# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

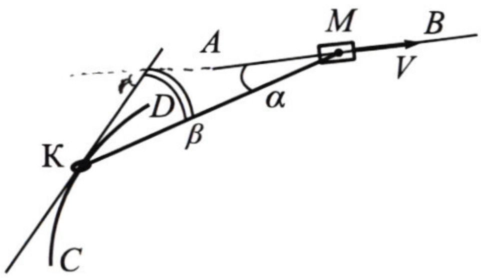
## Вариант 11-04

Шифр 3.12

(заполняется секретарём)

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

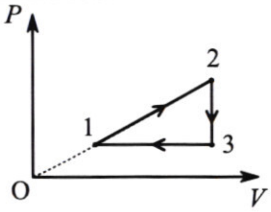
**1.** Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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



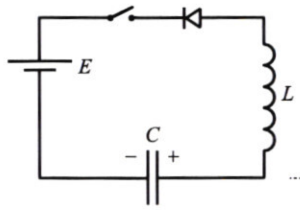

2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

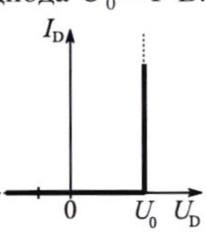
**3.** Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния $d$ между обкладками. Напряжение на конденсаторе $U$. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него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

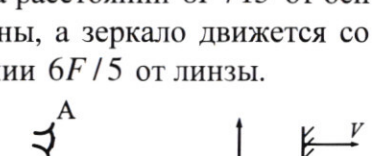



1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение $U_2$ на конденсаторе после замыкания ключа.

**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.

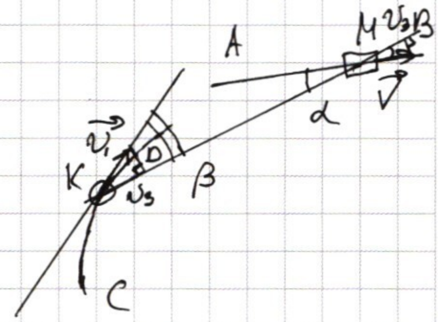
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

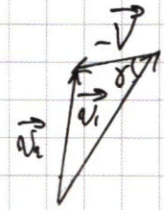
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

| Дано: | С.И. | Решение: |
|---|---|---|
| $V = 2$ м/с | | $v_3 = V\cos\alpha$; $v_3$ - проекция скорости стержня на ось, направленную вдоль ~~муфты~~ стержня |
| $m = 0{,}4$ кг | | |
| $R = 1{,}9$ м | | |
| $l = \frac{17R}{15}$ | | Стержень твёрдый, проекция скорости кольца на эту ось также $v_3$ |
| $\cos\alpha = \frac{4}{5}$ | | $v_1 = \frac{v_3}{\cos\beta} = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta}$; $v_1$ - искомая скорость кольца |
| $\cos\beta = \frac{8}{17}$ | | $v_1 = \left(\frac{2\cdot4\cdot17}{5\cdot8}\right)$ м/с $= \frac{17}{5}$ м/с $= 3{,}4$ м/с |
| $v_1$ - ? | | $\vec{v_2} = \vec{v_1} - \vec{V}$ |
| $v_2$ - ? | | $v_2$ - скорость кольца относительно муфты |
| T - ? | | |




$\gamma = \alpha + \beta$; $\gamma$ - угол между векторами $\vec{v_1}$ и $-\vec{V}$ (по свойству внешнег. угла треуг.).

$\cos\gamma = \cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{4\cdot8}{5\cdot17} - \frac{3\cdot15}{5\cdot17} = \frac{32-45}{5\cdot17} = -\frac{13}{5\cdot17}$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\left(\frac{4}{5}\right)^2} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{25-16}{25}} = \frac{\sqrt{9}}{5} = \frac{3}{5}$ $\quad \cos\gamma = \frac{13}{5\cdot17}$, т.к угол острый

$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{1-\left(\frac{8}{17}\right)^2} = \sqrt{1-\frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{289-64}{289}} = \frac{\sqrt{225}}{17} = \frac{15}{17}$

$v_2 = \sqrt{v_1^2 + (+V)^2 - 2v_1V\cos\gamma} = \left(\sqrt{\left(\frac{17}{5}\right)^2 + 2^2 - \frac{2\cdot17\cdot2\cdot13}{5\cdot5\cdot17}}\right)\frac{м}{с}$

$= \left(\sqrt{\frac{289}{25} + 4 - \frac{4\cdot13}{25}}\right)$ м/с $= \left(\sqrt{\frac{289+100-52}{25}}\right)$ м/с $= \left(\sqrt{\frac{389-52}{25}}\right)$ м/с $= \left(\sqrt{\frac{337}{25}}\right)$ м/с $= \frac{\sqrt{337}}{5}$ м/с

