

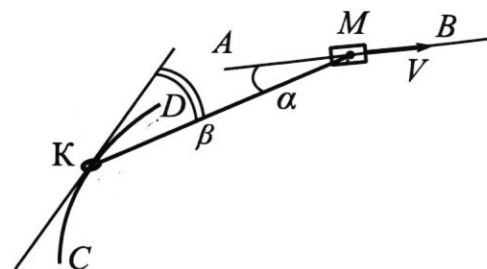
Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 11-03

Класс 11

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

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.

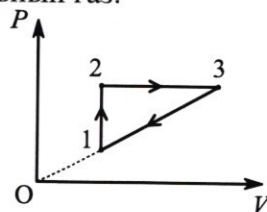


- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
 - 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
 - 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.
2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее 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 $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

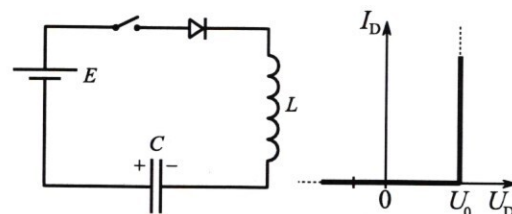
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.



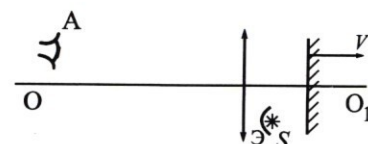
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

N 1

$$V = 34 \text{ см/с} \\ = 0,34 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

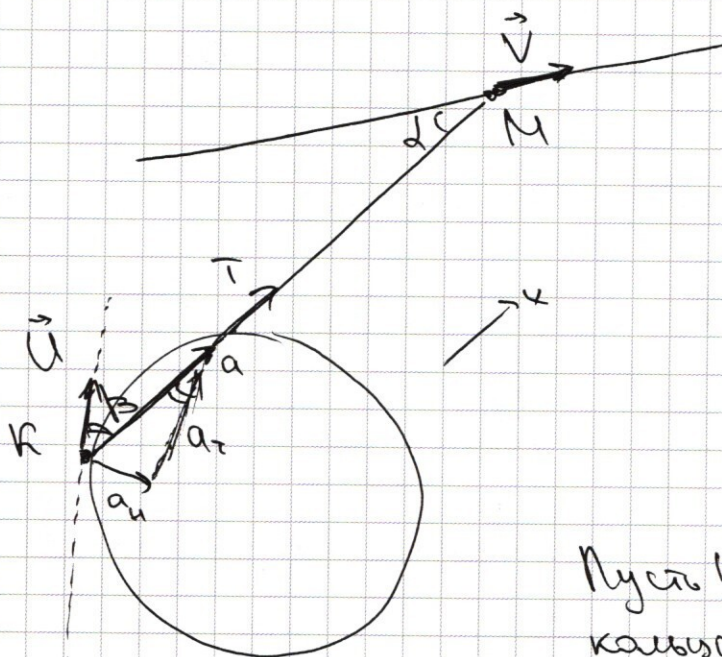
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

1) U - ?

2) $U_{\text{отн}}$ - ?

3) T - ?



Пусть U - скорость
кальсы.

1) Т.к. нить нерастяжима, то проекции
скоростей её концов равны:

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

$$U = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot V = \frac{15/17}{3/5} \cdot 0,34 =$$

$$= \frac{25}{17} \cdot 0,34 = 0,5 \text{ м/с}$$

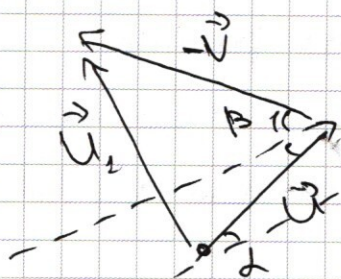
2) Построим вектор $\vec{U}_1$ (отн. скор-ть колеса) как
сумму $\vec{U}_1 = \vec{U} - \vec{V}$. Тогда по теореме косинусов

$$U_1^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3^2}{5^2}} = \frac{4}{5}$$



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

$$\begin{aligned} \Rightarrow U_1^2 &= (0,34)^2 + (0,5)^2 - 2 \cdot (0,34) \cdot 0,5 \cdot \frac{13}{85} = \\ &= \frac{1}{1000} \cdot (1156 + 25 - 2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 13) = \\ &= \frac{1}{1000} \cdot (1156 + 25 - 520) = \frac{661}{1000} = 0,661 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \\ \Rightarrow U &= \sqrt{0,661} \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

3) 2 з.н: $\vec{T} = m\vec{a}$ В проекции на OX $T = ma$

$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$, угол между a_n и a $(90^\circ - \beta)$.

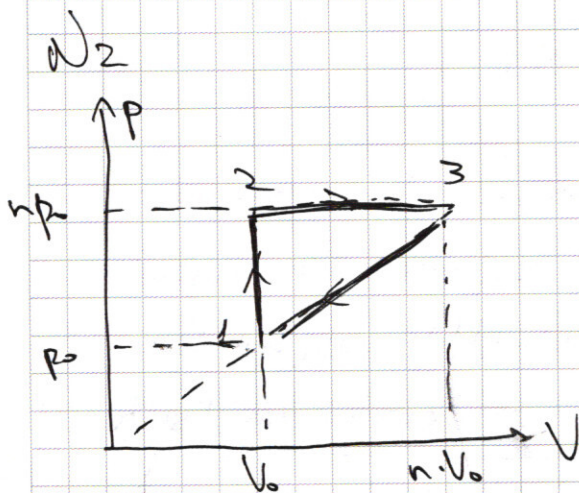
$$\Rightarrow a = \frac{a_n}{\cos(90^\circ - \beta)} = \frac{a_n}{\sin \beta}$$

Т.к. кольцо движется по окр., то $a_n = \frac{U^2}{R}$

$$\Rightarrow a = \frac{a_n}{\sin \beta} = \frac{U^2}{R \cdot \sin \beta}, \quad T = ma = \frac{mU^2}{R \cdot \sin \beta}$$

$$T = \frac{0,3 \cdot 0,5}{0,53 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{15 \cdot 5}{4 \cdot 53} = \frac{45}{212} \text{ Н}$$

Ответ: 1) 0,5 м/с 2) $\sqrt{0,661} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 3) $\frac{45}{212}$ Ньютонов



