# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

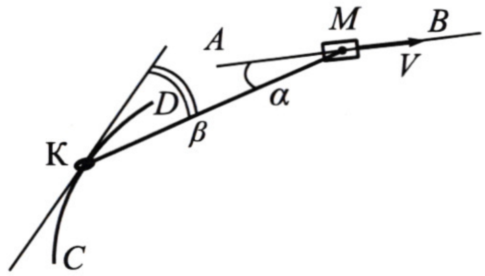
## Вариант 11-04

Шифр 9.29

(заполняется секретарём)

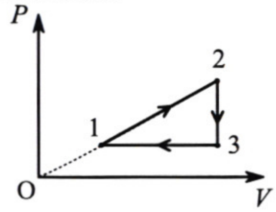
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

**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.



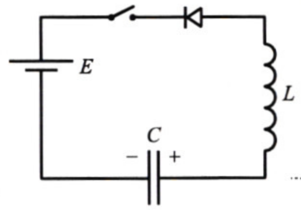

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

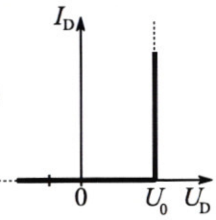
**3.** Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния $d$ между обкладками. Напряжение на конденсаторе $U$. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью $V_1$ и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
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.

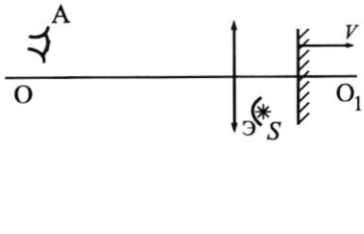
**4.** В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0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

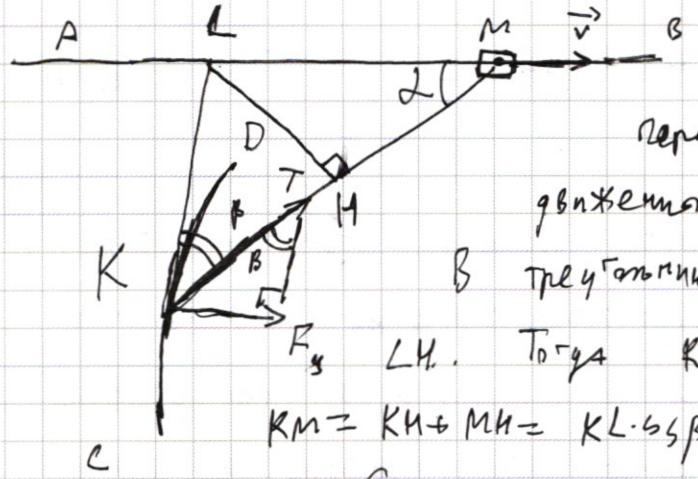
**5.** Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием $F$, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника $S$ может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси $OO_1$ линзы.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

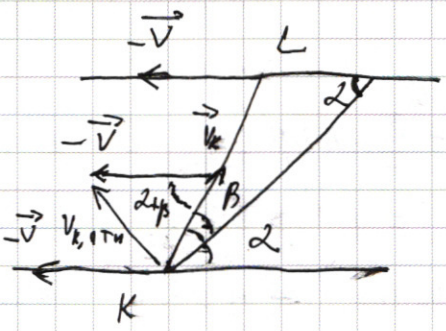
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.




1) Построим точку $L$ как пересечение направления движения кольца с проволокой $AB$. В треугольнике $KLM$ проведём высоту $LH$. Тогда $KH = KL \cdot \cos\beta$, $MH = ML \cdot \cos\alpha$ и $KM = KH + MH = KL \cdot \cos\beta + LM \cdot \cos\alpha$ (1) Пусть $V_k$ – скорость кольца. Спустя малый промежуток времени $\Delta t$ муфта сдвинется на $V \cdot \Delta t$, кольцо на $V_k \cdot \Delta t$ и тогда будет верно $KM = (KL - V_k \Delta t) \cdot \cos\beta + (LM + V \cdot \Delta t) \cdot \cos\alpha$ (2)

Вычитая из (2) равенство (1) получим $-V_k \cdot \Delta t \cdot \cos\beta + V \cdot \Delta t \cdot \cos\alpha = 0$, откуда $V_k = \dfrac{V \cdot \cos\alpha}{\cos\beta} = 3{,}4\ \dfrac{м}{с}$.




2). Поскольку $\alpha$ и $\beta$ – острые углы, то $\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \dfrac{3}{5}$, $\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \dfrac{15}{17}$

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

$= \dfrac{8}{17} \cdot \dfrac{4}{5} - \dfrac{3}{5} \cdot \dfrac{15}{17} = \dfrac{32-45}{5 \cdot 17} = \dfrac{-13}{85}$. Из треугольника скоростей (см. выше) находим по теореме косинусов $V_{k,отн} = \sqrt{V^2 + V_k^2 - 2 \cdot V \cdot V_k \cdot \cos(\alpha+\beta)}$

$= \sqrt{\left(2\frac{м}{с}\right)^2 + \left(3{,}4\frac{м}{с}\right)^2 - 2 \cdot 2\frac{м}{с} \cdot 3{,}4\frac{м}{с} \cdot \left(\frac{-13}{85}\right)} = 4{,}2\ \dfrac{м}{с}$, где $V_{k,отн}$ – скорость кольца относительно шайбы.

