

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

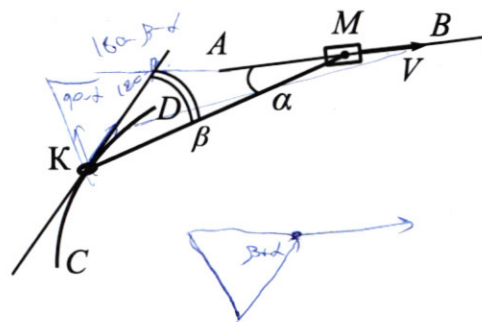
Вариант 11-04

Шифр 6.15

(заполняется секретарём)

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

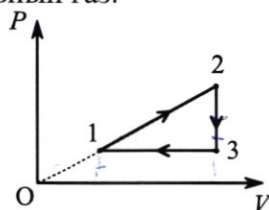
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



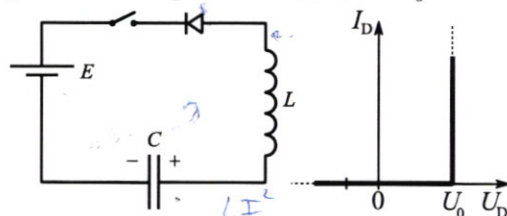
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

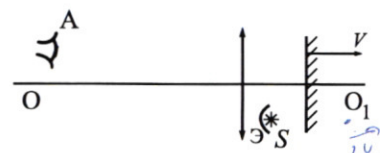
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



$$P_1 + \frac{P_2 - P_1}{2} = \frac{P_2}{2} \cdot \frac{P_1}{2} \quad \frac{P_1 + P_2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

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

$$R = 1.9 \text{ м}$$

$$V = 2 \text{ м/с}$$

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

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

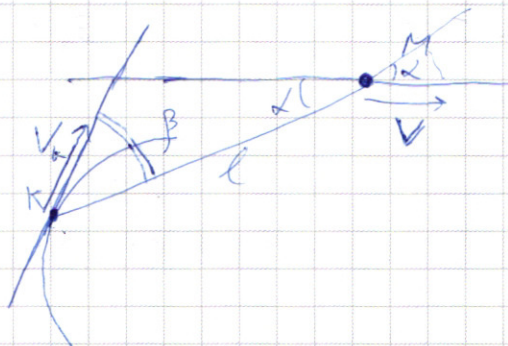


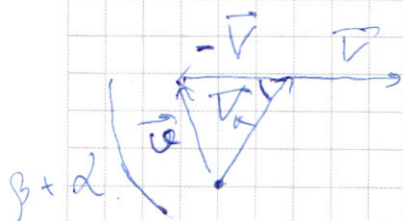
рис. 1.

- ① Скорость кольца $\vec{V}_k = \frac{d\vec{r}}{dt}$ направлена по касательной к окружности. Так как нить нерастяжимая (трос) проекция скоростей муфты V и кольца V_k на ось троса одинаковы.

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

$$V_k = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = V \cdot \frac{4 \cdot 17}{5 \cdot 8} = V \cdot \frac{17}{10} = 2 \cdot \frac{17}{10} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = \boxed{3.4 \text{ м/с}}$$

- ② Перейдём в ИСО муфты. ~~Из этого~~ Из этого вычтем для всей системы все кинематические характеристики муфты. (нас интересует скорость K вычтем из $\vec{V}_k$ вектор $\vec{V}$) см. рис. 2.



$$\vec{w} = \vec{V}_k - \vec{V} \text{ — скорость кольца в ИСО муфты,}$$

$$|\vec{w}|^2 = V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\omega^2 = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2V_k V \cos(\alpha + \beta)} =$$

$$= \sqrt{4 + 11.56 - 13.6 \frac{4}{5}} \text{ (м/с)} \approx$$

$$\approx \sqrt{15.56 - 10.88} \approx \sqrt{4.68} \approx 2.16 \text{ м/с}$$

$$V = 2 \text{ м/с}$$

$$V_k = 3.4 \text{ м/с}$$

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

$$\frac{3.4}{5} = \frac{9.3}{5.12}$$

$$\frac{3.4}{3.4} = \frac{32-22}{85} = \frac{5}{85}$$

$$\frac{102}{11.56} = \frac{1}{12}$$

$$6.8 \cdot 2 = 13.6$$

$$13.6 \frac{4}{5} =$$

$$\frac{1.36}{544} = \frac{5}{104}$$

$$\frac{21}{42} = \frac{21}{42}$$

$$2.8 \cdot 2 = 3.4$$

③ Нарисуйте силы, действующие на кольцо К (см. рис. 3) в ИСО инерции М.