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

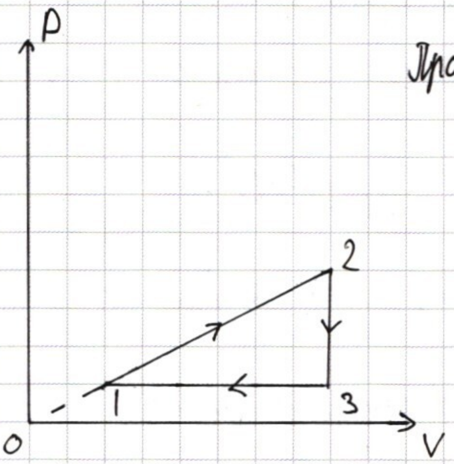
$\vec{T} + \vec{N} = m\vec{a}$ Второй закон Ньютона; $\vec{T}$ - сила натяжения троса,
$\vec{N}$ - сила реакции кольца; $\vec{a}$ - центростремительное ускорение

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

Решение:

$\frac{pV}{T} = const$




Процесс 1→2: $p_2 > p_1$; $V_2 > V_1 \Rightarrow T_2 > T_1$

2→3: $p_3 < p_2$; $V_3 = V_2 \Rightarrow T_3 < T_2$

3→1: $p_1 = p_3$; $V_1 < V_2 \Rightarrow T_1 < T_3$

$T_n$, $V_n$, $p_n$ - температура, объём и давление газа соответственно, $n$ - точка на графике $n \in \{1; 2; 3\}$

2→3 - изохорическое охлаждение. $V = const$ $C_V = \frac{iR}{2}$; $C_V$ - молярная теплоёмкость при постоянном объёме; $i$ - кол-во степеней свободы

3→1 - изобарическое охлаждение. $p = const$ $C_p = \frac{(i+2)R}{2}$; $C_p$ - молярная теплоёмкость при постоянном давлении

$$\frac{C_V}{C_p} = \frac{iR\cdot 2}{2(i+2)R} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{3+2} = \frac{3}{5}$$

$i = 3$, одноатомный газ. $\frac{C_V}{C_p}$ - искомое отношение

1→2 - прямая, проходящая через 0. $p = \alpha V$ - уравнение прямой. $\alpha$ - коэффициент

$p_2 = \alpha p_1$; $V_2 = \alpha V_1$

$\Delta U = \frac{i\nu R\Delta T}{2} = \frac{i(p_2V_2 - p_1V_1)}{2}$, $pV = \nu RT$ - уравнение Менделеева-Клапейрона. $\nu$ - количество газа; $\Delta U$ - изменение внутренней энергии на 1→2

$$\Delta U = \frac{i(\alpha p_1 \alpha V_1 - p_1V_1)}{2} = \frac{ip_1V_1(\alpha^2-1)}{2}$$

$A = \frac{(p_1+p_2)(V_2-V_1)}{2}$; $A$ - работа газа на 1→2. Она равна площади под графиком. Записана формула площади трапеции

$$A = \frac{(p_1 + \alpha p_1)(\alpha V_1 - V_1)}{2} = \frac{p_1 V_1 (1+\alpha)(\alpha - 1)}{2} = \frac{p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{2}$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{i p_1 V_1 (\alpha^2-1) \cdot 2}{2 p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)} = i = 3; \quad \frac{\Delta V}{A}$$ – искомое отношение

$\eta = \frac{A_0}{Q_+}$; $A_0$ – работа газа за цикл, площадь треугольника 123 на графике

$Q_+$ – количество теплоты, полученное газом за цикл; $\eta$ – КПД цикла

$$A_0 = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2} = \frac{(\alpha V_1 - V_1)(\alpha p_1 - p_1)}{2} = \frac{V_1 p_1 (\alpha - 1)^2}{2}$$

Газ получает теплоту только на $1 \to 2$, т. к. $A_{1\to 2} > 0$ и $\Delta U_{1 \to 2} > 0$.

