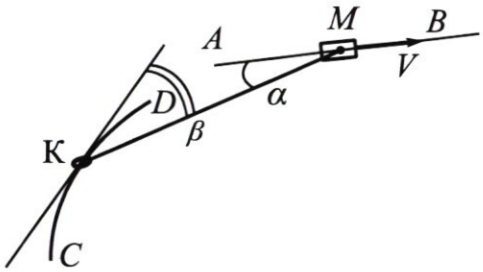
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-04

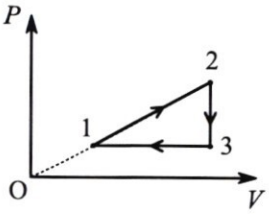
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.



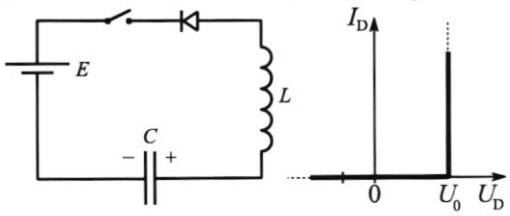
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

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.

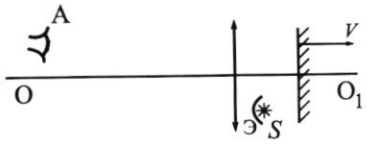
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

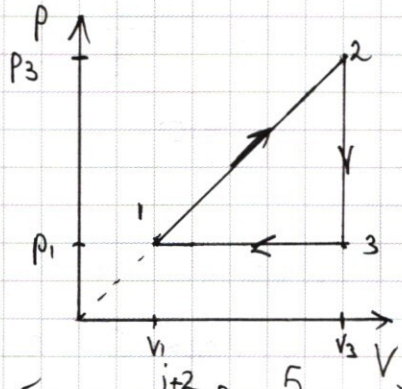
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

N2



1) Понижение температуры происходило на участках 2-3 и 3-1

Воспользуемся тем что 2-3 - изохорный процесс $\Rightarrow$ ~~$C_V = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$~~ $C_V = \frac{i}{2}R \Rightarrow$ для одноатомного $C_V = \frac{3}{2}R$, а 3-1 - изобарный $\Rightarrow C_p = \frac{i+2}{2}R = \frac{5}{2}R \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}}$

2) Для процесса 1-2: $Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$; $\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{1-2}$

A_{1-2} - площадь под графиком (трапеция) $\Rightarrow A_{1-2} = \frac{(p_1+p_3)(V_3-V_1)}{2}$

Т.к. $p = const V \Rightarrow p_1V_3 - p_3V_1 = 0 \Rightarrow A_{1-2} = \frac{p_3V_3 - p_1V_1}{2} = \frac{1}{2}\nu R \Delta T_{1-2} \Rightarrow$

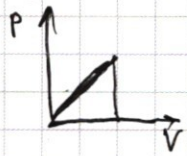
$\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R \Delta T_{1-2}}{\frac{1}{2}\nu R \Delta T_{1-2}} = 3}$

3) $\eta = \frac{A_{цикл}}{Q_{подв.}} = \frac{A_{1-2} - A_{1-3}}{Q_{подв.}}$

Теплота подводится только в процессе 1-2 и она равна $Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} = 2\nu R \Delta T_{1-2}$

Работа за цикл это ~~Б~~ треугольник

$S_\Delta = S_{трапеции} - S_\square \Rightarrow$ максимальная работа будет при условии $S_\square = 0 \Rightarrow$ в предельном случае цикл надо начинать из нулевых p и V:

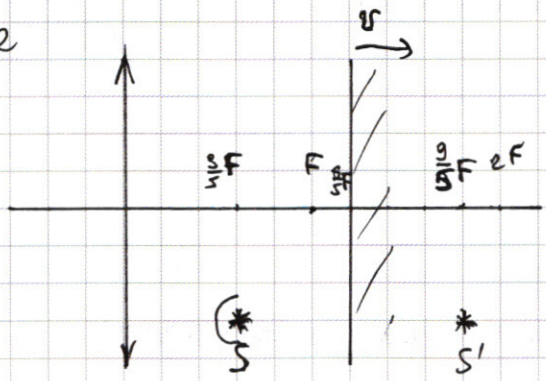


$\eta = \frac{A_{1-2}}{Q_{1-2}} = \frac{\frac{1}{2}\nu R \Delta T_{1-2}}{2\nu R \Delta T_{1-2}} \cdot 100\% = \boxed{25\%}$