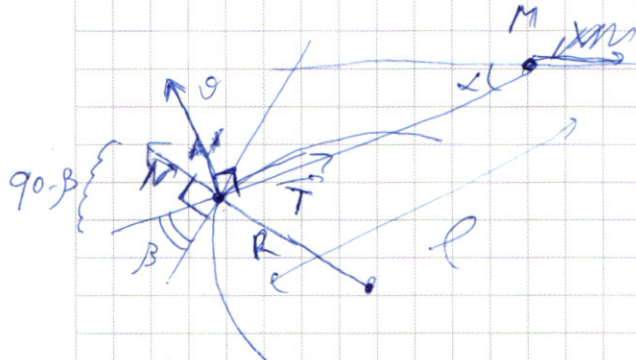


рис. 3

Так как трос нерастяжим, кольцо К движется по окружности на расстоянии ℓ со скоростью ω . Это движение является следствием действия на кольцо сил натяжения нити Т и реакции опоры ~~провода~~ ^{проволоки} N, которая перпендикулярна касательной к ~~окружности~~ окружности. Рассмотрим ось троса. На кольцо К действует сила $T - N \cos(90 - \beta) = T - N \sin \beta = m \frac{\omega^2}{\ell}$

$\vec{N}$ имеет перпендикулярную к тросу составляющую $N \cos \beta$

$$N \cos \beta = \frac{m \ell \omega^2}{\ell} = m \omega^2$$

$$\omega = \omega \ell$$

$$= \frac{m \ell^2 d\omega}{dt} = m \ell^2 \epsilon, \text{ где } \epsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пусть за dt мурта сдвигается на $dx = V dt$

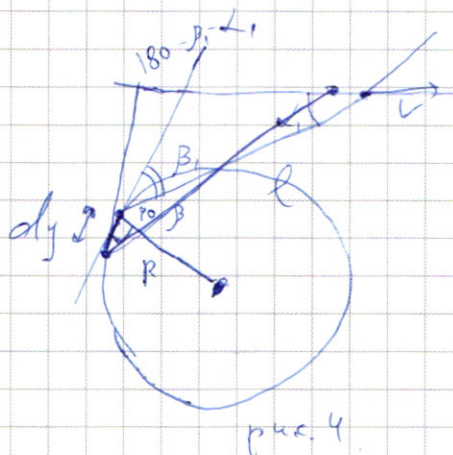


рис. 4

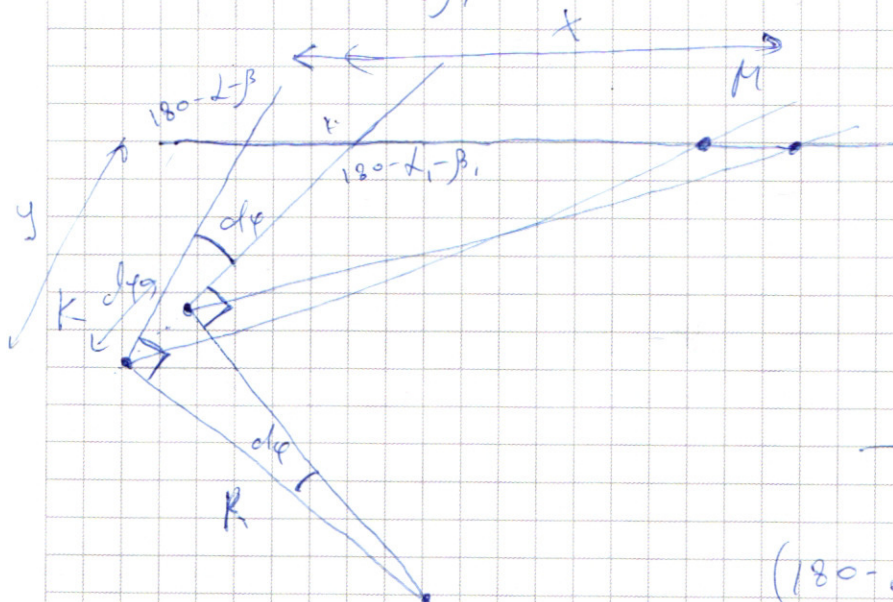
α, β - новые углы после
перемещения мурта dx .