$Q_+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$ первый закон термодинамики

$$Q_+ = \frac{p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{2} + \frac{i p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{2} = \frac{p_1 V_1 (\alpha^2-1)(i+1)}{2}$$

$$\eta = \frac{V_1 p_1 (\alpha - 1)^2 \cdot 2}{2 p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)(i+1)} = \frac{(\alpha - 1)^2}{(\alpha-1)(\alpha+1)(i+1)} = \frac{\alpha - 1}{(\alpha+1)(i+1)}$$

$$\eta(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{(\alpha+1)(i+1)} \ominus \cancel{\frac{d\eta}{d\alpha} = (\alpha+1)(i+1)} \ominus \frac{\alpha - 1}{\alpha i + \alpha + i + 1}$$

$$\frac{d\eta}{d\alpha} = \frac{(\alpha i + \alpha + i + 1) - (i+1)(\alpha - 1)}{(\alpha+1)^2 (i+1)^2} \qquad \frac{d\eta}{d\alpha} = 0 \Leftrightarrow \alpha i + \alpha + i + 1 - (\alpha i - i + \alpha - 1) = 0$$

т. к. $\alpha \neq -1$. $\alpha i + \alpha + i + 1 - \alpha i + i - \alpha + 1 = 0$; $\quad 2i + 2 = 0$

$\frac{d\eta}{d\alpha}$ $+$ $\xrightarrow{\alpha}$ $\eta(\alpha)$ – возрастающая

$$\eta(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{(\alpha+1)(i+1)}$$

$\lim\limits_{\alpha \to \infty} \eta(\alpha) \Rightarrow \eta(\alpha) = \frac{1}{i+1} = \frac{1}{4} = \eta_{max}$ – максимально возможный КПД

Ответ: $\frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$, $\frac{\Delta V}{A} = 3$, $\cancel{\eta_{max} = 0{,}25}$ $\eta_{max} = 0{,}25$

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 4

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3

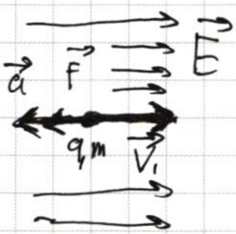
Дано:
$d$
$U$
$V_1$
$0{,}2d$
$\gamma$-?
$T$-?
$V_0$-?

Решение:

$E = \frac{U}{d}$; $E$ - напряжённость электрического поля конденсатора

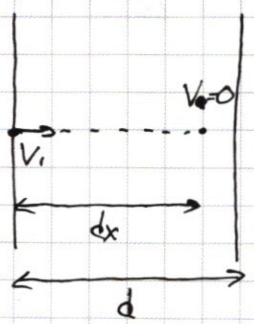
$F = Eq = \frac{Uq}{d}$ $F$ - сила, действующая на частицу, $q$ - заряд частицы

Вектор напряжённости $\vec{E}$ сонаправлен с вектором силы $\vec{F}$, действующей на положительно заряженную частицу. Заряд частицы $q<0$ и сила $F<0$ (в проекции на ось, направленную по $\vec{V_1}$), частица тормозит. Поэтому в формуле $F = Eq$ знак не учтён




$\vec{F} = m\vec{a}$. Второй закон Ньютона

$a = \frac{F}{m} = \frac{Uq}{dm}$ $m$ - масса частицы; $a$ - ускорение частицы




$a = \frac{V_1^2}{2d_x}$; $d_x$ - расстояние, пройденное частицей в электрическом поле. Использовано свойство обратимости движения по времени

$d_x = (d - 0{,}2d) = 0{,}8d$

$\frac{Uq}{dm} = \frac{V_1^2}{1{,}6d}$; $\frac{Uq}{m} = \frac{V_1^2}{1{,}6}$; $\frac{q}{m} = \frac{V_1^2}{1{,}6U}$; $\frac{|q|}{m} = \frac{q}{m} = \gamma$, т.к. отрицательный заряд ($q<0$) использовался ранее в решении $\gamma = \frac{V_1^2}{1{,}6U}$

$\Delta t = \frac{V_1}{a} = \frac{V_1 \cdot 2d_x}{V_1^2} = \frac{2 \cdot 0{,}8d}{V_1} = \frac{1{,}6d}{V_1}$ $\Delta t$ - время от попадания частицы в конденсатор до ее остановки. Движение обратимо по времени, поэтому $T = 2\Delta t$, $T$ – искомое время

$T = \frac{2 \cdot 1{,}6d}{V_1} = \frac{3{,}2d}{V_1}$

После вылета из конденсатора частицы её скорость продолжит ~~~~, ~~т.к.~~ изменяться, т.к. электрическое поле конденсатора не ограничивается сетками. Скорость будет падать, т.к. отрицательно заряженная ~~~~ сетка находится ближе к частице. Напряжённость поля непосредственно у сетки: $E_0 = \frac{U}{2d}$, потенциал поля: $\varphi = -E_0 \cdot d =$

$= -\frac{U}{2}$, т.к. ~~~~ заряд сетки ~~~~ $q_c < 0$. На бесконечном удалении $\varphi_0 = 0$.

$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0 = -\frac{U}{2}$; – разность потенциалов

$A = \Delta\varphi q = -\frac{Uq}{2}$ – работа поля

$A = |\Delta E_k|$ – изменение кинетической энергии. ЗСЭ.

