

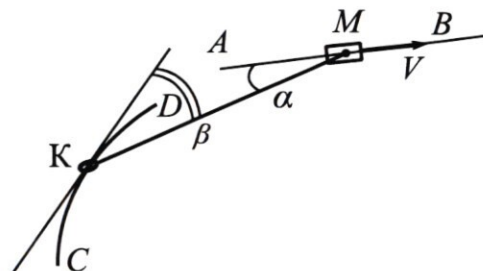
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.

2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.

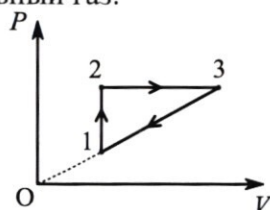
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

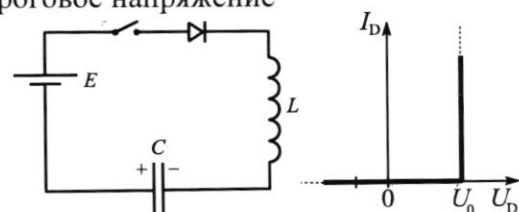
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

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

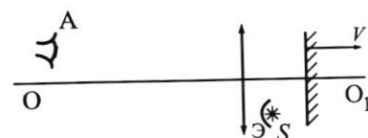


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

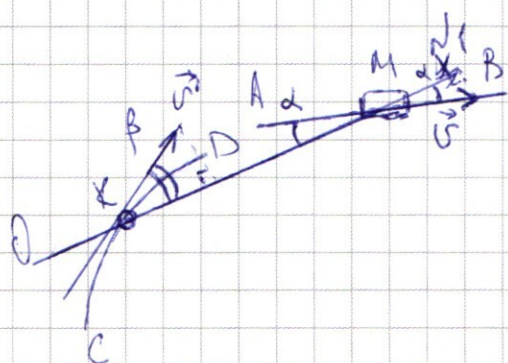
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



$$\begin{aligned} u &= 34 \text{ м/с} \\ m &= 0,3 \text{ кг} \\ R &= 0,53 \text{ м} \\ l &= 5R/4 \end{aligned}$$

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

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

1) Выберем ось на которую можно спроецировать сразу две скорости. Выберем ось, проходящую через KM — ось OX. Т.к. нить нерастяжима, то будет выполняться условие:

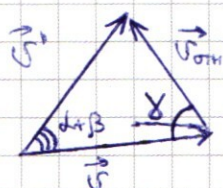
$$u \cos \alpha = u' \cos \beta \Rightarrow u' = u \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = u \frac{15}{3} \cdot \frac{5}{4} = 34 \cdot \frac{5 \cdot 5}{12} = 2 \cdot 5 \cdot 5 = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Выберем B как систему неподвижной системы отсчёта землю, (З)
B как систему подвижной системы отсчёта нити, (Н)
B как систему промежуточного тела колы, (К)

Тогда мы можем записать следующее равенство (закон сложения скоростей):

$$\vec{u}_{K3} = \vec{u}_{H3} + \vec{u}_{KH} \Rightarrow \vec{u}_{KH} = \vec{u}_{K3} - \vec{u}_{H3}$$

Нарисуем все вектора, которые нам необходимы:



$\vec{u}_{KH}$ найдем из теоремы косинусов:

$$u_{KH}^2 = u'^2 + u^2 - 2u'u \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

1) Тепло прикрит (поглощено) на этапах 1-2, 2-3. По первой координате термодинамики:

1-2: $Q_{12} = \Delta U + A = \Delta U = C_V \Delta T$
 $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T \Leftrightarrow C_V = \frac{3}{2} R$

2-3: $Q_{23} = A + \Delta U = p \Delta V + \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = C_p \Delta T$
 $p \Delta V = \Delta R \Delta T$
 $Q = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T = C_p \Delta T \Leftrightarrow C_p = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3}$ или $\boxed{\frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5} = 0,6}$

2) $A = p \Delta V = \Delta R \Delta T$
 $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T$ } $\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2} = 1,5}$