Ответы: 1) $\frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$ 2) $\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = 3$ 3) $\eta = 25\%$

N5

В СО земли:

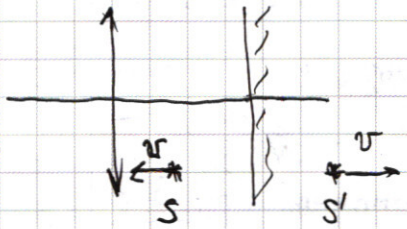


1) Т.к. зеркало даёт симметричное изображение => S' находится на расстоянии $f_1 = \frac{9}{5}F$ =>

по формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$

$$\frac{1}{d_1} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} \Rightarrow d_1 = \frac{9}{4}F$$

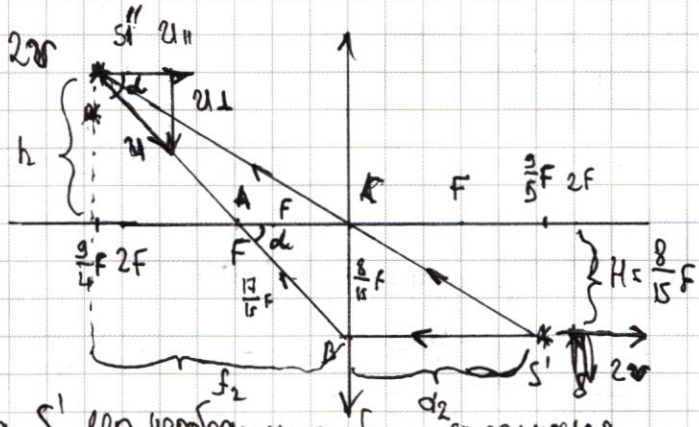
В СО зеркала:



2) При пересадке в СО зеркала скорость изображения зеркала будет v. влево, т.к. зеркало также движется влево => в СО земли скорость изображения S' будет 2v

Высота источника S'' над OO_1:

$$h = \Gamma H = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F} \cdot \frac{8}{15}F = \frac{5}{4} \cdot \frac{8}{15} = \frac{2}{3}F$$



При удалении на бесконечность источника S' его изображение будет стремиться в фокус => из прямоуг. △ ACB: $\boxed{tg\alpha = \frac{H}{F} = \frac{8}{15}}$ => $\cos\alpha = \frac{15}{17}$

3) Воспользуемся тем что продольные скорости относятся как Γ^2

$$\Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{\frac{9}{5}}{\frac{9}{4}} = \frac{5}{4} \Rightarrow u_{\parallel} = \Gamma^2 2v \Rightarrow u = \frac{\Gamma^2 2v}{\cos\alpha} =$$

(для 3 рис. поменяй обознач)

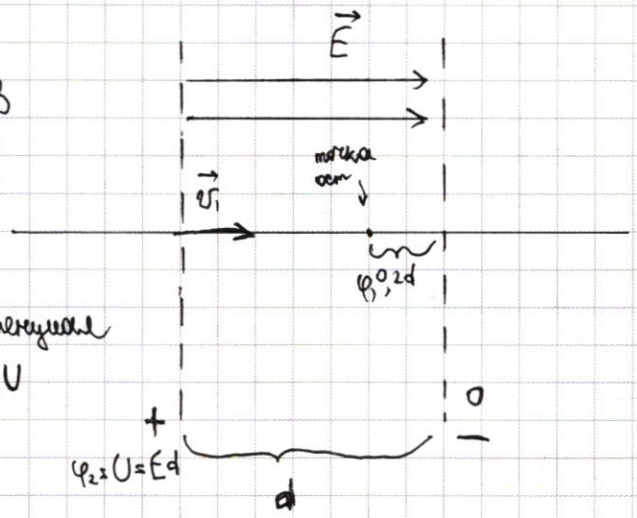
$$= \frac{\frac{25}{16} \cdot 2v}{\frac{15}{17}} = \boxed{\frac{85}{24}v}$$