Пусть знак объема и дави в точке 1 V_0 и p_0 , а в точке 3 они больше в n раз, то есть равны nV_0 , np_0 . В точке 2 они тогда равны V_0 и np_0 . Найдем на каждом

уч-ке изм. внутр. энерг, кол-во теплоты, полученное газом, работу газа.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} (n \cdot p_0 V_0 - p_0 V_0) =$$

$$A_{12} = 0 \quad = \frac{3}{2} (n-1) p_0 V_0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (n-1) p_0 V_0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (n^2 - n) p_0 V_0$$

$$A_{23} = \cancel{p_2} p_2 \Delta V_{23} = n p_0 \cdot (n V_0 - V_0) = (n^2 - n) p_0 V_0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (n^2 - n) p_0 V_0 + (n^2 - n) p_0 V_0 = \frac{5}{2} (n^2 - n) p_0 V_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_0 V_0 - n^2 p_0 V_0) = -\frac{3}{2} (n^2 - 1) p_0 V_0$$

A_{31} — это площадь под графиком, взятая с отриц. знаком, т.к. объём уменьшается

$$A_{31} = - \frac{(n p_0 + p_0)}{2} \cdot (n V_0 - V_0) = - \frac{(n^2 - 1)}{2} p_0 V_0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = -2(n^2 - 1) p_0 V_0$$

$$1) \text{ Тогда } C_{12} = \frac{Q_{12}}{T_2 - T_1} = \frac{\frac{3}{2} (n^2 - n) p_0 V_0}{T_2 - T_1} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{T_2 - T_1} = \frac{3}{2} \nu R$$

$$\Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R, \quad C_{23} = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = \frac{\frac{5}{2} (n^2 - n) p_0 V_0}{T_3 - T_2} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{T_3 - T_2} = \frac{5}{2} \nu R$$

$$\Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\text{Значит } \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3} //$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} (n^2 - n) p_0 V_0}{(n^2 - n) p_0 V_0} = \frac{3}{2} //$$

$$3) \eta = \frac{\text{Асимметрия}}{\text{Энтропия}}, \quad \text{Асимм} = A_{12} + A_{23} + A_{31},$$

$$\text{Энтроп.} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}, \text{ т.к. } Q_{12}, Q_{23} > 0, \quad Q_{31} < 0$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{0 + (n^2 - n) p_0 - \frac{n^2 - 1}{2} p_0}{\frac{3}{2}(n-1)p_0 + \frac{5}{2}(n^2 - n)p_0} =$$

$$= \frac{n^2 - n - \frac{n^2 - 1}{2}}{\frac{3}{2}(n-1) + \frac{5}{2}(n^2 - n)} = \frac{n^2 - 2n + 1}{5n^2 - 2n - 3} = \frac{(n-1)^2}{(5n+3)(n-1)}$$

$$\text{Т.к. } n > 1, \text{ то } \eta = \frac{(n-1)^2}{(5n+3)(n-1)} = \frac{n-1}{5n+3}.$$

$$\text{Обозначим } f(n) = \frac{n-1}{5n+3}. \quad f'(n) =$$

$$= \frac{(n-1)' \cdot (5n+3) - (n-1)(5n+3)'}{(5n+3)^2} = \frac{1}{(5n+3)^2} > 0$$

$\Rightarrow f(n)$ — возр. Т.к. $f(n)$ имеет разрыв ~~только~~ только при $n = -\frac{3}{5}$, то при $n > 1$ ~~тогда~~ $f(n)$ монотонно возрастает. При $n \rightarrow \infty$ $f(n)$

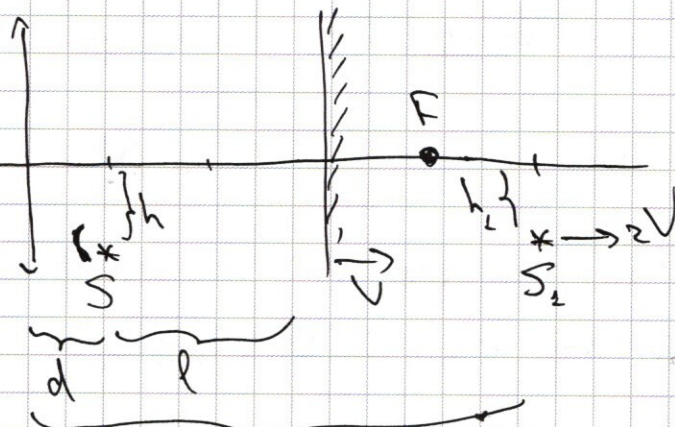
$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n-1}{5n+3} = \frac{1}{5}. \text{ Значит } \text{max}$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{5} //$$

$$\text{Ответ: } \frac{5}{3}; \frac{3}{2}; \frac{1}{5}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