$\frac{m\Delta v^2}{2} = \left|-\frac{Uq}{2}\right|$, $m\Delta v^2 = |-Uq|$; $\Delta v^2 = \left|\frac{-Uq}{m}\right|$; $v = \sqrt{\frac{Uq}{m}}$,

Скорость уменьшится, поэтому $V_0 = V_1 - \sqrt{\frac{Uq}{m}}$; $V_1$ – скорость вылета равна скорости влёта, движение обратимо по времени

Ответ: $\gamma = \frac{V_1^2}{1{,}6U}$; $T = \frac{3{,}2d}{V_1}$; $V_0 = V_1 - \sqrt{\frac{Uq}{m}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4

| Дано: | С.И. |
|---|---|
| $E=6$ В | |
| $C=10$ мкФ | $10^{-5}$ Ф |
| $V_1=9$ В | |
| $L=0,4$ Гн | |
| $V_0=1$ В | |
| $\frac{dI}{dt}$ - ? | |
| $I_{max}$ - ? | |
| $V_2$ - ? | |

Решение:

Конденсатор и источник подключены одноимёнными полюсами. Действующее напряжение в цепи в момент замыкания ключа

$V=|V_1-E|$

$V=L\frac{dI}{dt}$, V- напряжение на катушке индуктивности. Оно равно напряжению в цепи, т.к сопротивление диода $R_D=0$. Это видно из ВАХ. При напряжении $V_0$ сила тока через него стремится к бесконечности. Заметим, что $|V_1-E|>V_0 \Leftrightarrow 3В>1В$, поэтому в момент замыкания ключа диод не будет влиять на цепь.

$\frac{dI}{dt}=\frac{V}{L}=\frac{|V_1-E|}{L}$; $\frac{dI}{dt}=7,5$ А/с

Максимальный ток $I_{max}$ будет достигнут, когда $V_c=E+U_0$, $V_c$ - заряд конденсатора.

$W_0=\frac{CV_1^2}{2}$; $W_0$ - энергия конденсатора в начале.

$W=\frac{CV_c^2}{2}=\frac{C(E+U_0)^2}{2}$ W- энергия конденсатора в момент наличия в цепи максимальной силы тока.

$\Delta W=W-W_0=\frac{C(E+U_0)^2}{2}-\frac{CU_1^2}{2}=\frac{C((E+U_0)^2-U_1^2)}{2}$ $\Delta W$-изменение энергии конденсатора

$q_0=CU_1$ $q_0$- заряд конденсатора в начальный момент

$q=CU_c=C(E+V_0)$, q- заряд конденсатора при максимальной силе тока

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$\Delta q = q - q_0 = C(E+V_0) - CU_1 = C(E+V_0 - U_1)$; $\Delta q$ − изменение заряда.

$E = \frac{A_{ст}}{\Delta q}$. Определение ЭДС. $A_{ст}$ − работа сторонних сил

$A_{ст} = \Delta q E = EC(E+V_0 - U_1)$

$W_L = \frac{LI_{max}^2}{2}$; $W_L$ − энергия магнитного поля катушки индуктивности во время протекания максимального тока

$A_{ст} = \Delta W + W_L$. Закон сохранения энергии

$$EC(E+V_0-U_1) = \frac{C((E+V_0)^2 - U_1^2)}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}; \quad \frac{LI_{max}^2}{2} = EC(E+V_0-U_1) - \frac{C((E+V_0)^2-U_1^2)}{2} \ominus$$

$$= \frac{2CE^2 - 2CEU_1 - CE^2 + CU_1^2}{2} = \frac{CE^2 - 2CEU_1 + CU_1^2}{2} = \frac{C(E^2 - 2EU_1 + U_1^2)}{2} =$$

$$= \frac{C(E-U_1)^2}{2}; \quad LI_{max}^2 = \frac{2C(E-U_1)^2}{2} = C(E-U_1)^2; \quad I_{max}^2 = \frac{C(E-U_1)^2}{L}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C(E-U_1)^2}{L}} = (E-U_1)\sqrt{\frac{C}{L}}; \quad I_{max} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ A$$

$$\ominus \frac{2CE(E+V_0-V_1) - C((E+V_0)^2 - V_1^2)}{2} = \frac{2CE^2 + 2CEV_0 - 2CEV_1 - C(E^2 + 2EV_0 + V_0^2 - V_1^2)}{2} =$$

$$= \frac{2CE^2 + 2CEV_0 - 2CEV_1 - CE^2 - 2CEV_0 - CV_0^2 + CV_1^2}{2} =$$

$$= \frac{CE^2 - 2CEV_1 - CV_0^2 + CV_1^2}{2} = \frac{C(E^2 - 2EV_1 - V_0^2 + V_1^2)}{2}$$

$$LI_{max}^2 = \frac{2C(E^2 - 2EV_1 - V_0^2 + V_1^2)}{2} = C(E^2 - 2EV_1 - V_0^2 + V_1^2)$$

$$I_{max}^2 = \frac{C(E^2 - 2EV_1 - V_0^2 + V_1^2)}{L}; \quad I_{max} = \sqrt{\frac{C(E^2 - 2EV_1 - V_0^2 + V_1^2)}{L}}; \quad I_{max} = (\sqrt{2} \cdot 10^{-2})\ A$$