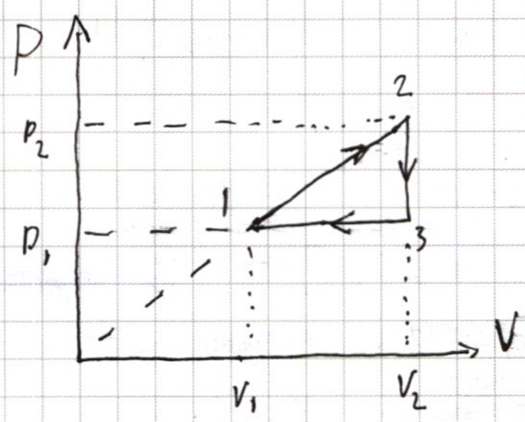
3) Разложим силу натяжения троса на радиальную и тангенциальную составляющие. Тангенциальная не может влиять

на движение кольца (проволока кривая!) а радиальная создаёт центростремительную силу. Как видно из рисунка, при этом

$T = \frac{F_ц}{\sin\beta} = \frac{m\cdot V_к^2}{R\cdot \sin\beta} = \frac{0{,}4\text{ кг}\cdot (3{,}4\frac{м}{с})^2}{1{,}9\text{ м}\cdot \frac{15}{17}} \simeq 2{,}76\text{ Н}$, где $F_ц$ – центростремительная сила действующая на кольцо, $T$ – сила натяжения троса.

Ответ: 1) $V_к = 3{,}4\ \frac{м}{с}$, 2) $V_{к,отн} = 4{,}2\ \frac{м}{с}$, 3) $T \simeq 2{,}76$ Н.

№2.




1). Сразу заметим, что температура возрастала только на участке 1-2, на участках 2-3 и 3-1 она убывала. Поскольку это изобара и изохора соответственно, то искомое отношение равно $\frac{C_p}{C_V} = \gamma = \frac{5}{3}$, где $C_p$ – молярная теплоёмкость в изобарном процессе, $C_V$ – молярная теплоёмкость в изохорном процессе, $\gamma$ – показатель адиабаты, равный для одноатомного идеального газа $\frac{5}{3}$.

2). Для идеального одноатомного газа $\Delta U = \frac{3}{2}\cdot \nu R \cdot \Delta T = \frac{3}{2}\cdot \Delta(pV)$. В процессе 1-2 $p = \alpha\cdot V$, $\alpha$ – константа. Тогда $\Delta(pV) = p_2V_2 - p_1V_1 = \alpha\cdot V_2^2 - \alpha\cdot V_1^2 = \alpha\cdot(V_2^2 - V_1^2)$, где $p_i$, $V_i$ – давление и объём газа в состоянии $i$. Работу найдём геометрически как площадь трапеции $V_1 - 1 - 2 - V_2 - V_1$:

$A_{12} = \frac{p_1+p_2}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha\cdot V_1 + \alpha\cdot V_2}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}\cdot(V_2^2 - V_1^2)$. Изменение внутренней энергии равно $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\cdot\Delta(pV) = \frac{3}{2}\cdot\alpha\cdot(V_2^2 - V_1^2)$. Отсюда

$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{3}{1}$

3) На участке 1-2 газ получил количество теплоты

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2}\cdot\alpha(V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{2}\cdot\alpha(V_2^2 - V_1^2) = 2\cdot\alpha\cdot(V_2^2 - V_1^2)$.

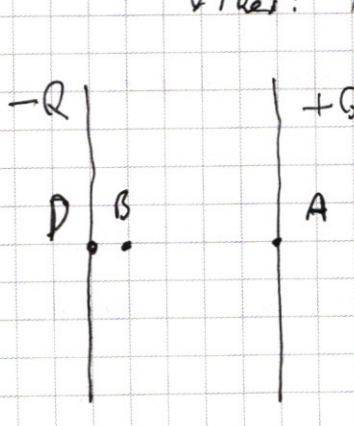
На участке 2-3 газ работу не совершал, а внутренняя энергия его убывала, значит он отдавал теплоту.

На участке 3-1 газ совершал отрицательную работу и отдавал теплоту, ибо и внутренняя энергия его убывала.