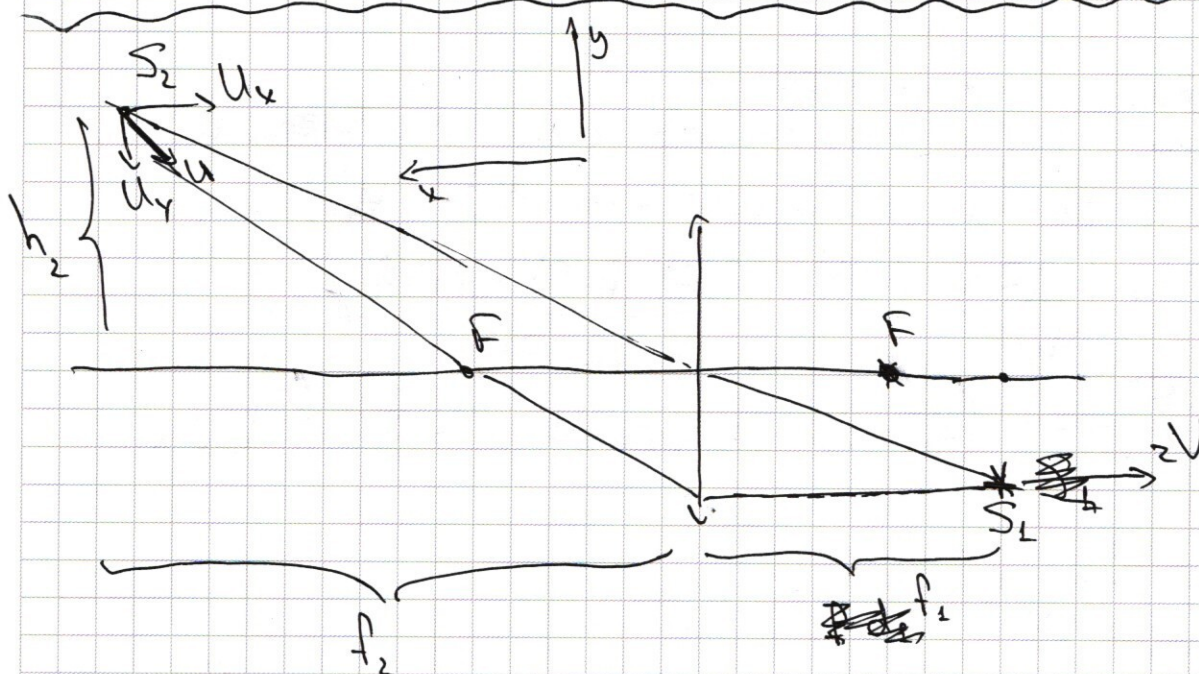


$$h = \frac{3F}{4}$$

$$d = \frac{F}{4}$$

$$l = \frac{3F}{4}$$

- 1) f_2 -?
- 2) Угол наклона
сплошной точки
 S_2 -?
- 3) U -?



Построим изображение S_2 в зеркале - точку S_1 .
Пусть раст. от неё до линзы f_1 . Тогда $f_1 = zV - d =$
 $= 2 \cdot \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{5F}{4}$. Тогда скорость точки S_1 , очевидно,
равна zV .

~~Возвращаясь~~ Теперь построим изображение т. S_1 в линзе - т. S_2 . Пусть рассм. от т. S_2 до линзы f_2 . Тогда т.к. S_1 находится за фокусом, то S_2 - будет действительное, ~~и по~~ По закону тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_2 = \frac{f_1 \cdot F}{f_1 - F}$. Пусть рассм. от

S_2 до DD_1 h_2 . Тогда, ~~из~~ ~~теорема~~ изображение подобно ~~треугольникам~~, $\frac{h_2}{f_2} = \frac{h_1}{f_1}$, где h_1 -

рассм. от S_1 до DD_1 . Т.к. зеркало перпендикулярно DD_1 , то $h_1 = h$. Значит $h_2 = \frac{h \cdot f_2}{f_1} = \frac{f_2 \cdot h}{f_1} =$

$$= \frac{f_1 \cdot F}{f_1 - F} \cdot \frac{h}{f_1} = \frac{F}{f_1 - F} \cdot h.$$

Введём систему координат (x, y) .

Пусть S_2 движется со скоростью U . Тогда Пусть Проекция U на оси x и y - это U_x и U_y . Тогда

$$U_x = (f_2)' = \left(\frac{f_1 \cdot F}{f_1 - F} \right)' = (f_1)' \cdot \frac{(f_1 \cdot F)' \cdot (f_1 - F) - f_1 \cdot F (f_1 - F)'}{(f_1 - F)^2} =$$

$$= (f_1)' \cdot \frac{-F^2}{(f_1 - F)^2}, \quad (f_1)' = 2V \quad \text{или} \quad f_1 = \frac{3}{4}F \Rightarrow U_x =$$

$$= 2V \cdot \frac{-F^2}{\left(\frac{3}{4}F - F\right)^2} = -32V.$$

$$U_y = (h_2)' = \left(\frac{F}{f_1 - F} \cdot h \right)' = (f_1)' \cdot \frac{-Fh}{(f_1 - F)^2}, \quad (f_1)' = 2V, \quad h = \frac{3F}{4},$$

$$f_1 = \frac{3}{4}F \Rightarrow U_y = 2V \cdot \frac{-F \cdot \frac{3F}{4}}{\left(\frac{3}{4}F - F\right)^2} = -24V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

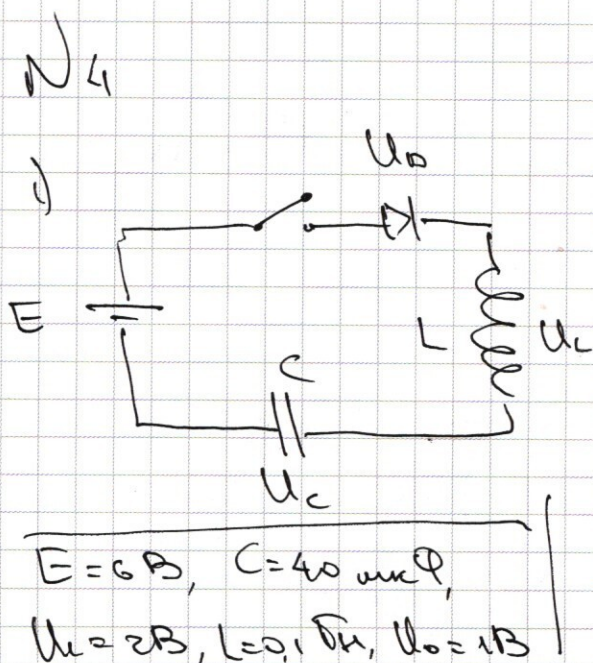
Изобразим $\vec{U}$, $\vec{U}_x$, $\vec{U}_y$ в сист коорд. (x, y) .

Видно, что ~~угол~~ α - угол между $\vec{U}$ и осью Ox - равен $\arctg\left(\frac{|\vec{U}_y|}{|\vec{U}_x|}\right) = \arctg\left(\frac{24V}{32V}\right) = \arctg\left(\frac{3}{4}\right) //$

Тогда ~~по~~ по теореме Пифагора $U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{(32V)^2 + (24V)^2} = 40V //$

Посчитаем f_2 . $f_2 = \frac{f_1 \cdot F}{f_1 - F} = \frac{\frac{5}{4}F \cdot F}{\frac{5}{4}F - F} = \frac{\frac{5}{4}F^2}{\frac{1}{4}F} = 5F //$

Ответ: $5F$; $\arctg\left(\frac{3}{4}\right)$; $40V$.