$I_{max} \approx 1{,}41 \cdot 10^{-2}$ A

Если $V_c - E < V_0$ ток в цепи не течёт. После этого энергия накопленная в катушке индуктивности перейдёт обратно в энергию конденсатора. После чего цикл повторится. Через большое кол-во повторений $V_c = E + V_0$; $V_c = 7$ В. Ответ: $\frac{dI}{dt} = 7{,}5$ А/с; $I_{max} = 1{,}41 \cdot 10^{-2}$ А; $V_2 = V_c = 7$ В.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

**Дано:**

$F$

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

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

$V$

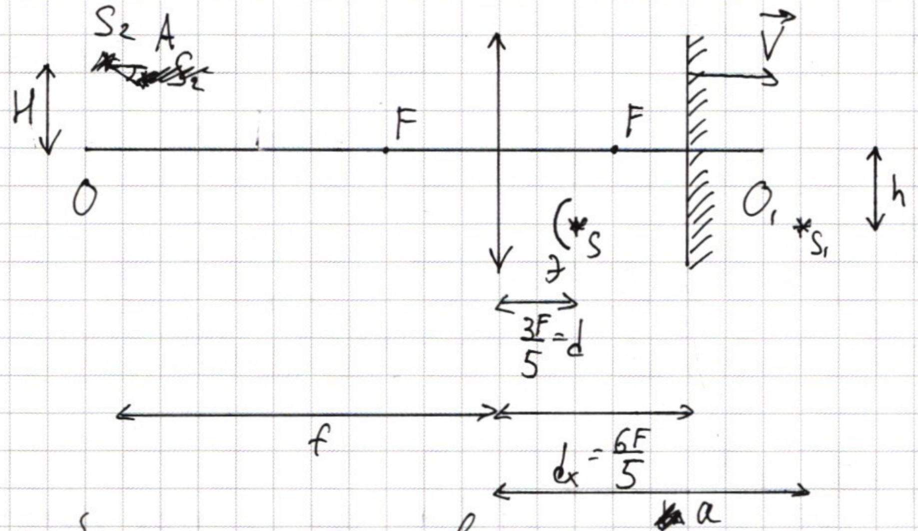
$d_x = \frac{6F}{5}$

$f - ?$

$\alpha - ?$

$v - ?$

**Решение**




$S_1$ - изображение источника в зеркале

$a = d + 2(d_x - d)$; $a$ - расстояние от $S_1$ до линзы.

$a = d + 2d_x - 2d = 2d_x - d = \frac{2\cdot 6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{12F - 3F}{5} = \frac{9F}{5}$

$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Формула тонкой линзы для данной ситуации. $S_1$ - источник для линзы

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{Fa}$; $f = \frac{aF}{a-F}$; $f = \frac{9F^2}{5\left(\frac{9F}{5} - F\right)} = \frac{9F^2}{5\left(\frac{9F-5F}{5}\right)} = \frac{9F^2}{9F-5F} = \frac{9F^2}{4F} =$

$= \frac{9F}{4}$; $f = \frac{9F}{4}$

Для нахождения угла $\alpha$ движения изображения найдём зависимость $H(f)$ и продифференцируем её по $f$

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{a}$; $H$ - расстояние от $S_2$ до $OO_1$; $\Gamma$ - увеличение

$H=\frac{hf}{a}=\frac{hf(f-F)}{fF}=\frac{h(f-F)}{F}$, т.к. $a=\frac{fF}{f-F}$ по формуле тонкой линзы

$H(f)=\frac{h(f-F)}{F}$; $\frac{dH}{df}=\frac{hF}{F^2}=\frac{h}{F}$; $\frac{dH}{df}=tg\alpha$

$tg\alpha=\frac{h}{F}=\frac{8F}{15F}=\frac{8}{15}$; $tg\alpha=\frac{8}{15}$

Найдём скорость вдоль оси $OO_1$ (проекцию скорости на эту ось)

$f=\frac{aF}{a-F}$ $\quad \frac{df}{dt}=\frac{2VF(a-F)-2VaF}{(a-F)^2}$ $\quad \frac{a}{dt}=2V$, с такой скоростью движется $S_1$.