Когда переместилось на dx , т.е. мурта
можно считать что по прямой.

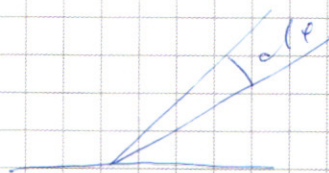
$$dy \cos \beta = dx \cos \alpha$$

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

$$V_k = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \quad \text{— скорости колеса после сдвига на } dx \text{ мурты.}$$



$$dy = \frac{dy}{R}$$



$$(180 - \alpha_1 - \beta_1) - (180 - \alpha - \beta) = d\varphi$$

$$\alpha + \beta - \alpha_1 - \beta_1 = d\varphi = \frac{dy}{R}$$

$$\begin{aligned} \sin(\alpha_1 + \beta_1) &= \sin(\alpha + \beta - d\varphi) = \\ &= \sin(\alpha + \beta) \cos(d\varphi) - d\varphi \cos(\alpha + \beta) = \\ &= \sin(\alpha + \beta) - (d\varphi) \cos(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

По т. синусов

$$\frac{y}{\sin \alpha} = \frac{x}{\sin \beta} = \frac{l}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\frac{y - dy}{\sin \alpha_1} = \frac{x + dx}{\sin \beta_1} = \frac{l}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}$$

$$\frac{y}{\sin \alpha} = \frac{x}{\sin \beta} = \frac{l}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$d\varphi = \frac{dy}{R}$$

$$\frac{y - dy}{\sin \alpha_1} = \frac{x + dx}{\sin \beta_1} = \frac{l}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}$$

$$\sin(\alpha_1 + \beta_1) = \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) d\varphi$$

По Т. косинусов.

$$\begin{aligned} & (x + dx)^2 = (y - dy)^2 + l^2 - 2(y - dy)l \cos \beta_1 \\ & (y - dy)^2 = (x + dx)^2 + l^2 - 2(x + dx)l \cos \alpha_1 \end{aligned}$$

$$0 = 2l^2 - 2l[(y - dy) \cos \beta_1 + (x + dx) \cos \alpha_1]$$

$$l = (y - dy) \cos \beta_1 + (x + dx) \cos \alpha_1$$

$$l = y \cos \beta + x \cos \alpha$$

$$\cos \beta_1 = \frac{(y - dy)^2 + l^2 - (x + dx)^2}{2(y - dy)l} = \frac{y^2 - 2ydy - x^2 - 2xdx + l^2}{2(y - dy)l}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{(x + dx)^2 + l^2 - (y - dy)^2}{2(x + dx)l}$$

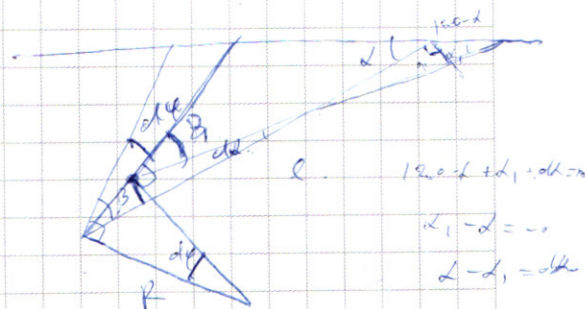
$$B = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1} = \frac{(x + dx)^2 + l^2 - (y - dy)^2}{(y - dy)^2 + l^2 - (x + dx)^2} \left(\frac{y + dy}{x + dx} \right) = \frac{y}{x} \left(\frac{x^2 - y^2 + l^2 + 2xdx + 2ydy}{y^2 - x^2 + l^2 - 2xdx - 2ydy} \right)$$

$$A = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{y}{x} \left(\frac{x^2 - y^2 + l^2}{y^2 - x^2 + l^2} \right)$$

$$B - A = \frac{y}{x} \left(\frac{2(xdx + ydy)}{y^2 - x^2 + l^2} \right)$$

$$dV = (B - A)V = V \frac{2y}{x} \left(\frac{x dx + y dy}{y^2 - x^2 + l^2} \right)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = V \frac{dy}{x}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_{k1} = V \frac{\cos(\alpha - d\alpha)}{\cos(\beta + d\beta)}$$