~~Решение~~ Пусть U_0 - напр. на диоде, U_L - напр. на катушке, U_C - напр. на конденсаторе. Когда ключ разомкнут, то $U_L = 0$, $U_C = -U_0$. Тогда $U_0 = E - U_C - U_L = 6 - (-2) - 0 = 8 > U_0 = 1V \Rightarrow$ диод открыт

Тогда $E = U_L + U_C$, $U_L = L \cdot I'$, где I - ток в цепи,
 $\Rightarrow U_L = E - U_C = E - L \cdot I' \Rightarrow I' = \frac{E - U_C}{L} = \frac{6 - (-2)}{0,1} =$
 $= \frac{8}{0,1} = 8 \frac{\text{А}}{\text{сек}}$

- 3) Если на конденсаторе постоянное напряжение, то ~~напряжение на катушке нет~~ тока на катушке нет, то э.м.с. и ток, и ск-ть его изменения равна нулю. Значит напряжение на катушке тоже нет. ~~При этом $E = U_C$~~
- 2) Когда ток максимален, то ск-ть его изменения равна нулю $I' = 0 \Rightarrow U_L = L I' = 0$, т.е. напр. на катушке нет.

$A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C$ - работа источника равна изменению энергии конденсатора и катушки

$A_{ист} = q \cdot E$, где q - заряд добавл. на правую обкладку конденсатора

$$\Delta W_L = \frac{L I_m^2}{2} - 0; \quad \&$$

~~$$\Delta W_C = \frac{C U^2}{2} - 0$$~~

Из нач. заряд на конденсаторе $q_1 = C \cdot U_1$

$$\Delta W = \frac{(-q_1 + q)^2}{2C} - \frac{q_1^2}{2C}$$

и 3

- 3) Пусть радиус обкладок $R = \sqrt[3]{\frac{3S}{4\pi}}$. Тогда потенциал заряда в поле первой обкладки - это $\varphi_1 = k \frac{q}{R+0,3d}$; в поле второй $\varphi_2 = k \frac{q}{R+0,2d}$
- Тогда

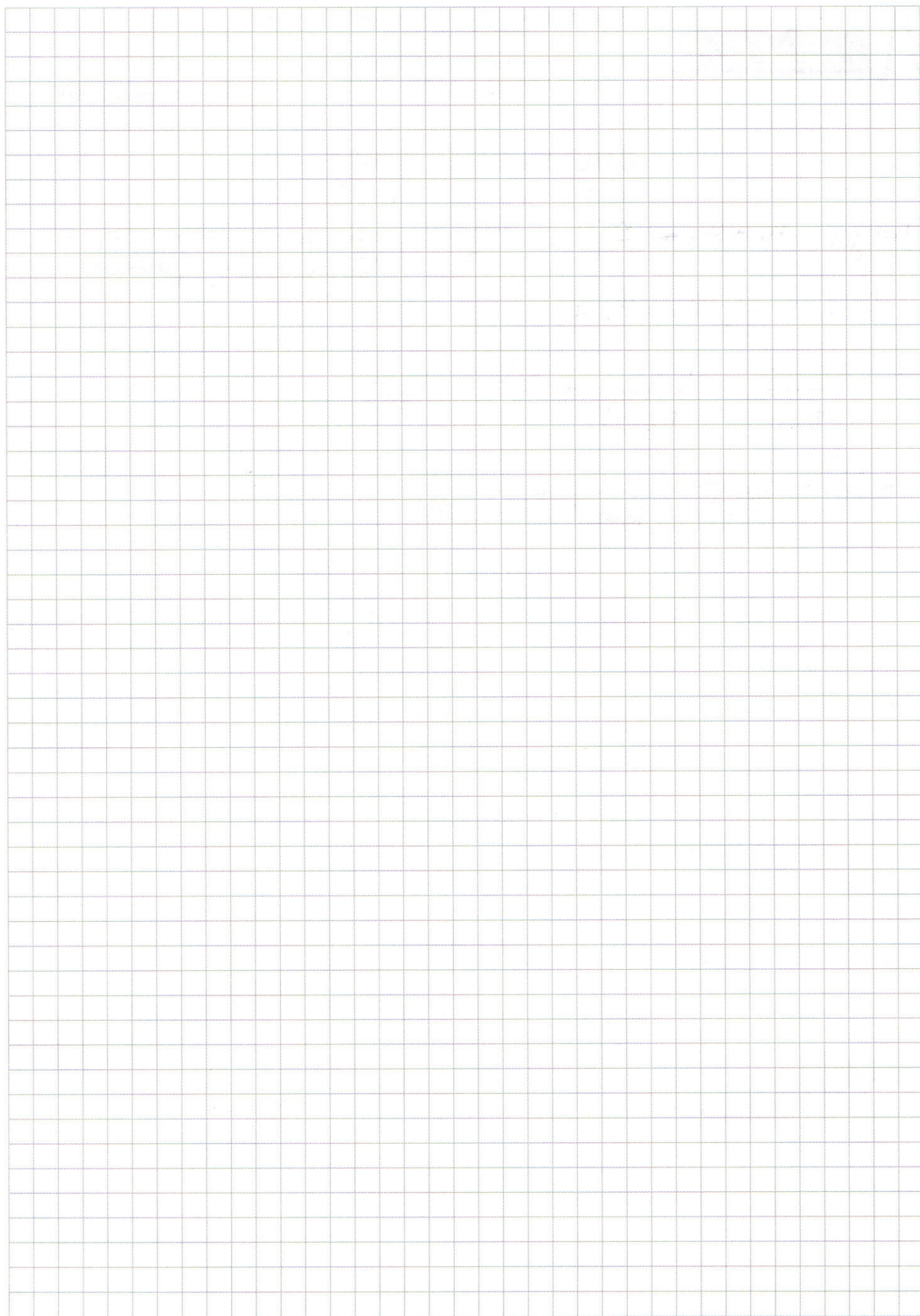
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда $A_1 + A_2 = \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$, где V_2 — скорость на
большом удалении

$$A_1 = \varphi_1 \cdot q, \quad A_2 = \varphi_2 \cdot q$$

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{R+0,3d} + k \frac{q^2}{R+0,7d} + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow V_2^2 = \frac{2kq^2}{m} \cdot \left(\frac{1}{R+0,3d} + \frac{1}{R+0,7d} \right)$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$Q_{12} = \frac{3}{2} \rho_0 V_0$~~ $Q_{31} = \frac{3}{2} \rho_0 V_0 \cdot \frac{1-n^2}{2}$ $\Delta U_{31} = Q_{31} - A'_{31}$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \rho_0 R (\tau_{31}) = \frac{3}{2} \rho_0 R (\tau_1 - \tau_3) = \frac{3}{2} (\rho_0 V_0 - n^2 \rho_0 V_0)$$