$\frac{df}{dt}=v_x$ $\quad v_x=\frac{2VF\left(\frac{9F}{5}-F\right)-2V\cdot\frac{9F^2}{5}}{\left(\frac{9F}{5}-F\right)^2}=$

$=\frac{2VF\left(\frac{9F-5F}{5}\right)-\frac{18VF^2}{5}}{\left(\frac{9F-5F}{5}\right)^2}=\frac{\frac{2VF\cdot4F-18VF^2}{5}}{\left(\frac{4F}{5}\right)^2}=\frac{(8VF^2-18VF^2)\cdot25}{5\cdot16F^2}=$

$=\frac{5\cdot(-10VF^2)}{16F^2}=\frac{-50VF^2}{16F^2}=-\frac{25V}{8}$ $\quad v_x<0$, т.к. $S_1$ и $S_2$ движутся в разные стороны

$|v_x|=\frac{25V}{8}$; $\quad v_y=|v_x|\,tg\alpha$; $\quad v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{\left(\frac{25V}{8}\right)^2+\left(\frac{25V\,tg\alpha}{8}\right)^2}=$

$v_y$ - вертикальная проекция скорости

$=\frac{25V}{8}\sqrt{1-tg^2\alpha}=\frac{25V}{8}\sqrt{1-\frac{8^2}{15^2}}=\frac{25V}{8}\sqrt{\frac{161}{225}}\approx\frac{65V}{24}$

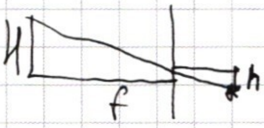
Ответ: $f=\frac{9F}{4}$; $tg\alpha=\frac{8}{15}$; ~~25V~~ $v\approx\frac{65V}{24}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Gamma =$ $\cancel{\Gamma = \frac{d}{F}}$ $\Gamma = \frac{f}{d}$ $H = \frac{hf - hF}{F}$




$\frac{H}{h} = \frac{f}{a}$ $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \frac{tg(\alpha)}{\sin} = \frac{dH}{df} = \frac{(f-F)F}{F^2} = \frac{(f-F)}{F} =$

$H = \frac{fh}{d}$

$a = 2d_x - d = 2d_x - \frac{3F}{5} = \frac{10d_x - 3F}{5}$ $\frac{f-F}{F} = \frac{\frac{9F}{4} - F}{F} = \frac{9F-4F}{4F} = \frac{5}{4}$

$f = \frac{aF}{a-F} = \frac{(10d_x-3F)F}{5\left(\frac{10d_x-3F}{5} - F\right)} = \frac{(10d_x-3F)F}{5\left(\frac{10d_x-3F-5F}{5}\right)} = \frac{(10d_x-3F)F}{10d_x-8F}$

$H = \frac{fh}{d} = \frac{(10d_x-3F)F\cdot 8F \cdot 5}{(10d_x-8F)\cdot \frac{15}{3}\cdot 3F} = \cancel{(10d_x)} \frac{(10d_x-3F)F\cdot 8}{9(10d_x-8F)}$

$H = \frac{hf - HF}{F}$

$\frac{H}{f} = tg\alpha = \frac{8(10d_x-3F)F}{9(10d_x-8F)}$

$\frac{h}{F} = \frac{8}{15}$ $\frac{H}{f} = \frac{h}{d} = \sin(\alpha)$ !!! $\frac{dH}{df} = \frac{hF}{F^2} = \frac{h}{F}$

$H(f) - ?$ $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ $H = \frac{hf}{d} = \frac{h\cancel{f}(f-F)}{\cancel{f}F} = \frac{h(f-F)}{F}$

$\cancel{d(f)} - ?$ $d(f)$

$a = \frac{fF}{f-F}$ $\frac{1}{a} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{f-F}{fF}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

X

$v = \Gamma^2 \cdot 2V$

$2V$

$\frac{1}{f} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{aF}$ $f = \frac{aF}{a-F}$ $\cancel{\frac{df}{dt} = 2V(a-F)}$

$\frac{df}{dt} = \frac{\frac{da}{dt} F}{\frac{da}{dt} F}$ $\frac{da}{dt} = 2V$ $v = \frac{2VF}{2F}$

$\frac{df}{dt} = \frac{2VF(a-F) - 2VaF}{(a-F)^2}$

E

$\varphi = Ed$

$v =$

$0{,}5d$

$A = \varphi q = Edq = Vq$

$s'$

$\frac{m v^2}{2} = Vq$ $\frac{1}{\frac{df}{dt}} + \frac{1}{\frac{da}{dt}} = \frac{1}{F}$