Итого за весь цикл газ получил количество теплоты $Q_+ = Q_{12} = 2\cdot\alpha\cdot(V_2^2 - V_1^2)$. Работу за цикл найдём как площадь треугольника 1-2-3; $A_{цикл} = \frac{p_2 - p_1}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha V_2 - \alpha V_1}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}\cdot(V_2 - V_1)^2$. К.П.Д. равен работе за цикл, делённой на количество полученной за цикл теплоты: $\eta = \frac{A_{цикл}}{Q_+} = \frac{\frac{\alpha}{2}\cdot(V_2 - V_1)^2}{2\cdot\alpha\cdot(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4}\cdot\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \le \frac{1}{4}$. Предельно возможный К.П.Д. равен $\frac{1}{4}$, равенство достигается когда точка 1 совпадёт с началом координат, то есть никогда (третий закон термодинамики не позволяет.).

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$; 2) $\frac{3}{1}$; 3) $\frac{1}{4}$

№3.




1) Сразу заметим, что заряд частицы отрицательный; она не достигла отрицательно заряженной обкладки из-за электростатического отталкивания. Пусть A, B, D точки на оси конденсатора; A — точка влёта частицы,

B – точка остановки. Напряжённость поля внутри конденсатора $E = \frac{\varphi_A - \varphi_D}{AD} = \frac{U}{d}$, здесь $\varphi_A$ и $\varphi_D$ – потенциалы точек A и D, $\varphi_B$ – потенциал в B. Поскольку поле однородное, то $\varphi_A - \varphi_B = E \cdot AB =$
$= \frac{U}{d}(AD - BD) = \frac{U}{d} \cdot (d - 0{,}2d) = 0{,}8 \cdot U$. По закону сохранения энергии $-\frac{mV_1^2}{2} = (\varphi_A - \varphi_D) \cdot q$, где m – масса частицы. Поскольку $q < 0$, то отсюда получим $\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{-q}{m} = \frac{V_1^2}{2 \cdot (\varphi_A - \varphi_B)} = \frac{V_1^2}{2 \cdot 0{,}8U} = \frac{V_1^2}{1{,}6U}$

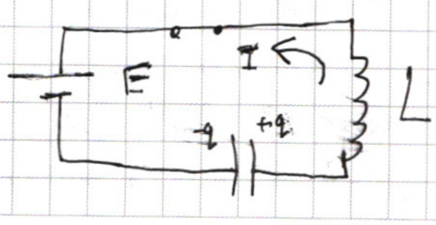
2). На частицу действует постоянная сила $F = E \cdot |q| = \frac{U|q|}{d}$.
Ускорение частицы $a = \frac{F}{m} = \frac{U}{d} \cdot \frac{|q|}{m} = \frac{U}{d} \cdot \gamma$. Расстояние $AD = 0{,}8d$ она преодолеет за $T = \sqrt{\frac{2 \cdot AD}{a}}$, ибо $\frac{a \cdot T^2}{2} = AD$. Значит
$T = \sqrt{\frac{1{,}6d}{a}} = \sqrt{\frac{1{,}6d^2}{U \cdot \gamma}} = \frac{1{,}6d}{V_1}$

3) Частица, очевидно, вылетит с такой же скоростью $V_1$ с какой влетела. Поскольку вне конденсатора поля нет, на бесконечности она будет иметь ту же скорость, то есть $V_0 = V_1$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{V_1^2}{1{,}6 \cdot U}$; 2) $T = \frac{1{,}6 \cdot d}{V_1}$; 3) $V_0 = V_1$

№4.

Видно, что при напряжении выше порогового диод работает как идеальный проводник. Исходная схема тогда будет эквивалентна такой:




Выберем положительное направление тока против часовой стрелки, и обозначим заряд на правой обкладке конденсатора

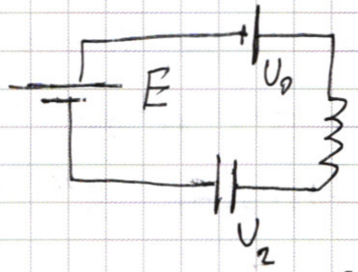
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

как $+q$. Тогда $I = -q'$ и $E_{инд} = -L\cdot I' = L\cdot I''$, где $E_{инд}$ – ЭДС индукции в катушке. По второму правилу Кирхгофа $-E + L\cdot q'' = -\frac{q}{C}$. Заменой $q = Q + C\cdot E$ это уравнение приводится к виду $Q'' = -\frac{Q}{LC}$. Отсюда $Q = A\cdot\sin(\omega t+\varphi_0)$, где $\omega = \frac{1}{\sqrt{L\cdot C}} = 500\ c^{-1}$. Возвращаясь к старым переменным, находим $q = A\cdot\sin(\omega t+\varphi_0) + C\cdot E$, $I = -A\cdot\omega\cdot\cos(\omega t+\varphi_0)$, $I' = A\cdot\omega^2\cdot\sin(\omega t+\varphi_0)$. Начальные условия: $q(0) = C\cdot U_1$, $I(0) = 0$. отсюда $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$; $A = CU_1 - CE$. Значит $q = (CU_1 - CE)\cdot\cos\omega t + C\cdot E$, $I = +A\cdot\omega\cdot\sin\omega t$,

$$I' = A\cdot\omega^2\cdot\cos\omega t = (CU_1 - CE)\cdot\frac{1}{LC}\cdot\cos\omega t = \frac{U_1-E}{L}\cdot\cos\omega t.$$

