

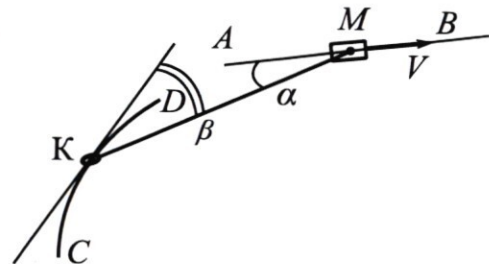
Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



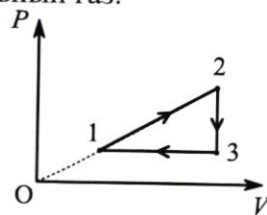
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 $\frac{q}{m} = \gamma$.

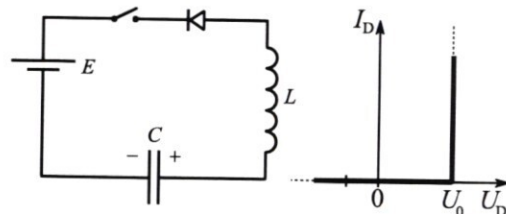
1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

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.

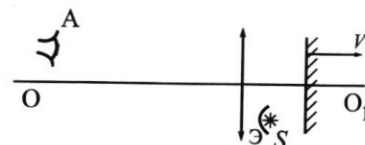
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

Дано:

$$F$$

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

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

V

$$L = F$$

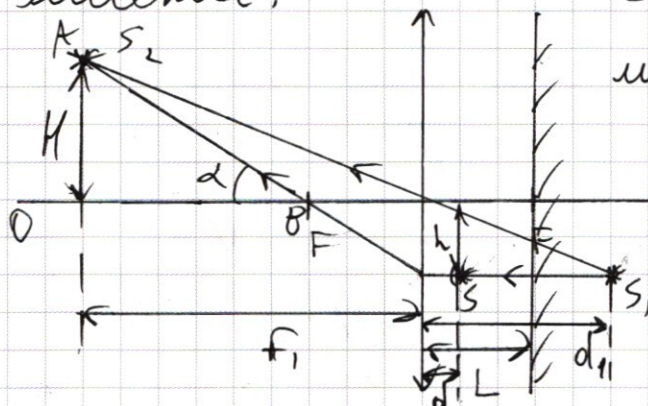
Найти:

1) f_1 - ?

2) α - ?

3) ϑ - ?

Решение:



L - расстояние от
матери до зеркала

d - от матери
до источника
 h - от источ-
ника до OO_1

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \quad d_1 = 2F - d = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{f_1} ; \frac{1}{f_1} = \frac{2}{5F} \Rightarrow f_1 = \frac{5}{2}F$$

2) $\angle \alpha = \angle (\vartheta; OO_1)$, т.к. при передвиж.

S_1 со скоростью V (т.к. S_1 не имеет
собственной скорости) в мате S_2 перед-
вигается по прам AB , т.к. образуются подоб-
ные треугольники из мат AB и высоты
мате с общим углом $\angle \alpha$

* d_1 - от S_1 до маты; f_1 - от S_2 до маты

h - от S_2 до OO_1 ; $\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{3}{2}$

$$\tan \alpha = \frac{h}{f_1 - F} = \frac{h\Gamma}{\frac{5}{2}F - F} = \frac{h\Gamma}{d_1(\frac{3}{2}F)} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{8}{15}$$

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

Проекция скорости S_2 (ϑ) на ось $X - \vartheta_x$

$$\vartheta_x = \Gamma^2 V, \Rightarrow \vartheta_x = \frac{9}{4} V, \Rightarrow \vartheta = \frac{\vartheta_x}{\cos \alpha} = \frac{9 \cdot 17}{4 \cdot 15} V \Rightarrow$$

$$\in \frac{153}{60} V$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{5}{2} F$; 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $U = \frac{153}{60} V$.

Дано;

d

V_1

$0,2d$

$$\gamma = \frac{q}{m}$$

Найти:

1) T !