A'_{31} — площадь под графиком, взятая с отриц. знаком,
т.к. ~~$\Delta U_{31} > 0$~~ $\Delta U_{31} < 0$

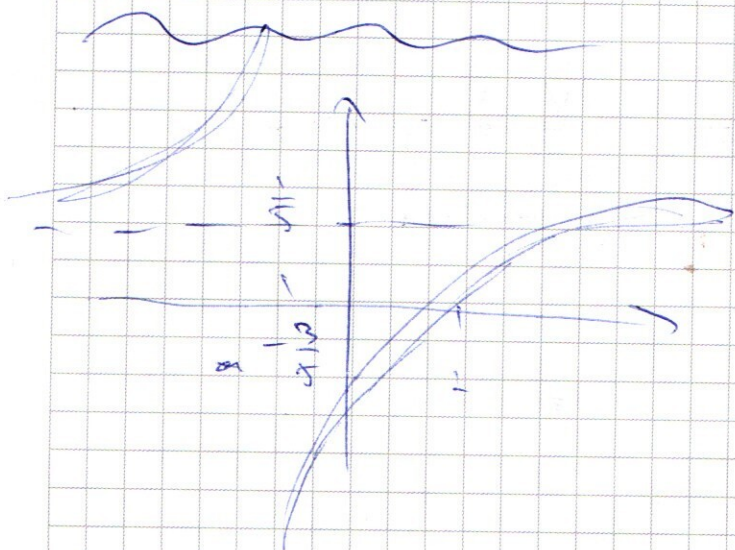
$$A'_{31} = - \frac{n\rho_0 + \rho_0}{2} \cdot (nV_0 - V_0) = \frac{\rho_0 V_0 \cdot \frac{n^2-1}{2}}{1} = \rho_0 V_0 \cdot \frac{1-n^2}{2}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31} = \rho_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} (1-n^2) + \rho_0 V_0 \cdot \frac{n^2-1}{2} =$$

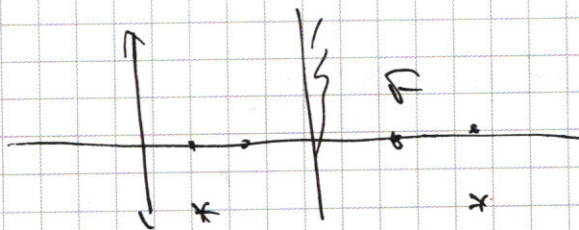
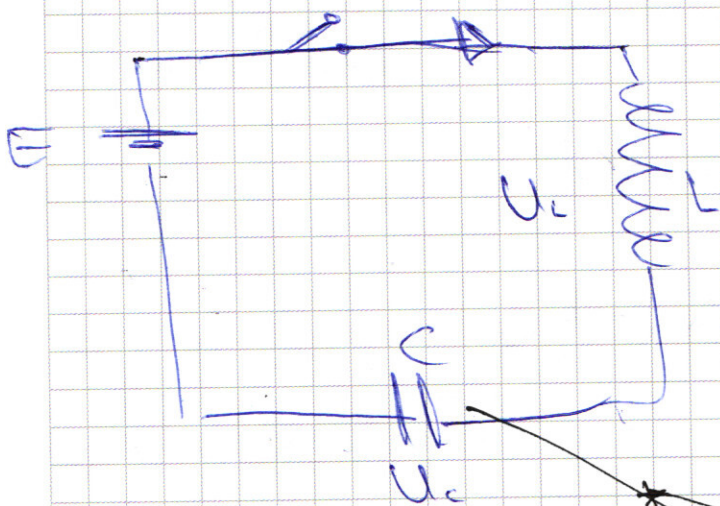
$$= \rho_0 V_0 \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{3}{2}n^2 + \frac{n^2}{2} - \frac{1}{2} \right) = \rho_0 V_0 \cdot 2(1-n^2) < 0 \Rightarrow \text{не уч.}$$

$$\eta = \frac{A'_{12} + A'_{23} + A'_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{0 + \rho_0 V_0 \cdot (n^2 - n) - \rho_0 V_0 \cdot \frac{1-n^2}{2}}{\rho_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} (n-1) + \rho_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} (n^2 - n)}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} = \frac{3}{2} \rho_0 R (\tau_2 - \tau_1) + 0 = \frac{3}{2} (\rho_0 R \tau_2 - \rho_0 R \tau_1) = \frac{3}{2} \cdot (\rho_0 V_0$$

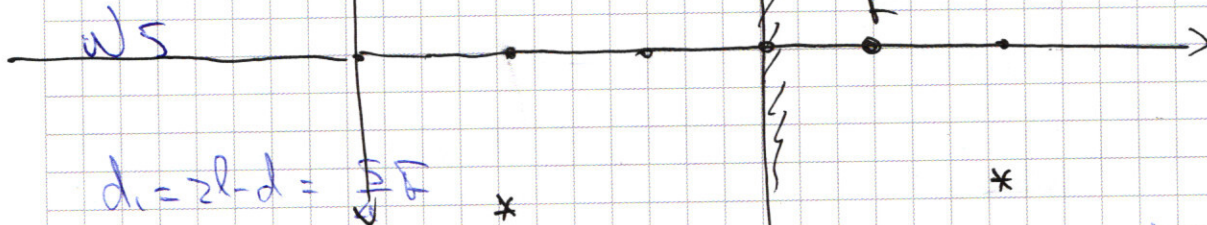
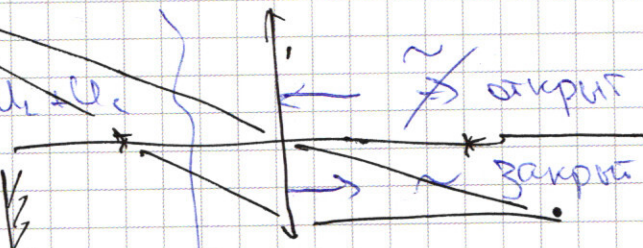


$$E = 6, C = 40 \text{ мкФ}, U_1 = 2 \text{ В}, \\ L = 0,1 \text{ Гн}, U_0 = 1 \text{ В}$$