1) $I'(0) = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{9B - 6B}{0,4\ Гн} = 7,5\ \frac{A}{c}$

Эквивалентная схема для установившегося режима:

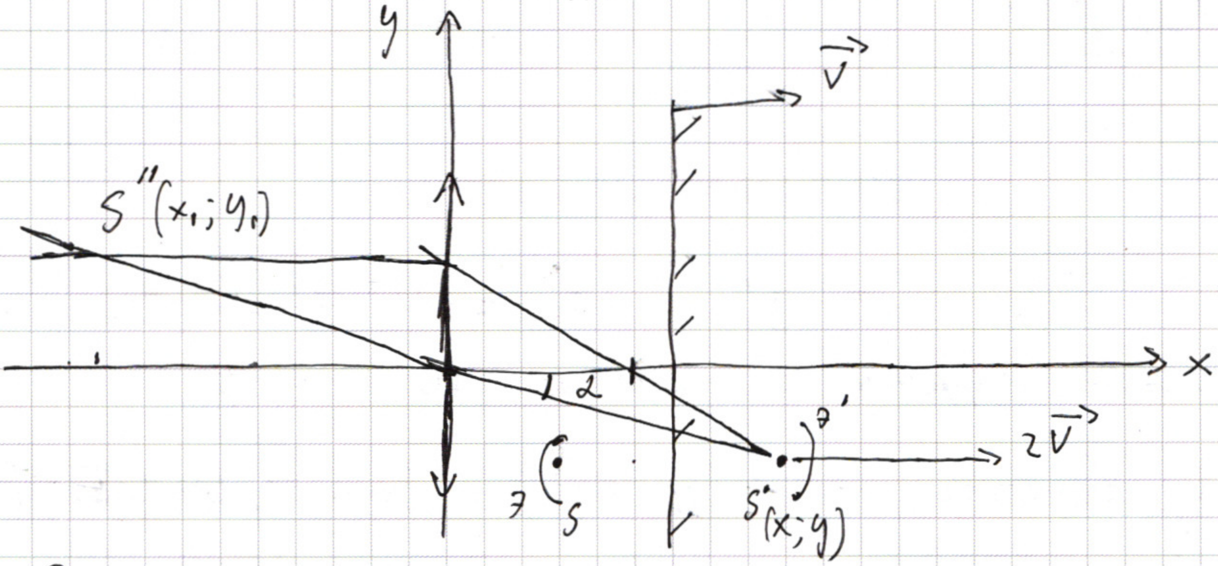



откуда сразу $U_2 = E + U_0 = 6B + 1B = 7B$. Система выйдет в режим, когда напряжение на конденсаторе $U = \frac{q}{C} = (U_1 - E)\cdot\cos\omega t + E$ станет равно $U_2$, то есть $3\cdot\cos\omega t + 6 = 7$, откуда $\cos\omega t = \frac{1}{3}$. и $\sin\omega t = \frac{\sqrt{8}}{3}$. Очевидно, что в этот момент ток будет максимален, а потом скачком исчезнет:

$$I_{max} = A\cdot\omega\cdot\sin(\omega t) = C\cdot(U_1 - E)\cdot\omega\cdot\frac{\sqrt{8}}{3} = 10\ мкФ\cdot 3B\cdot 500\ c^{-1}\cdot\frac{\sqrt{8}}{3} \approx 0,014\ A.$$

Ответ: 1) $I'(0) = 7,5\ \frac{A}{c}$; 2) $I_{max} \approx 0,014\ A$; 3) $U_2 = 7B$.

№5.




Введем систему координат как показано на рисунке, отсчёт времени начнём когда зеркало на расстоянии $\frac{6}{5}\cdot F$ от линзы. В этот момент источник находится на расстоянии $\frac{6}{5}F-\frac{3}{5}F=\frac{3}{5}\cdot F$ от зеркала, а отражение на расстоянии $\frac{6}{5}F+\frac{3}{5}F=\frac{9}{5}\cdot F$ от линзы. И сам источник и отражение удаляются от поверхности зеркала со скоростью V, значит само отражение удаляется от линзы со скоростью $2\cdot V$. Его координаты $x$, $y$ зависят от времени так:

$x(t)=\frac{9}{5}\cdot F+2V\cdot t$, $y(t)=-\frac{8}{15}\cdot F$. Наблюдатель увидит изображение такое же, как если бы ~~в~~ зеркала не было, а в точке $S'$ был источник. Обозначим изображение, которое видит наблюдатель, как $S''$. и $x_1$, $y_1$ – координаты $S''$. По формуле тонкой линзы $\frac{1}{-x_1}+\frac{1}{x(t)}=\frac{1}{F}$ (здесь учтено, что $x_1<0$) Тогда $x_1=\frac{F\cdot x(t)}{F-x(t)}$. Из чертежа видно, что $tg\,\alpha=\frac{x(t)}{y(t)}=\frac{x_1}{y_1}$. Тогда $y_1=\frac{x_1}{x(t)}\cdot y(t)=\frac{F}{F-x(t)}\cdot y(t)$.