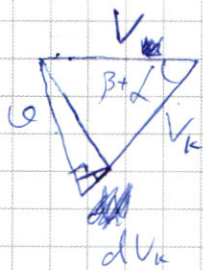
$$V_{k1}$$

$$dV_{k1} = V \left(\frac{\cos(\alpha - d\alpha)}{\cos(\beta + d\beta)} - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right) =$$

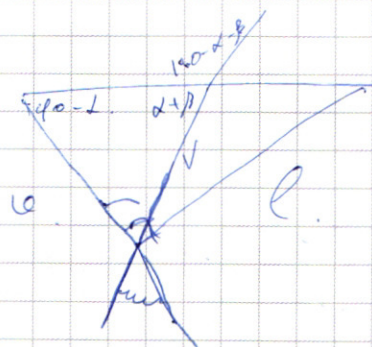
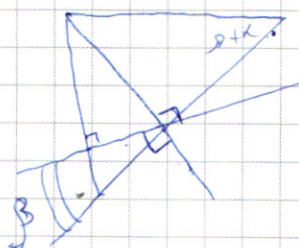
$$= V \left[\frac{\cos \alpha + \sin \alpha d\alpha}{\cos \beta - \sin \beta d\beta} - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right] =$$

$$= V \left[\frac{\cos \beta \cos \alpha + \sin \beta \sin \alpha d\alpha - \cos \alpha \cos \beta - \sin \beta d\beta \cos \alpha}{\cos^2 \beta} \right] =$$

$$= V \left[\frac{\cos \beta \sin \alpha d\alpha - \sin \beta \cos \alpha d\beta}{\cos^2 \beta} \right]$$



$$d\alpha = dV_k \sin \beta$$



$$\frac{d\alpha}{d\beta} = \frac{dV_k}{V_k} = \frac{dV_k}{V}$$

$$180 - 90 + \alpha - \alpha - \beta = 90 - \beta$$

$$\frac{d\alpha}{d\beta} = V \left[\frac{\cos \beta \sin \alpha \frac{d\alpha}{d\beta} - \sin \beta \cos \alpha \frac{d\beta}{d\beta}}{\cos^2 \beta} \right] \sin \beta =$$

$$= \frac{d\alpha}{d\beta} = V \left[\frac{\sin \alpha}{\cos \beta} \frac{V \sin \alpha + V_k \sin \beta}{V} - \frac{\sin \beta \cos \alpha}{\cos^2 \beta} \left(\frac{V_k}{V} + \frac{V \sin \alpha}{V} + \frac{V_k \sin \beta}{V} \right) \right] =$$

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

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

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

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

Задача 2

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{p dV + V dp + dU}{dT} = \frac{p dV + \frac{i}{2} V dp + \frac{i}{2} p dV}{dT}$$

$$= \frac{i+2}{2} p \frac{dV}{dT} + \frac{i}{2} V \frac{dp}{dT}$$

$$pV = \nu R T$$

Для изохоры $C_p = \frac{i+2}{2} p \frac{dV}{dT} = \frac{i+2}{2} \nu R$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{\nu R}{p}$$

$$C_v = \frac{i}{2} \nu R$$

Молярные

$$C_{p0} = \frac{5}{2} R$$

$$C_{v0} = \frac{3}{2} R$$

Для процесса 1-2

$$p = kV$$

$$dp = k dV$$

$$\frac{V}{p} = \frac{dV}{dp}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V}$$

Отношения: $\frac{C_{p0}}{C_{v0}} = \frac{5}{3}$

$$\frac{C_{p0}}{C_{v0}} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{C_{p0}}{C_{v0}} = \frac{5}{3}$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$dV + \frac{dV}{dp} dp = \frac{\nu R}{p} dT$$

$$2 dV = \frac{\nu R}{p} dT$$

$$2 \frac{dp}{p} = \frac{\nu R}{V} dT$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{\nu R}{2p}$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\nu R}{2V}$$

