{4\left(\frac{V_2}{V_1} P_1 + P_1\right)} =$$

$$P_2 = \frac{V_2}{V_1} P_1$$

$$= \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{4\left(\frac{V_2}{V_1} + 1\right)}; \quad \text{поскольку } \frac{V_2}{V_1} = x$$

$$\eta(x) = \frac{x-1}{4(x+1)} \quad \eta'(x) = \frac{(x-1)' \cdot 4(x+1) - (x-1) \cdot 4(x+1)'}{16(x+1)^2}$$

$$\eta'(x) = 0 \Leftrightarrow 4x + 4 - 4(x-1) = 0$$

$$\left(\frac{x-1}{4(x+1)}\right)' = \frac{(x-1)'(x+1) - (x-1)(x+1)'}{16(x+1)^2} = \frac{x+1 - x+1}{16(x+1)^2} = 0$$

$$\frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2(P_2 + P_1)(V_2 - V_1)} = \frac{P_2 - P_1}{4(P_2 + P_1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{4\left(\frac{V_2}{V_1} + 1\right)} = \frac{x-1}{4(x+1)}$$

$$x=2: \frac{1}{12}; \quad x=3: \frac{2}{16} = \frac{1}{8}; \quad x=4: \frac{3}{20}; \quad \frac{10}{4 \cdot 12} = \frac{5}{24}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x-1}{4(x+1)} = \frac{x(1-\frac{1}{x})}{4x(1+\frac{1}{x})} = \frac{1}{4 \cdot 1} = \frac{1}{4} = 25\%$$