2) U !

3) V_0 !

Решение: 1) $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

a - ускор. частицы

$$F_k = ma$$

F_k - сила Кулона на q, m

$$3 \text{ СЭ}; \frac{mV_1^2}{2} + Uq = Uq + A_k$$

A_k - работа силы Кулона

$$\frac{mV_1^2}{2} = F_k \cdot 0,8d$$

$$F_k = \frac{5mV_1^2}{8 \cdot d} \Rightarrow \frac{5mV_1^2}{8d} = ma$$

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

$$U_k = V_1 - aT \quad U_k = 0, \Rightarrow V_1 = aT$$

$$T = \frac{V_1}{a} = \frac{8dV_1}{5V_1^2} = \frac{8d}{5V_1}$$

2) $U = Ed$ E - напряж. э. поля конденсатора

$$qE = ma \Rightarrow E = \frac{m}{q} a = \frac{5V_1^2}{8d\gamma} \Rightarrow U = \frac{5V_1^2}{8\gamma}$$

3) 3 СЭ; $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + Uq$

$$V_0^2 = V_1^2 + 2U\gamma$$

$$V_0^2 = V_1^2 + 2 \cdot \frac{5}{8} V_1^2$$

$$V_0^2 = \frac{9}{4} V_1^2 \Rightarrow V_0 = \frac{3}{2} V_1$$

Ответ: 1) $T = \frac{8d}{5V_1}$; 2) $U = \frac{5}{8} \cdot \frac{V_1^2}{\gamma}$; 3) $V_0 = \frac{3}{2} V_1$.

Дано;

$$E = 50$$

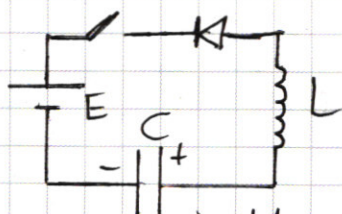
$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 60$$

Решение:

$$U_1 - E = U_L + U_C$$

(по 2 правилу Кирхгофа); U_C - напряж. на конденсаторе



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Найти:

1) I_0' - скорость воз-
раст. тока сразу
после замыкания
ключа

2) I_m - макс. ток
после замыкания
ключа

3) U_2 - !

$$U_L = I_0' L$$

$$U_L = U_1 - E - U_0, \Rightarrow I_0' = \frac{U_1 - E - U_0}{L}$$

$$I_0' = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = 10 \text{ А/с}$$

2) Ток будет макс. при $I_0' = 0, \Rightarrow$
 $\Rightarrow U_c = U_0 + E \quad U_c = 1 + 3 = 4 \text{ В}$

I' - скорость изм. тока в катушке
 U_c - напряж. на конденсаторе

ЗСЭ; q - заряд, прошедший по цепи

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} + qU_0 + qE$$

qU_0 - теплота, выдел. на диоде.

qE - ~~работа~~ модуль работы источника

$$q = (U_1 - U_c)C$$

$$CU_1^2 = CU_c^2 + LI_m^2 + 2(U_1 - U_c)U_0C + 2(U_1 - U_c)EC$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C(U_1^2 - U_c^2 - 2(U_1 - U_c)U_0 - 2(U_1 - U_c)E)}{L}}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} (36 - 16 - 4 \cdot 1 - 4 \cdot 3)}{0,2}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

3) Через долгий промежуток времени ток
перестанет течь по цепи, $U_L = 0$, из источника
ток не течёт, т.к. диод имеет противополож-
ное направление, $\Rightarrow U_2 = U_0 = 1 \text{ В}$

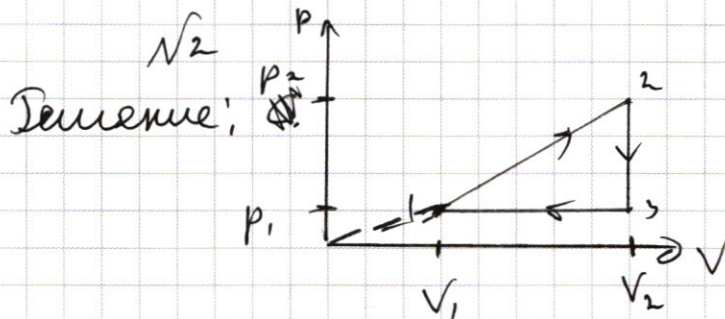
Ответ; 1) $I_0' = 10 \text{ А/с}$; 2) $I_m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$; 3) $U_2 = 1 \text{ В}$

Найти:

1) $\frac{C_{23}}{C_{31}}$ - ?