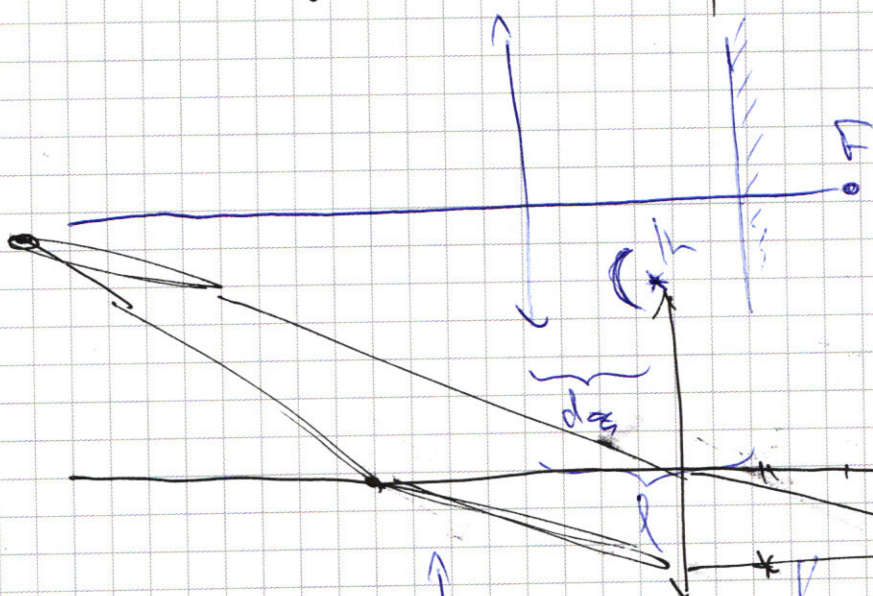


$$L + U_C - E > U_0 \Rightarrow E = U_L + U_C$$

$$< \Rightarrow$$

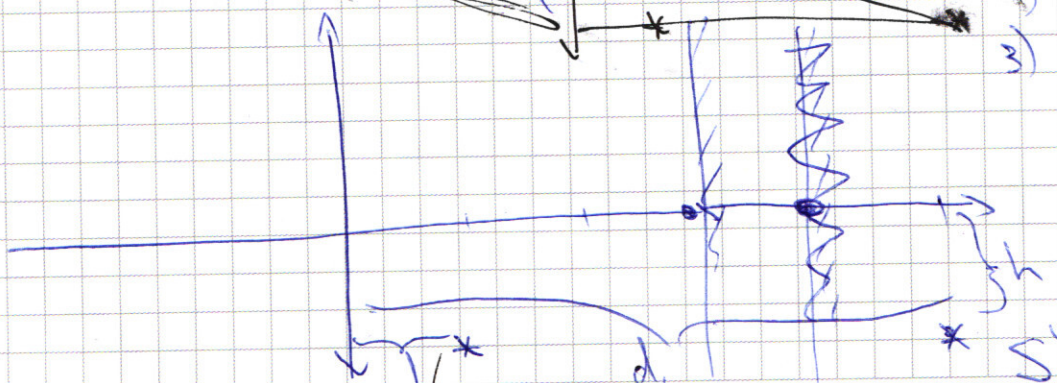


$$d_1 = 2l - d = \frac{3l}{4}$$



$$d = \frac{3l}{4}$$

- 1) $\frac{3l}{4}$ расст. между уз. и н.
- 2) $d(V, 0, 0)$
- 3) $V = ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