25 × 25 = 125 + 50 = 625

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

$F =$

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

$\Delta v^2 = \frac{2Vq}{m}$

$\Delta v = \sqrt{\frac{2Vq}{m}}$

$\frac{1}{v} + \frac{1}{2V} = \frac{1}{F}$

$kq = \frac{Ed}{4}$

$\frac{1}{v} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2V} = \frac{2V-F}{2VF}$ $q = \frac{Ed}{4k}$

$v = \frac{2VF}{2V-F}$

$\sqrt{\frac{625V^2}{64} - \frac{625V^2 tg^2\alpha}{64}} =$

$\varphi = \frac{kq}{r} = \frac{2k\, Ed}{d\, 4k} = \frac{E}{2}$

$\frac{13}{15}$ $= \sqrt{\frac{625V^2(1-tg^2\alpha)}{64}}$ $\varphi = \frac{E}{2}$

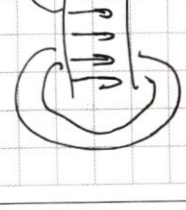
$\varphi = Ed$

$\frac{25V}{8} \cdot \frac{13}{15} = \frac{65V}{24}$

$1 - \frac{64}{225} =$ 225 − 64 = 161

$q = \frac{V}{4k}$

$\varphi = \frac{2kq}{d}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

Дано: $v = 2$ м/с; $m = 0{,}4$ м; $R = 1{,}9$ м; $l = \frac{17R}{15}$; $\cos\alpha = \frac{4}{5}$; $\cos\beta = \frac{8}{17}$; $v_1 - ?$; $v_2 - ?$; $T - ?$

С.И.

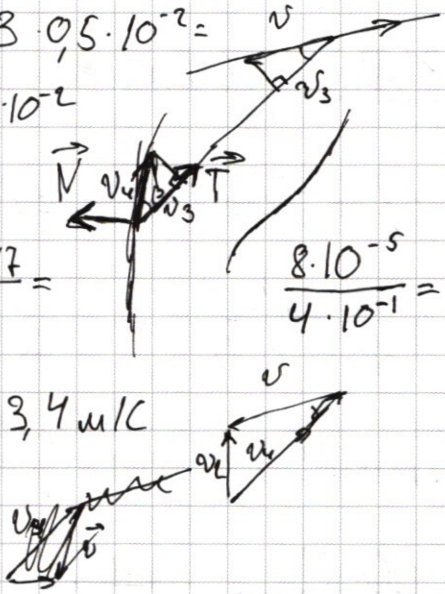
Решение: $(9-6)\sqrt{\frac{10^{-5}}{4\cdot10^{-1}}} = 3\sqrt{0{,}25\cdot10^{-4}} = 3\cdot0{,}5\cdot10^{-2} =$ $1{,}5\cdot10^{-2}$

$v_3 = v\cos\alpha$

$v_4 = \frac{v_3}{\cos\beta} = \frac{v\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{2\cdot4\cdot17}{5\cdot8} = \frac{4\cdot17}{5\cdot4} = \frac{17}{5} = \frac{34}{10} = 3{,}4$ м/с

$\vec{v}_2 = \vec{v}_4 - \vec{v}$

$v_2 = \sqrt{v_4^2 + v^2 - 2vv_4\cos\gamma} =$



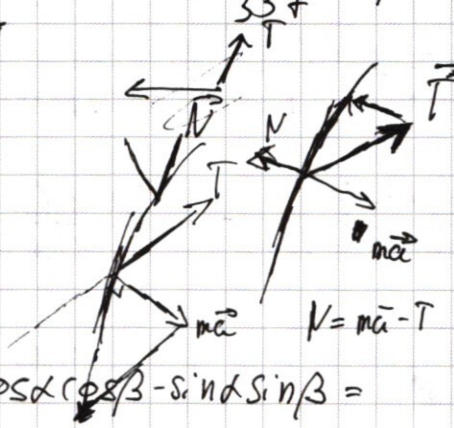
$17 \cdot 17 = 119 + 17 = 289$; $289 - 64 = 225$

$\frac{2\cdot4\cdot17}{5\cdot8} = \frac{4\cdot17}{4\cdot5} = \frac{17}{5} = \frac{34}{10}$

$\frac{8\cdot10^{-5}}{4\cdot10^{-1}} = 2\cdot10^{-4}$ $= \sqrt{2}\cdot10^{-2}$ $1{,}41\cdot10^{-2}$

$389 - 52 = 337$

$N = m\vec{a} - T$



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

$= \frac{4\cdot8}{5\cdot17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{32-35}{5\cdot17} = \frac{-3}{5\cdot17}$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$ $\sin\beta = \sqrt{1-\frac{8^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{17^2-8^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{(17-8)(17+8)}{17^2}} = \frac{\sqrt{9\cdot25}}{17} = \frac{3\cdot5}{17} = \frac{15}{17}$