Подставляя $x(t)=\frac{9}{5}F+2V\cdot t$, $y(t)=-\frac{8}{15}\cdot F$, получим

$x_1=-F\left(1+\frac{5F}{4F+10Vt}\right)$, $y_1=\frac{8F}{3}\cdot\frac{5F}{4F+10\cdot V\cdot t}$. Пусть

$V_x$ и $V_y$ – проекции по осям скорости изображения.

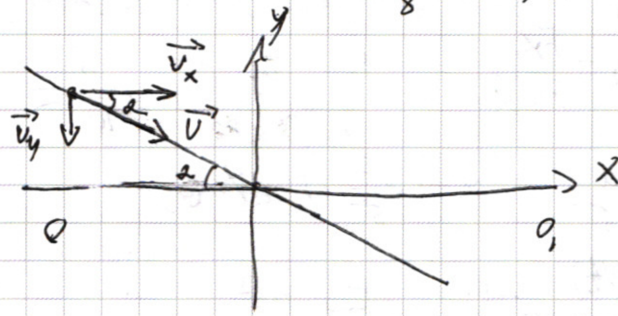
Дифференцируя, найдём: $V_x=\frac{dx_1}{dt}=\frac{50F^2}{(4F+10Vt)^2}\cdot V$,

$V_y=\frac{dy_1}{dt}=-\frac{400}{3}\cdot\frac{F^2}{(4F+10Vt)^2}\cdot V$. Теперь подставим $t=0$,

получим $x_1(0)=-\frac{9}{4}F=-2{,}25\cdot F$, то есть наблюдатель

увидит изображение источника на расстоянии $2{,}25F$ перед

линзой; $V_x(0)=\frac{25}{8}\cdot V$, $V_y(0)=-\frac{25}{3}\cdot V$.




Из чертежа слева видно, что $tg\,\alpha=\left|\frac{V_y}{V_x}\right|=\frac{8}{3}$. Полную

скорость изображения найдём

по теореме Пифагора:

$V(0)=\sqrt{V_x^2(0)+V_y^2(0)}=\sqrt{\left(\frac{25}{8}V\right)^2+\left(-\frac{25}{3}V\right)^2}=\frac{25\sqrt{73}}{24}\cdot V$

Ответ: 1) $2{,}25\cdot F$ перед линзой,

2) $\alpha=arc\,tg\frac{8}{3}$

3) $\frac{25\cdot\sqrt{73}}{24}\cdot V$, изображение движется к линзе (то есть от наблюдателя).

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

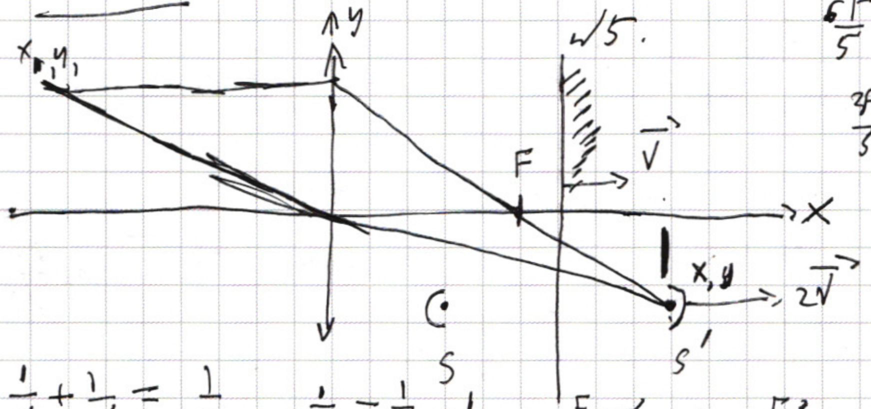
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$I_{max} = (2\cdot 10^{-5}\text{ м})\cdot(5\cdot 10^{2}\text{ с}^{-1})\cdot\frac{\sqrt{8}}{2} = 5\sqrt{8}\cdot 10^{-3}\ A = 14\cdot 10^{-3} A = 0{,}014 A.$

$\times 2{,}8284$, $5$

$5\sqrt{8} = 5\cdot 2\sqrt{2} = 10\sqrt{2} = 14{,}1$

№5.