Ответ: 1) $d_1 = \frac{9}{4}F$ 2) $\cos\alpha = \frac{15}{17}$, $tg\alpha = \frac{8}{15}$ 3) $u = \frac{85}{24}v$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3



1) Воспользуемся методом потенциалов и возьмём потенциал отрицательной пластины за ноль, тогда у полож. $\varphi_2 = U = Ed$, тогда у точки остановки потенциал $\varphi_1 = 0{,}2Ed$ $\varphi_1 - \varphi_2 = -0{,}8Ed = -0{,}8U$

По ЗСЭ: $\frac{mv_1^2}{2} = -q(\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1{,}6U}}$

2) На частицу все время действует постоянная сила Кулона, равная $|F_{кл}| = |q|E$

$ma = qE \Rightarrow a = \frac{qE}{m} = \gamma E = \frac{v_1^2}{1{,}6U} \cdot E = \frac{v_1^2}{1{,}6d}$

При вылете частицы: $0{,}8d = \frac{at^2}{2}$

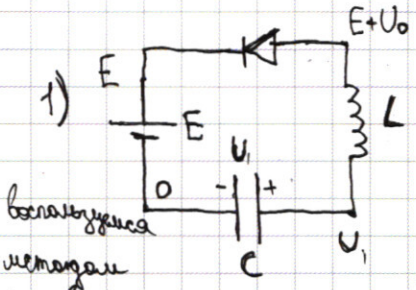
$t = \sqrt{\frac{1{,}6d}{a}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1{,}6d \cdot 1{,}6d}{v_1^2}} = \boxed{\frac{1{,}6d}{v_1}}$

3) При вылете частицы на нее перестает действовать сила Кулона $\Rightarrow v_0 = at$

$\Rightarrow v_0 = \frac{1{,}6d}{v_1} \cdot \frac{v_1^2}{1{,}6d} = v_1$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{v_1^2}{1{,}6U}$ 2) $t = \frac{1{,}6d}{v_1}$ 3) $v_0 = v_1$

№4

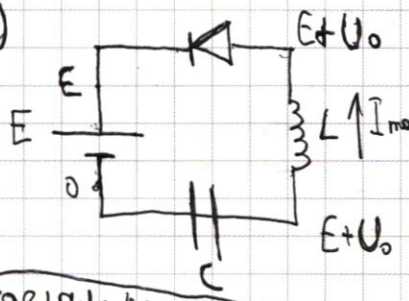
1) 

воспользуемся методом узловых потенциалов.

При замыкании ключа напряжение на конд и ток через катушку скачком не изменятся.

В следующий момент конденсатор начнет перезаряжаться ⇒ появится ток через диод ⇒ на нём должно быть пороговое напряжение. ⇒ $u_L = U_1 - E - U_0 = LI' \Rightarrow$

$$\Rightarrow I' = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{9-6-1}{0{,}4} = 5\ \left[\frac{A}{c}\right]$$

2) 

Когда ток максимален напряжение на катушке равно 0 $u_L = LI' = 0$.

по ЗСЭ:

$$A_{ист} = W(\tau_2) - W(0) + Q$$

$Q = 0$ $\quad \varphi_2 = 2B$

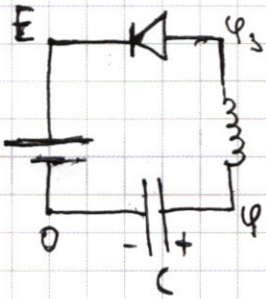
$\Delta q = C(U_1 - E - U_0)$

утекший заряд с конд

переделал потом

$$-C(U_1 - E - U_0)E = \frac{LI_{max}^2}{2} + \frac{C\varphi_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{CU_1^2 - C\varphi^2 - 2C\varphi^2 E}{L}} = \sqrt{\frac{10\cdot10^{-6}(81-12)}{0{,}4}} = \frac{\sqrt{69}}{2\cdot10^{-3}} = \sqrt{\frac{10\cdot10^{-6}(81-4-36)}{0{,}4}} = \frac{\sqrt{41}}{2\cdot10^{-4}}\ A$$

3) 

В установившемся режиме тока нет, $u_L = 0$.