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$ - ?

3) $\eta_{\max}$ - ?



1) В процессе 2-3 объем - постоянен, давление уменьшается, $\Rightarrow$ температура понижается

В процессе 3-1 давление - постоянно, объем уменьшается, $\Rightarrow$ температура понижается

(из $pV = \nu RT$) $\Downarrow$

Мы ищем $\frac{C_{23}}{C_{31}}$, где C_{23} - молярная теплоемкость 2-3, а C_{31} - 3-1

$$C_{23} = \frac{|Q_{23}|}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{|Q_{31}|}{\Delta T_{31}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \nu R \Delta T_{31}}{\Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R, \text{ т.к. } |A_{13}| = p \Delta V = \nu R \Delta T_{31}$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

2) $A_{12} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$, т.к. $p = kV$, $\Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{21}$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{21} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{21} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{21} = 2 \nu R \Delta T_{21}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R \Delta T_{21}}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{21}} = 4$$

$\checkmark$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$, $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$.

Дано:

$V = 40 \text{ см}^3$

Решение: $\sin \alpha = \frac{4}{5}$; $\sin \beta = \frac{15}{17}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,4 \text{ м}$$

$$l = \frac{14R}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

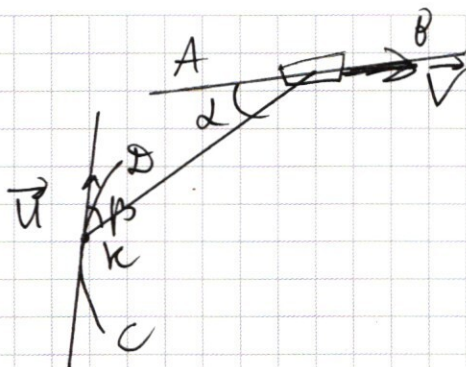
$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

Найти:

1) U — скорость
кольца в
этот момент

2) $U_{\text{отн}}$ — скорость
кольца отн.
мизорты

3) T — сила на-
тяжения в
этот момент



1) Т.к. трос натянут, он явл.
абсолютно твердым телом:

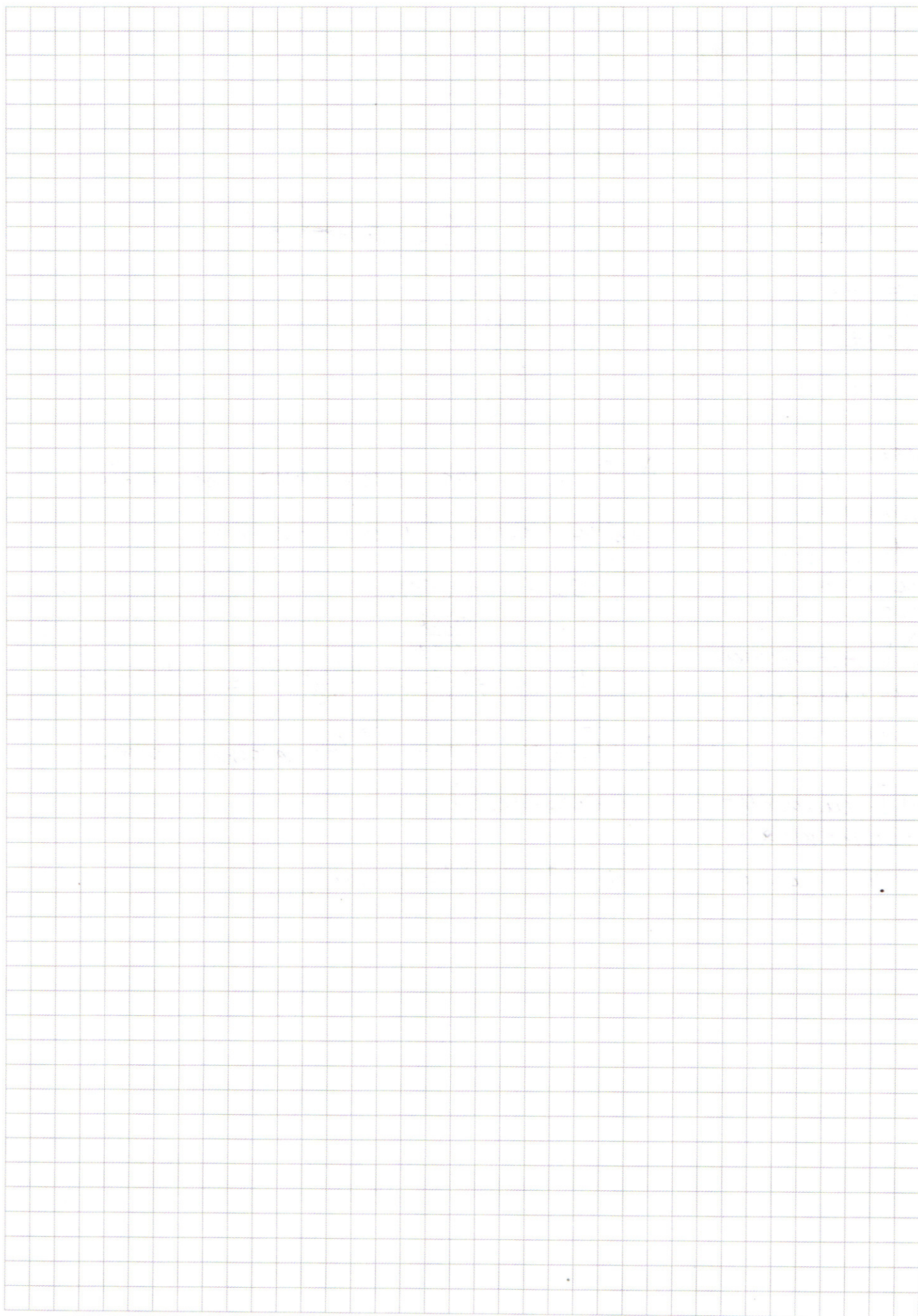
$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = 40 \cdot \frac{3 \cdot 14}{5 \cdot 8} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 14}{40} = \underline{\underline{51 \text{ м/с}}}$$

2) $\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U} - \vec{V}$ (по закону слож.
скоростей)

Ответ: 1) $U = 51 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \text{ 3 сг: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2 U q$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 U \gamma$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 \cdot \frac{5 v_1^2}{8} \quad \text{X}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{5}{4} v_1^2 = \frac{9}{4} v_1^2$$

$$v_0 = \frac{3}{2} v_1$$

✓

$$V = 40 \frac{\text{см}}{\text{мкс}} \quad m = 1 \text{ мк} \quad R = 1,7 \text{ м} \quad l = \frac{17 R}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

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

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

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$\frac{17}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{15}{5} = 3$$

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

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

$$V = V \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = \left(\frac{24 + 120}{85} \right) V = \frac{144}{85} V$$

$$V = \frac{85}{144} V$$

$$V \cos \alpha = V \cos \beta$$

$$V \cos \alpha = V \cos \beta$$

$$V = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = V \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = V \cdot \frac{51}{40}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ 11 \\ \times 864 \\ \hline 288 \\ 579 \end{array}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V} + \vec{V}$$

$$V_{\text{отн}} \cos(\alpha + \beta) = V \cos(\alpha + \beta) - V$$

$$V_{\text{отн}} = V - \frac{V}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{51}{40} V - \frac{36}{85} V = \frac{51 \cdot 17 - 36 \cdot 8}{40 \cdot 17} = \frac{579}{140}$$