$\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{3F}{5}$

$\frac{3F}{5} + \frac{6F}{5} = \frac{9F}{5}$

$\frac{1}{F} = \frac{5}{9F} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{4}{9F}$, $f = \frac{9}{4}F = 2{,}25F.$

$\frac{1}{-x_1} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ $\quad \frac{1}{x_1} = \frac{1}{x} - \frac{1}{F} = \frac{F-x}{Fx}$ $\quad x_1 = \frac{Fx}{F-x}$ $\quad \frac{y_1}{x_1} = \frac{y}{x}$ $\quad y = \frac{8}{15}F.$

$y_1 = \frac{y}{x}\cdot x_1 = y\cdot\frac{1}{x}\cdot\frac{F\cdot x}{F-x} = \frac{F}{F-x}\cdot y$ $\quad x = \frac{9F}{5} + 2V\cdot t.$

$x_1 = \frac{F(\frac{9}{5}F + 2Vt)}{F - \frac{9F}{5} - 2Vt} = \frac{F\cdot(\frac{9}{5}F + 2Vt)}{-\frac{4}{5}F - 2Vt} = \frac{-F}{1}\cdot\frac{9F + 10Vt}{4F + 10Vt}.$

$y_1 = \frac{F}{F - \frac{9F}{5} - 2Vt}\cdot y = \frac{F}{-\frac{4}{5}F - 2Vt}\cdot\frac{-8}{15}F = +\frac{8F}{15}\cdot\frac{5F}{4F + 10Vt} = +\frac{8F}{3}\cdot\frac{5F}{4F+10Vt}$

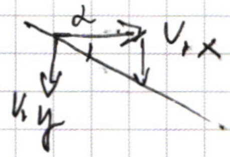
$x_1 = -F\left(1 + \frac{5F}{4F+10Vt}\right)$ $\quad y_1 = -\frac{8F}{3}\left(\frac{5F}{4F+10Vt}\right).$

$x_1' = -F\cdot 5F\cdot\frac{-1}{(4F+10Vt)^2}\cdot 10V = \frac{50F^2}{(4F+10Vt)^2}\cdot V$

$x_1'(0) = \frac{50F^2}{16F^2}\cdot V = \frac{25}{8}V.$

$y_1' = +\frac{8F}{3}\cdot 5F\cdot\frac{-1}{(4F+10Vt)^2}\cdot 10V = -\frac{400}{3}\cdot\frac{F^2}{(4F+10Vt)^2}\cdot V$

$y_1'(0) = \frac{-400}{3}\cdot\frac{F^2}{16F^2}\cdot V = -\frac{25}{3}\cdot V.$




$\operatorname{tg}\alpha = \frac{-V_{1y}}{V_{1x}} = \frac{25}{3}V : \frac{25}{8}V = \frac{8}{3}.$

$\frac{64}{9}$, $73$

$V_{выx} = \sqrt{(\frac{25}{3}V)^2 + (\frac{25}{8}V)^2} = 25V\sqrt{\frac{1}{3^2} + \frac{1}{8^2}} = \frac{25}{24}V\cdot\sqrt{8^2 + 3^2} = \frac{25\sqrt{73}}{24}\cdot V$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\eta = \frac{\frac{1}{2}\cdot\alpha(v_2-v_1)^2}{2\alpha\cdot(v_2^2-v_1^2)} = \frac{v_2-v_1}{4(v_2+v_1)} = \frac{1}{4}\cdot\frac{1-\frac{v_1}{v_2}}{1+\frac{v_1}{v_2}} = \frac{1}{4}\cdot\frac{1-\sqrt{\frac{T_1}{T_2}}}{1+\sqrt{\frac{T_1}{T_2}}} = \frac{1}{4}\cdot\frac{\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}} = \frac{1}{4}\cdot\frac{(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{T_2-T_1} \le$

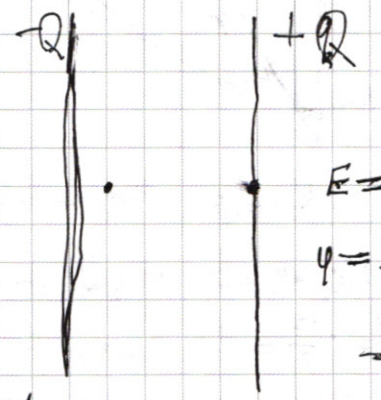
$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{\alpha V_2^2}{\alpha V_1^2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$ $\quad \le \frac{1}{4} = 25\%.$

$\frac{1}{4}\cdot\frac{(\sqrt{T_2}\sqrt{T_1})^2}{T_2-T_1} < \frac{T_2-T_1}{T_2}$

$\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}} < \frac{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}}{T_2}$

$T_2 < 4(T_2+T_1+2\sqrt{T_1T_2})$

№3.