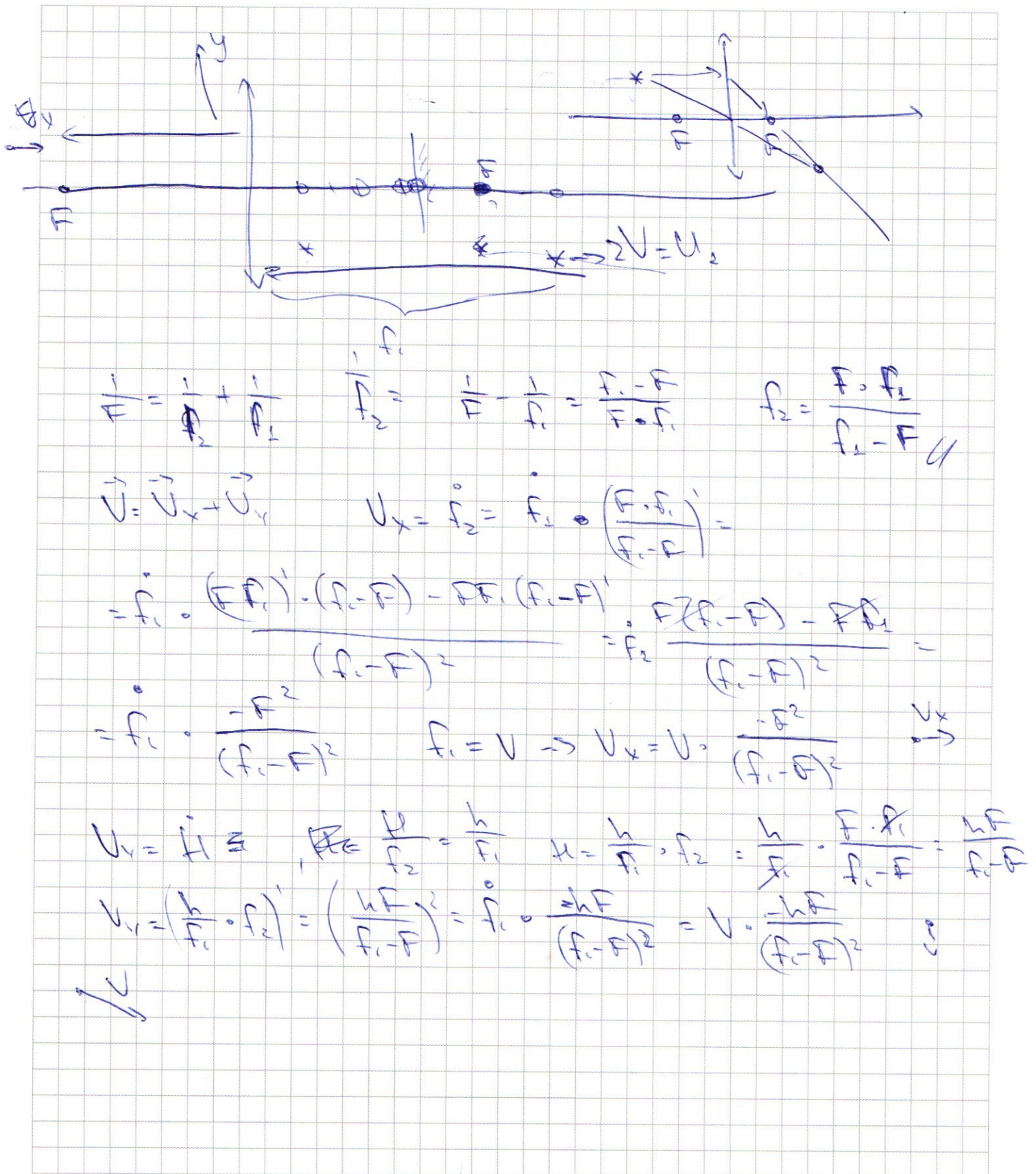


Diagram 1: A particle moves along the x-axis with velocity u . A coordinate system (x, y) is shown.

Diagram 2: A coordinate system where the particle's velocity is decomposed into components. The velocity u is shown as a vector along the x-axis. The velocity u_x is shown as a vector along the x-axis. The velocity u_y is shown as a vector along the y-axis. The velocity u is shown as a vector along the x-axis. The velocity u_x is shown as a vector along the x-axis. The velocity u_y is shown as a vector along the y-axis.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F_1} = \frac{F_1 - F}{F \cdot F_1}$$

$$F_2 = \frac{F \cdot F_1}{F_1 - F}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y$$

$$V_x = F_2 = F_1 \cdot \left(\frac{F \cdot F_1}{F_1 - F} \right) =$$

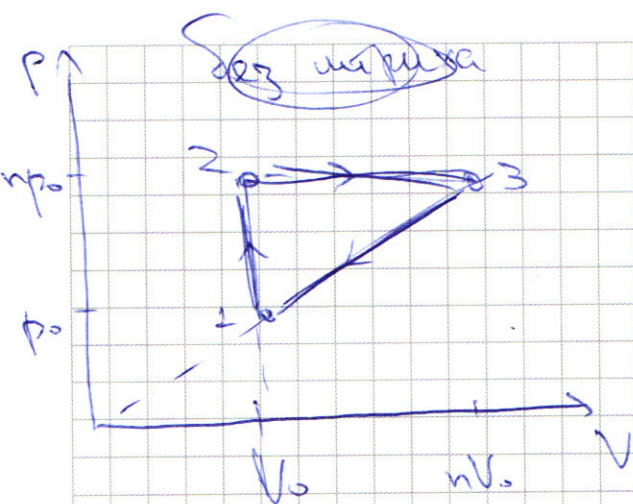
$$= F_1 \cdot \frac{(F \cdot F_1) \cdot (F_1 - F) - F F_1 (F_1 - F)}{(F_1 - F)^2} = F_2 \cdot \frac{F(F_1 - F) - F F_1}{(F_1 - F)^2} =$$

$$= F_1 \cdot \frac{-F^2}{(F_1 - F)^2}$$

$$F_1 = V \rightarrow V_x = V \cdot \frac{-F^2}{(F_1 - F)^2}$$

$$V_x = F_1 \cdot \frac{F}{F_2} = \frac{h}{F_1} \cdot F_2 = \frac{h}{F_1} \cdot \frac{F \cdot F_1}{F_1 - F} = \frac{h F}{F_1 - F}$$

$$V_x = \left(\frac{h}{F_1} \cdot F_2 \right) = \left(\frac{h F}{F_1 - F} \right) = F_1 \cdot \frac{-h F}{(F_1 - F)^2} = V \cdot \frac{-h F}{(F_1 - F)^2}$$



$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot (np_0 V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} (n-1) p_0 V_0$$

$$A_{12} = 0$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (n^2 p_0 V_0 - np_0 V_0) = \frac{5}{2} (n^2 - n) p_0 V_0$$

$$A_{23} = np_0 \cdot (nV_0 - V_0) = (n^2 - n) p_0 V_0$$

$$Q_{31} = \nu U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + A_{31} =$$

$$A_{31} = - (nV_0 - V_0) \cdot \frac{np_0 + p_0}{2} = - \frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0$$

$$Q_{31} = - \frac{3}{2} (p_0 V_0 - n^2 p_0 V_0) = - \frac{3}{2} (n^2 - 1) p_0 V_0$$

$$= - \frac{3}{2} (n^2 - 1) p_0 V_0 - \frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0 = - 2(n^2 - 1) p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{+}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{0 + (n^2 - n) p_0 V_0 + \frac{n^2 - 1}{2} p_0 V_0}{\frac{3}{2} (n-1) p_0 V_0 + \frac{5}{2} (n^2 - n) p_0 V_0} =$$

$$= \frac{(n^2 - n) - \frac{n^2 - 1}{2}}{\frac{3}{2} (n-1) + \frac{5}{2} (n^2 - n)} = \frac{n^2 - n - \frac{n^2}{2} + \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} n - \frac{3}{2} + \frac{5}{2} n^2 - \frac{5}{2} n} =$$

$$= \frac{\frac{n^2}{2} - n + \frac{1}{2}}{\frac{5}{2} n^2 - 2n - \frac{3}{2}} = \frac{n^2 - 2n + 1}{5n^2 - 2n - 3} = \frac{(n-1)^2}{(5n+3)(n-1)}$$

$$= \frac{(n-1)^2}{(5n+3)(n-1)} = \frac{n-1}{5n+3} = \frac{1}{5} \cdot \frac{n-1}{n+\frac{3}{5}}$$

$$f'(x) = \frac{1}{5} \cdot \frac{(n-1)' \cdot (n+\frac{3}{5}) - (n-1) \cdot (5n+3)'}{(5n+3)^2} = \frac{(n-1)' \cdot (5n+3) - (n-1) \cdot (5n+3)'}{(5n+3)^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Т.к. нить нерастяжима, то