3) $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{под}}} \Rightarrow A_{\text{пол}} = S_{123} = \frac{1}{2} \Delta p \Delta V$
 $Q_{\text{под}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \Delta R (T_3 - T_2) - p_2 \Delta V$
 $A_{\text{пол}} = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1) = \frac{1}{2} (p_3 V_3 + p_1 V_1 - 2 p_2 V_2)$
 $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \Rightarrow p_1 V_3 = p_3 V_1 = p_2 V_1 = p_2 V_2$
 $Q_{\text{под}} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{3}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_3 V_3 - p_2 V_2 =$
 $= \frac{1}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_2$
 $\eta = \frac{\frac{1}{2} (p_3 V_3 + p_1 V_1 - 2 p_2 V_2)}{(\frac{1}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_2)} = \frac{\frac{1}{2} (p_3 V_3 + p_1 V_1 - 2 p_2 V_2)}{\frac{1}{2} (p_3 V_3 - 3 p_1 V_1 - 2 p_2 V_2)} = 33\%, 3\%$

Ответ: $\frac{\Delta U}{A} = 1,5$, $\frac{C_V}{C_p} = 0,6$ $\eta = 33\%$

№3

1) Т.к. заряд вылетел из конденсатора, то со скоростью u_1 , то он ускорился; а после вылета из конденсатора он движется равномерно,
~~в вакууме~~

расстояние до ~~от~~ ~~открытия~~ точки, где расстояние между обкладками одинаковое равно $\frac{d}{2} = 0,3d = 0,2d$.

$$\text{Время } T = \frac{0,2d}{u_1} = 0,2 \frac{d}{u_1}.$$

2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) По формуле Тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{5-4}{5F} = \frac{1}{b} \Rightarrow b = 5F$$

или расстояние
5F от линзы.

2) Пусть зеркало переместилось на малое расстояние Δx :

Теперь мы видим как возникает изображение используя увеличение линзы.

$$\frac{\frac{3}{4}F}{h} = \frac{\frac{5}{4}F}{5F} \Rightarrow h = 3F \Rightarrow \text{Рассмотрим } \triangle ABC: \tan \alpha = \frac{AB}{BC} = \frac{h}{bF}$$

$$= \frac{3F}{5F-F} = \frac{3}{4} \quad \boxed{\tan \alpha = \frac{3}{4}}$$

3) изображение S' удаляется от линзы со скоростью $2v$, Тогда
Выберем ось Ox и спроецируем v' на эту ось $v'_x = v' \cos \alpha$
 $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{9}{16}}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

Torger $v'_x = v' \cdot \frac{4}{5}$

Torger $\Gamma^2 = \frac{v'}{2v}$

$\Gamma = \frac{8F}{\frac{3F}{9}} = 4$

$16 = \frac{v'}{2v} = \frac{v' \cdot \frac{4}{5}}{2v}$

$v' = \frac{32v \cdot 5}{4} \Rightarrow v' = 40v$

ОТВЕТ: а) $b = 5F$
 2) $\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}$
 3) $v' = 40v$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Проектируем цепь: Известно, что пока напряжение через диод не станет равным 1 В ток в цепи вообще не пойдет, т.к. $R = \infty$.

При достижении $U_1 = 1$ В $R \rightarrow 0$.

1) $\mathcal{E} + \mathcal{E}_{SI} = U_1 + U_2$

$$\mathcal{E} - L \frac{dI}{dt} = U_1 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L} = \frac{6 - 3}{0,1} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{A}{s}$$

2) Рассмотрим момент времени, когда $\mathcal{E}_{SI} = \frac{\mathcal{E}}{2}$ - в этот момент через диод будет идти ток равно $U_0 = 1$ В. $\Rightarrow$ Все остальное напряжение будет на катушке и конденсаторе:

$$5 \text{ В} = \underbrace{L \frac{dI}{dt}}_{3 \text{ В}} + U_2$$

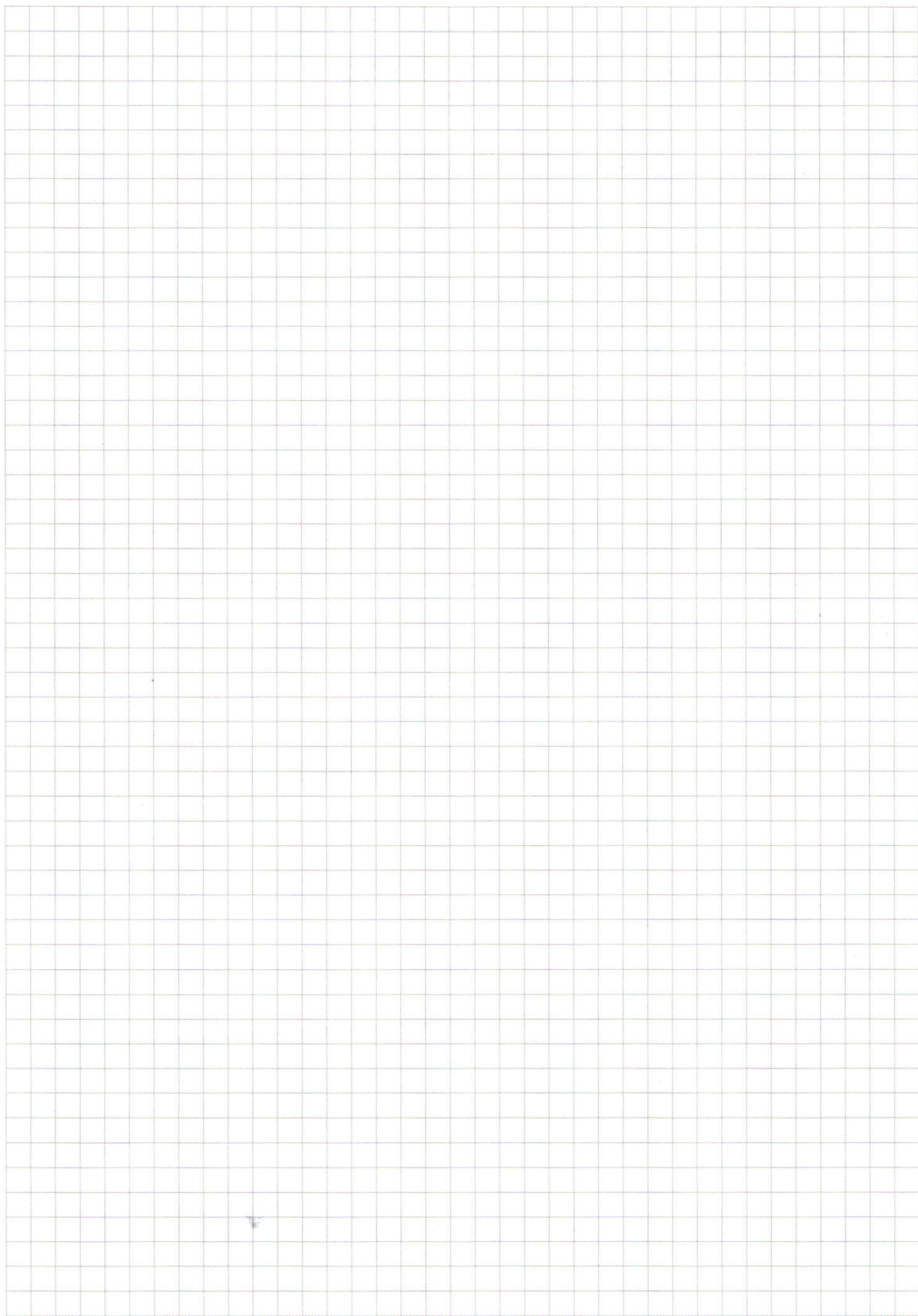
$$\frac{Q}{C} = 2 \text{ В} \Rightarrow Q_{\text{конд}} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

Рассмотрим момент, когда $\mathcal{E}_{SI} = 0 \Rightarrow$

$$5 \text{ В} = \frac{Q}{C} \Rightarrow Q = 200 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$\underline{Q = 120 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}$$

3) Видно, что в итоге после того, как $\mathcal{E}_{SI} = 0$, на конденсаторе будет находиться 5 В, $\Rightarrow U_2 = 5 \text{ В}$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$CU = Q$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{Q}{S \epsilon_0} = ma$$

$$Q = \frac{S \epsilon_0}{S \epsilon_0} \cdot \int a$$

$$a = \frac{v_1^2}{2R}$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{d} E d = Q$$

$$\frac{Q \cdot x}{S \epsilon_0} = a = \frac{v_1^2}{2R}$$

$$\frac{\epsilon_0 S E}{d} = Q$$

$$\frac{Q \cdot x}{\pi R \epsilon_0} = \frac{v_1^2}{2}$$

$$\int b = Q \Rightarrow Q = Q$$



$$CU = Q$$

$$\frac{U}{R} = I$$

$$U = IR$$

$$I = I_0 e$$

$$E = L \frac{dI}{dt} = U$$

$$\frac{I}{I} = \frac{E - U}{L}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{L I^2}{2}$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L}} U$$