* ~~I~~ $U_L = 0$, из источника ток не будет течь, т.к. здесь имеет противополож. направление, $\Rightarrow U_2 = U_0$

$$U_{отн} = U + V \cdot \frac{35}{36} = V \left(\frac{51}{40} + \frac{35}{36} \right) = V \left(\frac{51 \cdot 9 + 350}{360} \right) = \frac{1309}{360} V$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 9 \\ \hline 459 \\ + 850 \\ \hline 1309 \end{array}$$

$$U_{отн} =$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 17 \\ \hline 357 \\ 51 \\ \hline 867 \\ 288 \\ \hline 579 \\ - 51 \\ \hline 69 \end{array} \quad \begin{array}{r} +1 \\ \times 36 \\ 8 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$U_{отн} = 51 + \frac{36}{85} \cdot 40 = \frac{81 \cdot 17 - 8136}{17}$$

$$U_{отн} = 51 + \frac{10}{36} \cdot 85$$

$$U_{отн} \frac{36}{85} = 51 \cdot \frac{36}{85} + 40$$

$$U_{отн} \frac{36}{85} = \frac{108 + 200}{5}$$

$$U_{отн} = \frac{17 \cdot 77}{9}$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 9 \\ \hline 459 \\ + 850 \\ \hline 1309 \end{array}$$

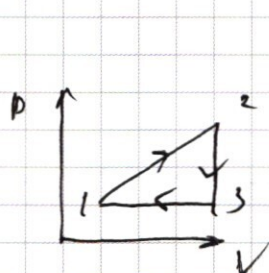
$$\frac{308}{2} = 154$$

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

$$|A_{21}| = p_1 V_2 - p_1 V_1$$

$$A_{12} - |A_{21}| = \frac{p_2 V_2}{2} - p_1 V_2 + \frac{p_1 V_1}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T} = \frac{\frac{1}{2}\nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2}R$$

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{\Delta T} = \frac{p_0 V + \frac{3}{2}\nu R \Delta T'}{\Delta T'} = \frac{p_0 V + \frac{3}{2}\nu R \Delta T'}{\Delta T'} = \frac{5}{2}R$$

$$p_0 V = \nu R \Delta T'$$

$$2) A_{12} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2} = \frac{\nu R \Delta T_{21}}{2}$$

$$\begin{cases} p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases}$$

$$p_2 V_2 - p_1 V_1 = \nu R \Delta T_{21}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{21} = \frac{\nu R \Delta T_{21}}{2} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{21} =$$

$$= 2 \nu R \Delta T_{21}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R \Delta T_{21} \cdot 2}{\nu R \Delta T_{21}} = 4$$

$$3) \eta_{\max} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n}$$

$$Q_n = Q_{12}$$

$$Q_n - Q_x = A_{12} = A_{12} - |A_{31}|$$

$$Q_x = Q_{23} + Q_{31}$$

$$A_{31} = p_1 (V_1 - V_3)$$

$$\nu R (T_1 - T_3)$$

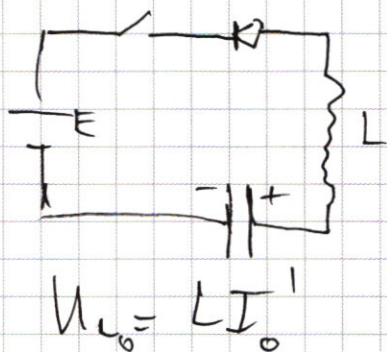
$$C_{23} = \frac{3}{5} C_{31}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{5} C_{31} (T_3 - T_2)$$

$$Q_{31} = C_{31} (T_1 - T_3)$$

$$Q_n - Q_x$$

$$\frac{\nu R \Delta T_{21}}{2} - \nu R \Delta T_{31} = 2 \nu R \Delta T_{21} - \frac{3}{5} \nu R \Delta T_{21} - \frac{3}{5} \nu R \Delta T_{21} - \nu R \Delta T_{21}$$