② $A_r = \left(p_1 + \frac{p_1}{2} \right) \Delta V$, где $\Delta V = V_2 - V_1$

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (k^2 - 1) p_1 V_1$$

$$A_r = \frac{k}{2} p_1 \left(\frac{1+k}{2} \right) V_1 (k-1)$$

$$\frac{A_r}{\Delta U} = \frac{2(1+k)(k-1)}{2 \cdot 3(k^2-1)} = \frac{1}{3}$$

$$C = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2} \right) \nu R = 2 \nu R$$

$$C_p = 2R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ког цикл максимально когда, точка 1 в начале координат.

$$\eta = \frac{A_n}{Q^+} = \frac{A_n}{A_r + \Delta U}, \text{ где } A_r \text{ и } \Delta U - \text{ на участке } 1-2.$$

$$\Delta U = 3 A_r$$

$$= \frac{A_n}{4 A_r}$$

A_n - площадь $\Delta 123$.

$$\frac{A_n}{A_r} \text{ максимальна при максимуме условия,}$$

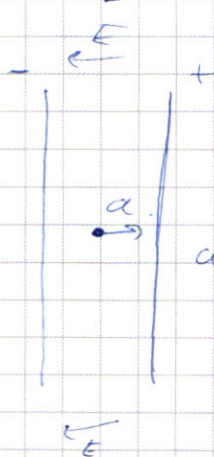
$$= 1$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = 0.25 = \frac{1}{4}}$$

Задача 3

① $\vec{E}$ вке кондуктора по т. Гаусса $= 0$.

$$W = \frac{m \omega^2}{2}$$



$$a = \frac{Eq}{m} = \frac{Uq}{md}$$

$$\vec{E} = \vec{0}$$

Работа, совершённая полем в кондукторе $F = \text{const} = Eq$

$$A = -F_x(1-0.2)d = -F \cdot 0.8d$$

$$0.8 Eqd = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$0.8 Uq = m v_1^2$$

$$\frac{Uq}{m} = \frac{v_1^2}{1.6 U}$$

$$U = Ed$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\textcircled{2} \quad \ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad \alpha = \frac{Uq}{md}$$

$$\omega = \frac{\alpha}{x}$$

$$a = \frac{Uq}{md} - \text{постоянно}$$

$$aT = 2V_1$$

$$T = \frac{2V_1}{a} = \frac{2V_1 md}{Uq} = \frac{3.2cd}{V_1}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{V_1^2}{1.64}$$

$$\frac{3.2}{2 \cdot 1.64 d} = \frac{1}{Uq V_1^2}$$

~~Вз~~ За + координата пером $\vec{A} = 0 \Rightarrow$ скорость влета
равна скорости на доске

③ Конденсатор - типовой на большом расстоянии



$$W = \frac{kQq}{r} - \frac{kQq}{r+d} = kQq \left(\frac{r+d-r}{r} \right) = kQq \frac{d}{r}$$

$$W = q$$

$$2SE = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E_{\text{пол}} = \frac{Q \cdot d}{2S\epsilon_0}$$

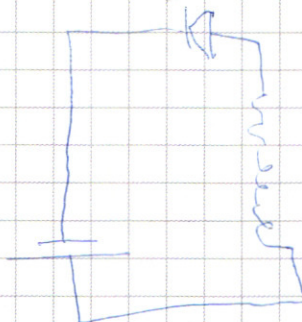
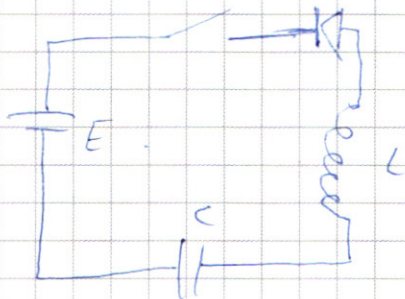
Конденсатор работы не совершает по полю влета
частицы, скорости влета равна скорости влета $\Rightarrow$

$$V_0 = V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

①



В нач. момент ~~замыкания~~ источника и конденсатор можно представить источником с ЭДС $\mathcal{E} = 9 - 6 = 3\text{В}$.