$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{d-0{,}2d}{d}\cdot Uq = 0{,}8Uq \qquad \frac{V_1^2}{1{,}6U} = \frac{q}{m} = \gamma$

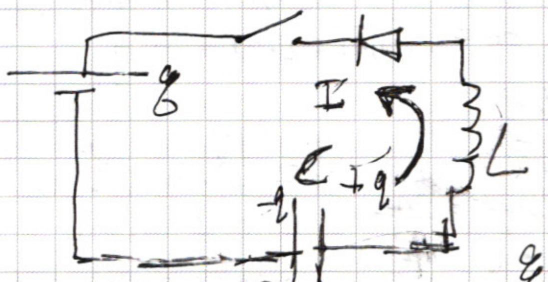
$E = \frac{F}{q} \qquad E = \frac{U}{d}\cdot F = \frac{Uq}{d} \qquad a = \frac{F}{m} = \frac{U}{d}\cdot\gamma$

$\varphi = \frac{A}{q} = \frac{F\cdot s}{q} = E\cdot s \qquad \frac{aT^2}{2} = 0{,}8d \qquad aT^2 = 1{,}6d \qquad T^2 = \frac{1{,}6d}{a} =$

$= 1{,}6d\cdot\frac{d}{U\gamma} = \frac{1{,}6d^2}{U}\cdot\frac{1{,}6U}{V_1^2} = \frac{1{,}6^2 d^2}{V_1^2} \qquad T = \frac{1{,}6d}{V_1}$

$V_0 = V_1.$

№4.



$I = -\frac{\Delta q}{\Delta t} = -q' \qquad \mathcal{E}_{инд} = -L\cdot I' = +Lq''$

$-\mathcal{E} + L\cdot q'' = -\frac{q}{C}$

$\mathcal{E} - L\cdot q'' = \frac{q}{C} \qquad q = Q + C\cdot\mathcal{E}$

$\mathcal{E} - L\cdot Q'' = \frac{Q}{C} + \cancel{\frac{C\cdot\mathcal{E}}{C}}$

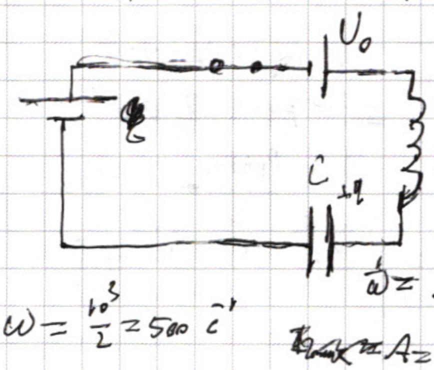
$Q'' = -\frac{Q}{LC} \qquad Q = A\cdot\sin(\omega t+\varphi_0) \qquad q = A\sin(\omega t+\varphi_0) + C\cdot\mathcal{E}.$

$I = -q' = -A\cdot\cos(\omega t+\varphi_0)\cdot\omega. \qquad I(0) = 0. \qquad -A\cdot\cos\varphi_0\cdot\omega = 0.$

$\cos\varphi_0 = 0. \qquad \varphi_0 = \frac{\pi}{2}. \qquad q = A\cdot\cos(\omega t) + C\cdot\mathcal{E}. \qquad q(0) = q_0$

$A + C\cdot\mathcal{E} = C\cdot U_1 \qquad A = CU_1 - C\cdot\mathcal{E} \qquad I = +A\cdot\omega\cdot\sin\omega t.$

$I' = +A\cdot\omega^2\cdot\cos\omega t \qquad I'(0) = +A\omega^2 = +\frac{CU_1 - C\cdot\mathcal{E}}{LC} = -\frac{\mathcal{E}-U_1}{L} = -\frac{6В-9В}{0{,}4Гн.} = \frac{3}{0{,}4} = 7{,}5\frac{А}{с}.$



$\mathcal{E} + U_0 = U_2 = 6В + 1В = 7В$

$U = \frac{q}{C} = \frac{A}{C}\cdot\cos(\omega t) + \mathcal{E} = (U_1 - \mathcal{E})\cdot\cos\omega t + \mathcal{E}.$ ($U_1-\mathcal{E}$: 3В; $\mathcal{E}$: 6В.)

$3\cdot\cos\omega t + 6 = 7 \qquad \cos\omega t = \frac{1}{3} \qquad \sin\omega t = \frac{\sqrt{8}}{3}$

$\omega = \sqrt{LC} = \sqrt{4\cdot10^{-1}Гн\cdot10\cdot10^{-6}Ф} = \sqrt{4\cdot10^{-6}}\ с. = 2\cdot10^{-3}\ с.$

$\omega = \frac{10^3}{2} = 500\ с^{-1}$

$A = 10\cdot10^{-6}(9-6) = 3\cdot10^{-5}\ Кл.$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

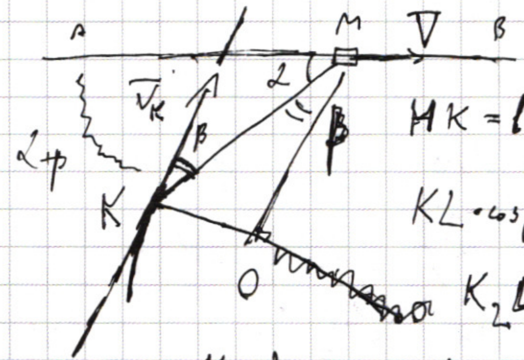
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

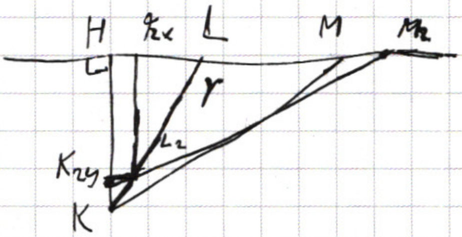
№1.