$$\underline{I = I_0 e^{-\frac{U}{U_0}}}$$

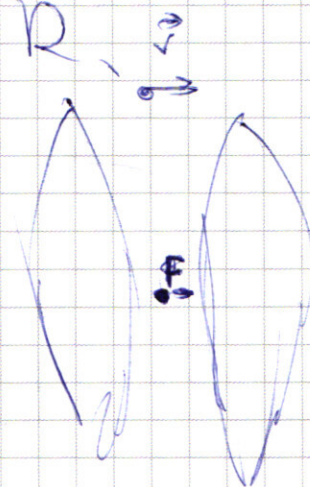
$$U = U_0 e^{-\frac{I}{I_0}}$$

$$U_L = \frac{U}{2}$$

$$Q = LR$$

$$Q' = \frac{C}{R}$$

$$3B = L \frac{dH}{dH}$$



U_{Si}

LC

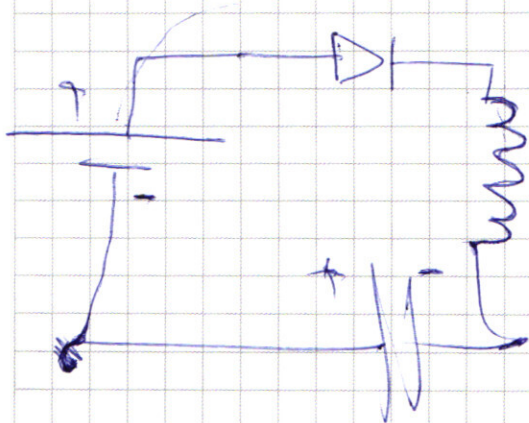
$$E_q = m q$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{QU}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{Q^2}{C} = mv^2$$

$$Q = \sqrt{C m v^2 q}$$

$$\frac{C m v^2}{2} = \frac{Q^2}{2}$$



$$E + E_{Si} = U + U_0$$



$$C = \frac{mv^2}{U^2}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$Q = CU = \frac{mv^2}{U} = \frac{mv^2}{Ed}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten Calculations and Diagrams:

Top Left: Vector diagram showing forces $\vec{F}$, $\vec{T}$, $\vec{mg}$ and angles α , β . Calculations for components: $13 \cdot 4 = 52$, $56 \cdot 4 = 224$, $3656 - 520 = 3136$, $3136 / 56 = 56$.

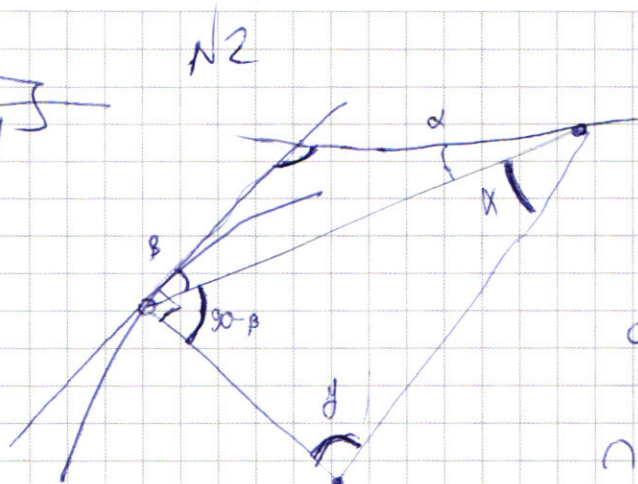
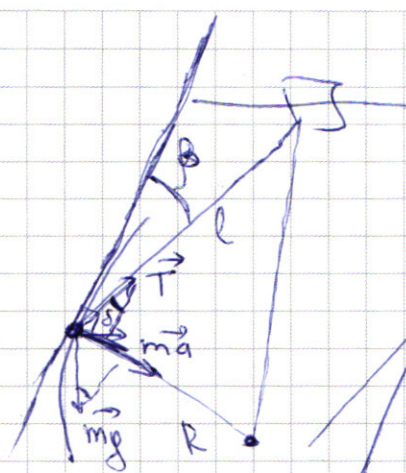
Top Right: Formula $v_k = v \cos \alpha + v' \cos \beta$. Calculation: $v' = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 56 \cdot \frac{4}{5} = 44.8$.