В момент ~~замыкания~~ следет на диоде, на катушке $\mathcal{E} = U_n$ (по 2-му зак. Кирхгофа)

$$U_n = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_n}{L} = \frac{3}{0.4} = \frac{30}{4} = 7.5 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

$\frac{dI}{dt}$ будет положительной, пока разность напряжений на

источнике и конденсаторе больше U_0 .

2-й зак. Кирхгофа

$$U_n - U_c = U_0$$

$$U_n = U_c - \mathcal{E}$$

$$U_n = U_0 + L \frac{dI}{dt}$$

$$C = \frac{2}{5}$$

$$\frac{1}{C} q - \mathcal{E} = U_0 + L \frac{dI}{dt}$$

$$q =$$

$$q = C U_c$$

$$q = C(U_1 - U_{\min})$$

лучше энергетически ЗСЗ:

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU_{\min}^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} - q\mathcal{E}$$

$$LI^2 + CU_{\min}^2 = CU_1^2 - 2q\mathcal{E}$$

$$LI^2 + CU_{\min}^2 = CU_1^2 - 2C(U_1 - U_{\min})\mathcal{E}$$

$$LI^2 + CU_{\min}^2 = CU_1^2 - 2C(U_1 - U_{\min})\varepsilon$$

$$U_{\min} = 7 \text{ В}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}$$

$$C = 10 \text{ нФ}$$

$$L = 0.4 \text{ Гн}$$

$$\varepsilon = 6 \text{ В}$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L} \left(U_1^2 - U_{\min}^2 - (U_1 - U_{\min})\varepsilon \right)}$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L} (81 - 49 - (2 \cdot 6))}$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L} (32 - 12)} = \sqrt{20 \frac{C}{L}} \approx 0.022 \text{ А}$$

Установится $\Rightarrow I = 0 \Rightarrow \frac{LI^2}{2} = 0$

$$\textcircled{5} \quad \frac{CU_1^2}{2} - \varepsilon q = \frac{CU_k^2}{2}$$

$$\leftarrow 3C\varepsilon$$

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

$$U_k = \sqrt{U_1^2 - \frac{2\varepsilon q}{C}}$$

$$2\varepsilon C(U_1 - U_k)$$

$$U_k^2 + 2\varepsilon(U_1 - U_k) = U_1^2$$

$$U_k^2 + 2\varepsilon U_k + (U_1^2 + 2\varepsilon U_1) = 0$$

$$U_k = \frac{-2\varepsilon \pm \sqrt{4\varepsilon^2 - 4U_1^2 - 2\varepsilon U_1}}{2}$$

$$U_k^2 - 2\varepsilon U_k + 2\varepsilon U_1 - U_1^2 = 0$$

$$U_k^2 - 2\varepsilon U_k + 2\varepsilon U_1 - U_1^2 = 0$$

$$U_k^2 - 2\varepsilon U_k + 2\varepsilon U_1 - U_1^2 = 0$$

$$U_k = \frac{2\varepsilon \pm \sqrt{4\varepsilon^2 - 8\varepsilon U_1 + 4U_1^2}}{2} = \varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 + U_1^2 - 2U_1\varepsilon}$$

$$= \varepsilon \pm \sqrt{(\varepsilon - U_1)^2} = \varepsilon \begin{cases} 2\varepsilon - U_1 - \text{установка выключ.} \\ U_1 - \text{начальное} \end{cases}$$

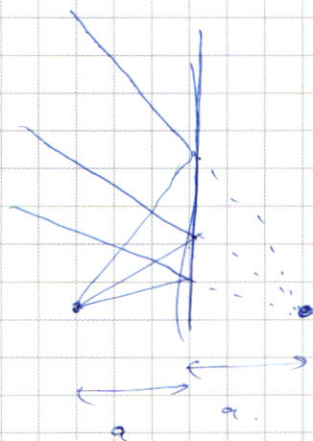
$$2\varepsilon - U_1 = 3 \text{ В}$$

$$\begin{array}{r} 0.000010 \\ 0.4 \\ \hline 0.0001 \\ 4 \\ \hline 0.000025 \\ 0.00025 \\ 0.00050 \\ \hline 5 \cdot 10^{-4} \\ \sqrt{5 \cdot 10^{-4}} \\ 0.022 \end{array}$$