$v_2 = \sqrt{3{,}4^2 + 2^2 + \frac{2\cdot3{,}4\cdot2\cdot3}{5\cdot17}} = \sqrt{\left(\frac{17}{5}\right)^2 + 4 + \frac{2\cdot17\cdot2\cdot3}{5\cdot5\cdot17}} = \sqrt{\frac{289}{25} + 4 + \frac{12}{25}} =$

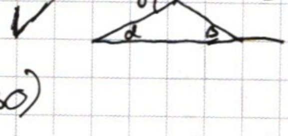
$= \sqrt{\frac{301+100}{25}} = \sqrt{\frac{401}{25}} = \frac{\sqrt{401}}{5}$

$6^2 - 2\cdot6\cdot9 - 1^2 + 9^2 = 36 - 12\cdot9 - 1 + 81 =$

$= 36 - 108 + 80 =$

$= 80 - 72 =$

$8$



$N = ma = \frac{mv^2}{R}$

$m\vec{a} = \vec{T} + \vec{N}$

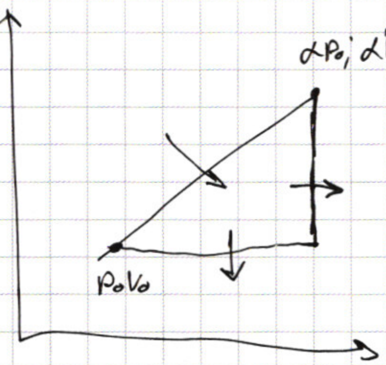
$\vec{T} = m\vec{a} - \vec{N}$

$\cos\gamma = \cos(30+30)$

$\cos\gamma = \cos^2 30 - \sin^2 30 = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)




$C_v = \frac{iR}{2}$

$C_p = \frac{(i+2)R}{2}$

$\frac{C_v}{C_p} = \frac{iR\,2}{2(i+2)R} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{3+2} = \frac{3}{5}$

$U = LI'$

$U_1 - E = LI'$

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

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

$F = Eq$

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T = \frac{i}{2}(\alpha p_0 \alpha V_0) \quad \frac{i}{2}(\alpha p_0 \alpha V_0 - p_0 V_0) = \frac{i}{2} p_0 V_0(\alpha^2 - 1)$

$\frac{3}{0{,}4} = \frac{30}{4} = \frac{15}{2} = 7{,}5$

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

$= \frac{p_0 V_0(\alpha^2 - 1)}{2} \quad \frac{\Delta U}{A} = \frac{i\, p_0 V_0(\alpha^2-1)\,2}{2\,p_0 V_0(\alpha^2-1)} = i = 3$

$A = qU$

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(\alpha V - V)(\alpha p - p)}{2\left(\frac{p_0 V_0(\alpha^2-1)}{2} + i p_0 V_0(\alpha^2-1)\right)} = \frac{(\alpha V - V)(\alpha p - p)}{p_0 V_0(\alpha^2-1)(1+i)} =$

$= \frac{Vp(\alpha-1)^2}{p_0 V_0(\alpha^2-1)(1+i)} = \frac{(\alpha-1)(\alpha-1)}{(\alpha-1)(\alpha+1)(i+1)} = \frac{\alpha-1}{4(\alpha+1)}$

$\frac{\alpha-1}{4\alpha+4} \quad \frac{(\alpha-1)(\alpha+1)}{(\alpha-1)(\alpha-1)}$

$E\ [В/м]$

$3\ В$

$\frac{d}{d\alpha} = \frac{4\alpha+4-4\alpha+4}{} \quad \alpha-1$

$E = \frac{U}{d} \quad (1+\alpha)(\alpha$

$\frac{0-1}{41} = \frac{-1}{4} =$

F

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

$(\alpha+1)(\alpha-1) = \alpha^2 - 1$

$= \frac{2k\,dU}{4kd} = \frac{U}{2}$

q

$p_1 V_1\ (\alpha-1)(\alpha-1)$

$\frac{\alpha-1}{4(\alpha+1)} \quad \frac{2-1}{4(2+1)} = \frac{1}{4\cdot 3} = \frac{1}{12}$

$\frac{100-1}{4(100+1)} = \frac{99}{404}$

$\frac{3-1}{4(3+1)} = \frac{2}{4\cdot 4} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$

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

$r = 0{,}5d \quad F$

$E = \frac{U}{d} \quad F = Eq \quad \frac{U}{d} = \frac{4kq}{d^2} \quad U = \frac{4kq}{d}$

$q = \frac{dU}{4k} \quad 4kq = dU$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)