Middle: Vector addition $\vec{v}_{k3} = \vec{v}_{H3} + \vec{v}_{OTH}$. Triangle with sides v_{k3} , v_{H3} , v_{OTH} and angle $2+\beta$. Calculation: $v_{OTH} = v_{k3} - v_{H3}$.

Bottom Left: Formula $v_{OTH} = v_{k3}^2 + v_{H3}^2 - 2 v_{k3} v_{H3} \cos(\alpha + \beta)$. Calculation: $36 - 9 = 27$, $27 = 2 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$, $63 = 6 \cdot 9 = 63 - 54 = 9$.

Bottom Right: Triangle with sides 6, 3, and $2\sqrt{3}$, angle 30° . Calculations: $\frac{15}{18} \cdot \frac{3}{5} = \frac{8}{18} \cdot \frac{4}{5}$, $\frac{45-32}{18 \cdot 5}$, $\frac{13}{18 \cdot 5} = \frac{13}{85}$.

Page-Footer: ☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле) Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



$$E = U$$

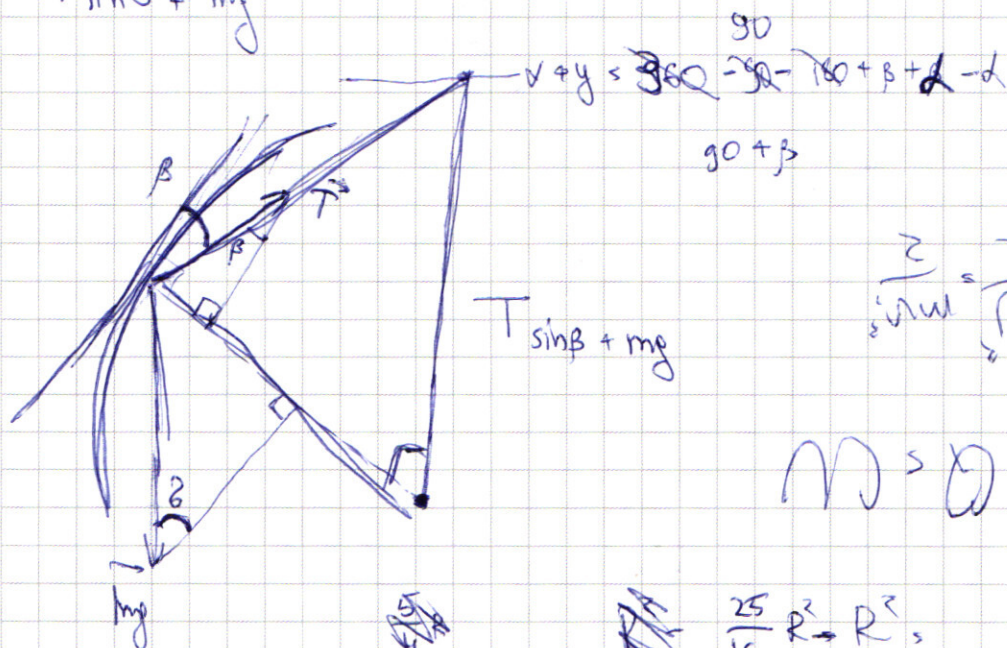
$$\frac{7}{U} = \frac{7}{U}$$

$$\frac{4P}{IP} = \frac{7}{U - E}$$

$$U = \frac{4P}{IP} = U$$

$$U = P \cdot U + E$$

$$T \sin \delta + mg$$



$$T \sin \beta + mg$$

$$\frac{2}{m \cdot U} = \frac{2}{m \cdot U}$$

$$Q = U$$

$$\frac{25}{16} R^2 = R^2$$

$$= \frac{25-16}{16} R^2 = \frac{9}{16} R^2 = \frac{3}{4} R^2$$

$$U = U$$

$$Q = U$$

$$\frac{5}{9}$$

$$\frac{430}{10}$$

$$\frac{5.2}{10}$$

$$\frac{5.3}{10}$$

$$\frac{P}{m \cdot U} = \frac{P}{m \cdot U}$$

$$\frac{2}{m \cdot U} = \frac{2}{m \cdot U}$$

$$E$$

$$\frac{2}{m \cdot U} = \frac{2}{m \cdot U}$$

$$\frac{16}{16} = \frac{16}{16}$$