$MK = l$

$KL \cdot \cos\beta + ML \cdot \cos\alpha = l$

$K_2L \cdot \cos\beta + LM_2 \cdot \cos\alpha = l$

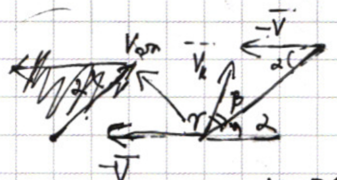



$KK_2 \cdot \cos\beta - MM_2 \cdot \cos\alpha = 0.$

$KK_2 = V_K \cdot \Delta t \quad MM_2 = V \cdot \Delta t$

$V_K \cdot \Delta t \cdot \cos\beta = V \cdot \Delta t \cdot \cos\alpha \qquad V_K = \frac{V \cdot \cos\alpha}{\cos\beta} = 2\frac{м}{с} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} = \frac{17}{5}\frac{м}{с} = 3,4\frac{м}{с}.$

2)




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

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

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

$V_{отн}^2 = V_K^2 + V^2 - 2V_K V \cos(\alpha+\beta) = 3,4^2 + 2^2 - 2 \cdot 3,4 \cdot 2 \cdot \left(-\frac{13}{85}\right) =$

$= 11,56 + 4 + 2,08 = 17,64, \quad V_{отн} = \sqrt{4 \cdot 4,41} = 2 \cdot 2,1 = 4,2\frac{м}{с}.$

$3,4 \times 3,4$: 136, 102, 11,56

$3,4 \times 4 = 13,6$

$13,6 : 85 = 0,16$: 136, −85, 510, −510, 0

$0,16 \times 13$: 048, 16, 2,08

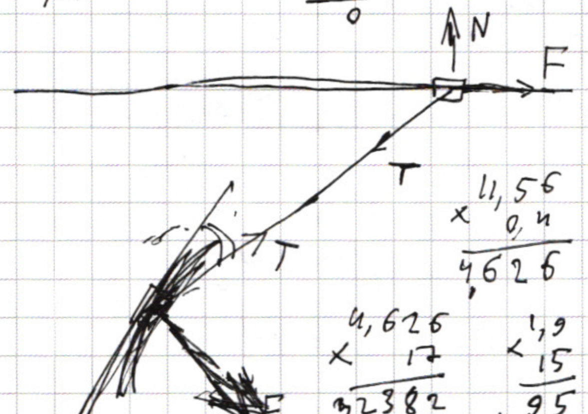
$11,56 + 4,00 + 2,08 = 17,64$

$17,64 : 4 = 4,41$: −16, 16, −16, 4, −4

$2,1 \times 2,1$: 21, 42, 4,41

$T = \frac{F_ц}{\sin\beta} = \frac{mV^2}{R \cdot \sin\beta} =$

$= \frac{0,4 кг \cdot (3,4\frac{м}{с})^2}{1,9 м \cdot \frac{15}{17}} =$




$= \frac{0,4 \cdot 11,56 \cdot 17}{1,9 \cdot 15} \cdot T\ H \approx 2,76 Н.$

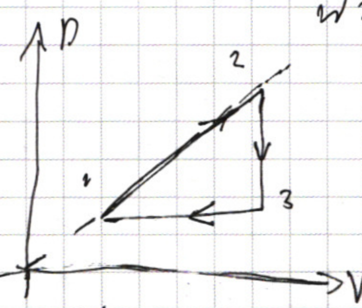
$11,56 \times 0,4 = 4,626$

$4,626 \times 17$: 32382, 4626, 78,642

$1,9 \times 15$: 95, 19, 28,5

$786,42 : 285 = 2,75$: 570, 2164, 1995, 1692, 1425, 267


№2.




1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{i}{i+2} =$

$= \frac{3}{5} = 0,6$

$Q = \Delta U + A$

$P = \alpha V \quad PV = \nu RT$

~~$\Delta U = \frac{3}{2}pV = \frac{3}{2}\alpha V^2$~~

$U = \frac{3}{2}\Delta pV = \frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)$

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

$= \frac{\alpha V_1 + \alpha V_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \cdot \alpha(V_2^2 - V_1^2)$

$\frac{U}{A} = \frac{3}{1}$

$Q = \Delta U + A = 2 \cdot \alpha \cdot (V_2^2 - V_1^2)$

$A_{полн} = \frac{P_2 - P_1}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2 - V_1)^2$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)