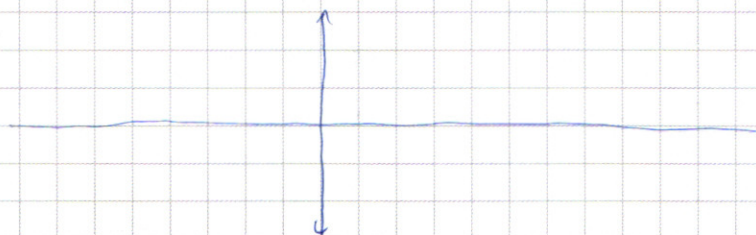
Задача 5

~~Задача 5~~

Расположим источник позади зеркала, и уберём зеркало.
(из вещного свойства)



Будем считать, что зеркала нет,
а источник движется со скоростью $2v$



На след. стороне крас. вый рисунок.

$$x_1 = x_2 \frac{v}{d}$$

$$x_2 = \cos t = \frac{8}{15} F$$

~~12/15~~

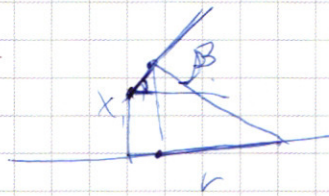
$$v = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}}$$

$$v(d) = \frac{dF}{d-F}$$

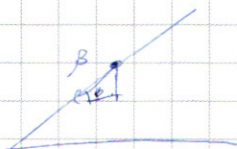
$$x_1 = x_2 \left(\frac{1}{\frac{d}{F} - 1} \right) = x_2 \frac{F}{d-F} = x_1 \frac{v}{d}$$

~~$x_1 = x_2 \frac{v}{d}$~~

$$x_1(d) = x_2 \frac{F}{d-F}$$



$$\tan \beta = \frac{\Delta x_1}{\Delta d} = \frac{x_2 F \Delta \left(\frac{1}{d-F} \right)}{dF \Delta \left(\frac{1}{d-F} \right)} = \frac{x_2}{d} = \frac{8 \cdot 5}{15 \cdot 5} = \boxed{\frac{8}{27}}$$



$$x_1 = x_2 \frac{F}{d-F}$$

$$f'(x) = \frac{df(x)}{dx}$$

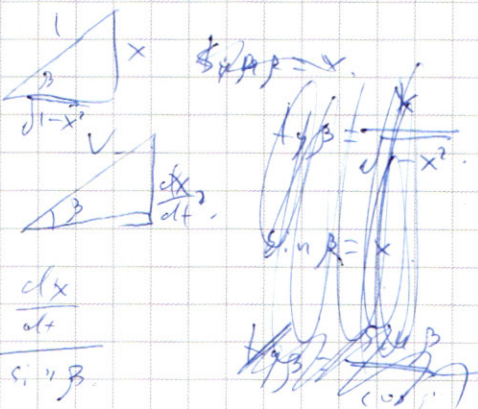
$$df(x) = f'(x) dx$$

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2 F \frac{d \left(\frac{1}{d-F} \right)}{dt} =$$

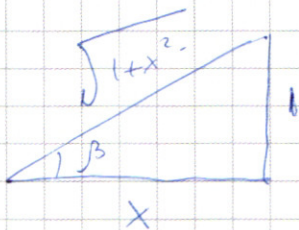
$$= x_2 F \frac{dd}{dt} \frac{1}{(d-F)^2} = \frac{x_2 F}{(d-F)^2} \cdot 2v =$$

$$\frac{16}{15}$$

$$\frac{81}{25} - \frac{18}{5} + 1 \quad v = \frac{80 \text{ V}}{243 - 270 + 25} = \frac{80 \text{ V}}{48} = \frac{20 \text{ V}}{12} = \frac{5 \text{ V}}{3}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \beta = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\tan \beta}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\frac{2}{27}}\right)^2}} = \frac{1}{3}$$

$$\tan \beta = \frac{1}{x}$$

$$U_{\text{э.с.}} = 5 \text{ V}$$