~ 4

1) I_0' - ск. в. т. после замык.

$$U_1 - E = U_L + U_0 \quad (\text{поирал. к.})$$

$$U_{C_0} = U_1 - E - U_0$$

$$LI_0' = U_1 - E - U_0$$

$$I_0' = \frac{U_1 - E - U_0}{L}$$

$$I_0' = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = \underline{\underline{10 \text{ A/c}}}$$

2) Так. будет макс. при $U_L = 0, \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_C = U_0 + E \quad U_C = 1 + 3 = 4 \text{ В}$$

$$3CЭ: \frac{CU_0^2}{2} = \frac{CU_C^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} + qU_0 + qE$$

$$q = \Delta U C$$

$$+ 2\Delta U C E$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{CU_C^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} + 2\Delta U U_0 C +$$

$$\Delta U = U_1 - U_C = 2$$

$$\sqrt{\frac{C(U_1^2 - U_C^2 - 2\Delta U U_0 - 2\Delta U E)}{L}} = I_m$$

$$I_m = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} (36 - 16 - 4 - 12)}{0,2}} = \sqrt{\frac{400 \cdot 10^{-6}}{0,2} \cdot 4} =$$

$$= 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-2} \text{ A}}}$$

3) В итоге ток перестанет течь через цепь *

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

F ; $h = \frac{8F}{15}$ $d = \frac{F}{5}$ $L = F$

$d_1 = 2F - d = 2F - \frac{F}{5} = \frac{9F}{5}$
 $\tan \alpha = \frac{h}{F - F}$

1) $f_1 = ?$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{f_1} \quad \frac{1}{f_1} = \frac{2}{5F} \quad f_1 = \frac{5}{2}F$$

2) $\angle \alpha = \angle (O; O_1)$, т.к. при передвижении, изобр. в зеркале и в линзе падающие лучи, падающие с одинаковым углом α , $\Rightarrow S_2$ движется под

$\angle \alpha = \frac{h}{F - F} = \frac{h}{F_1 - F} = \frac{h F_1}{d_1 (F_1 - F)}$
 $= \frac{8F \cdot 5F \cdot 15}{15 \cdot 2 \cdot 3F \cdot 5F} = \frac{8}{15} // \quad \frac{4}{5} \cdot \frac{2}{5} = \frac{8}{15}$

$$\begin{array}{r} 225 \\ - 64 \\ \hline 161 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ + 64 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ + 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$3) \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\frac{64}{225} + 1}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$v_x = \sqrt{2} V$$

$$v_x = V \cdot \left(\frac{F_1}{d_1} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{8 \cdot 17}{2 \cdot 17} \right)^{\frac{1}{2}} V = \frac{3}{4} V$$

$$v = \frac{v_x}{\cos \alpha} = \frac{3}{4} V \frac{17}{15} = \frac{153 V}{60} \sqrt{3}$$

V — скорость из. в зеркале
(= скорости зеркала, т.к. исток неподвижен.)

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 17 \\ \hline 153 \end{array}$$

$$d \quad V_1 \quad 0,2 d \quad \gamma = \frac{q}{m}$$

$$U = Ed$$

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

$$F_k = ma$$

$$2) \frac{m v_1^2}{2} = A_{F_k}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = F_k \cdot 0,8 d$$

$$F_k = \frac{m v_1^2}{1,6 d}$$

$$\frac{m v_1^2}{1,6 d} = ma$$

$$a = \frac{10 v_1^2}{16 d} = \frac{5 v_1^2}{8 d}$$

$$v_k = v_1 - aT$$

$$0 = v_1 - \frac{5 v_1^2}{8 d} T \quad \frac{5 v_1^2}{8 d} T = v_1$$

$$1) T = \frac{8 d}{5 v_1}$$

$$2) U = Ed$$

$$qE = ma$$

$$E = \frac{m}{q} a = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{5 v_1^2}{8 d} \Rightarrow U = \frac{5 v_1^2}{\gamma \cdot 8 d}$$