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

$$U = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} V = \frac{\frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} V = \left(\frac{25}{17} \right) V = kV$$

$$\cos(30^\circ + 30^\circ) = \cos \frac{3}{4} - \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

$$U^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

$$P = F \cdot t \quad F = \dot{P} \quad \Delta P = m \Delta V \quad F = ma$$

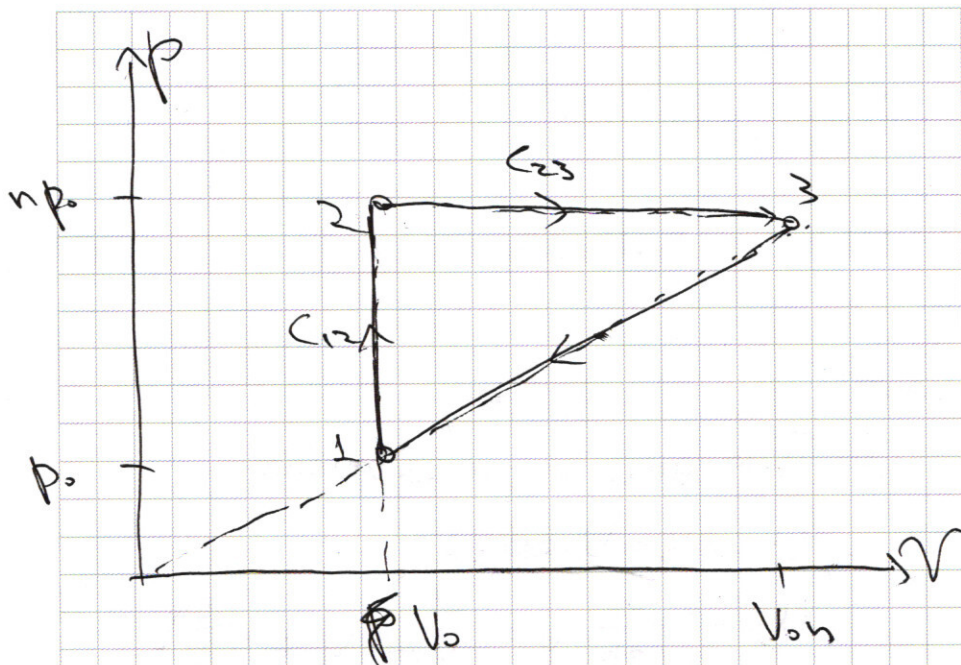
$$a_n = \frac{U^2}{R} \quad a = \frac{a_n}{\sin \beta} \Rightarrow a = \frac{U^2}{R \sin \beta}$$

$$F = ma = \frac{mU^2}{R \sin \beta}$$

$$\cos(90^\circ) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

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

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta\right) = \cos(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$



$$1) \frac{C_{12}}{C_{23}} \rightarrow ?$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}}$$

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

$$1) \quad C_{12} = C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - A'_{12}$$

$$A'_{12} = 0, \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \left[\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \right] = p_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} (n-1) = \frac{3}{2} p_0 V_0$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{(T_2 - T_1)} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} \nu R \quad C_{12} = \frac{3}{2} R \quad \frac{1 \text{ моль}}{1 \text{ К}}$$

$$\Delta U_{23} = Q_{23} - A'_{23} \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A'_{23} = n p_0 \cdot (\Delta V_{23} = n p_0 \cdot (n V_0 - V_0)) = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} \nu R, \quad C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

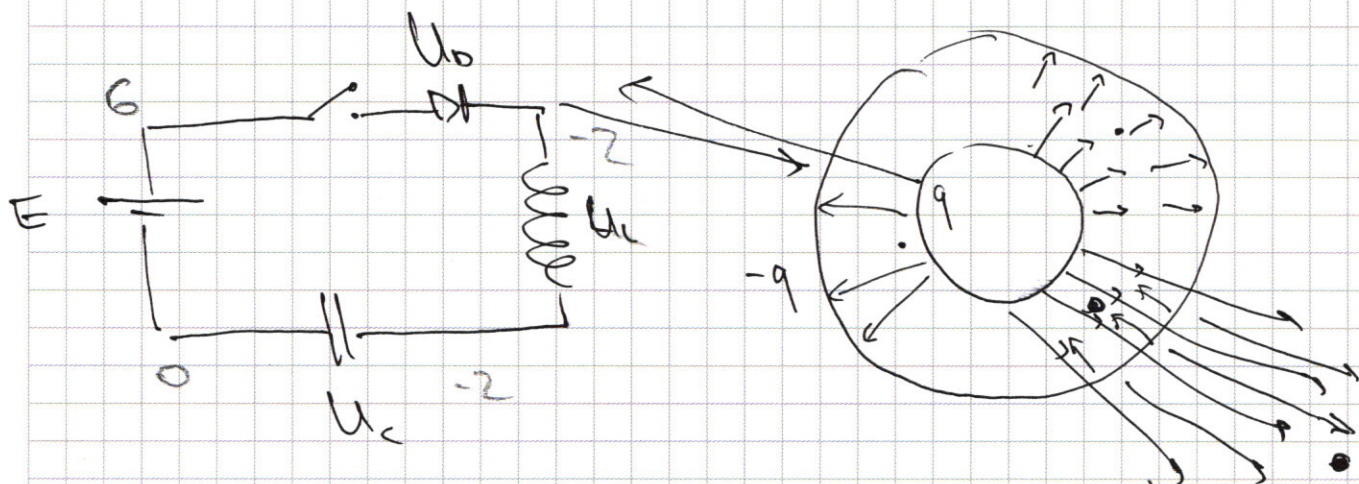
$$2) \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2), \quad A'_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$= \frac{(5n+3) - 5(n-1)}{(5n+3)^2} = \frac{8}{(5n+3)^2} \Rightarrow f(x) = \log p$$

При $n \rightarrow \infty$ $f(x)$ монот. возр.

При $n = \infty$ $f(x) = \frac{1}{5}$



Всего м. зам., то $U_0 = U_c + U_c - E = 0 \neq -$

$U_0 = E - U_c - U_c = 6 - 0 - (-2) = 8$

$\varphi = k \frac{q}{r}$

$\approx k \frac{q}{R}$