Когда в колеб. контуре заряд начнет перетекать обратно, то его остановит диод и на нем будет напряжение.

Тогда по ЗСЭ: $A_{ист} = W(\tau_3) - W(0)$

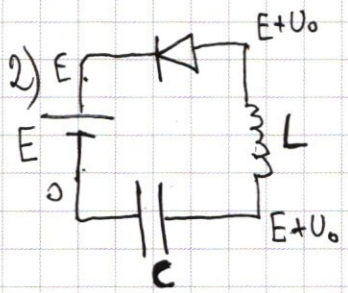
$$-C(U_1 - \varphi_3)E = \frac{C\varphi_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\varphi_3^2 - 2\varphi_3 E - (U_1^2 - U_1 E) = 0$$

$$\varphi_3 = \frac{2E - \sqrt{4E^2 + 4U_1^2 - 4U_1E}}{2} = 9 - \sqrt{81 + 36 + 81 - 54} = 9 - 3\sqrt{7}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



$A_{ист} = W(\tau_2) - W(0)$

$-CE(U_1 - E - U_0) = \frac{C(E+U_0)^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

$I_{max} = \sqrt{\frac{C(U_1^2 - 2E(U_1 - E - U_0) - (E+U_0)^2)}{L}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}(81 - 24 - 49)}{0{,}4}} =$

$= \sqrt{\frac{10^{-4} \cdot 8}{4}} = \frac{\sqrt{2}}{100}$ [A]

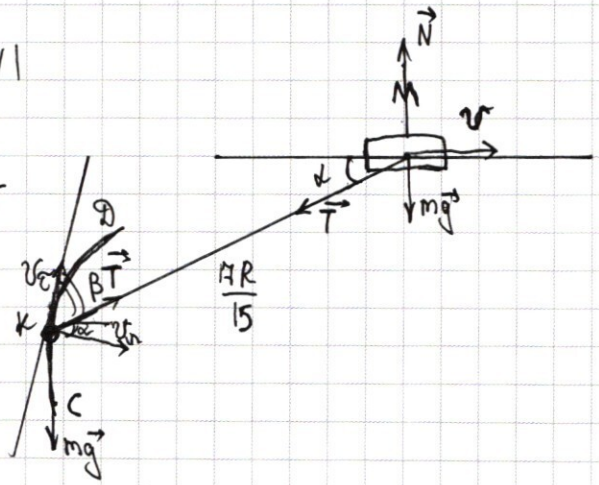
Ответ: 1) $5\ \frac{A}{c}$ 2) $\frac{\sqrt{2}}{100}$ A 3) $9 - 3\sqrt{7}$ B

N1

1) $u = \frac{v}{\cos\beta} = \frac{17}{8}v$

2) $u_{отн} = u \sin\alpha = \frac{17}{\cancel{8}_{2}} \cdot \frac{\cancel{4}}{5} v = 1{,}7v$

$u_n = \frac{v}{\sin\alpha} =$



☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

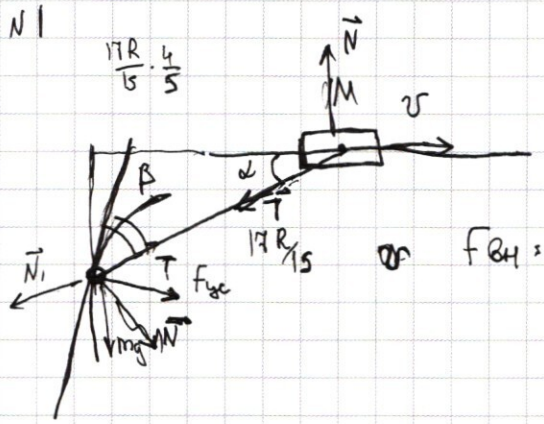
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

$\frac{17R}{6}\cdot\frac{4}{5}=$

$\frac{17R}{6}\cdot\frac{4}{5}$



$F_{вн} = T\cdot\cos\alpha$

$$\begin{array}{r} 81 \\ -22 \\ \hline 59 \end{array}$$

$C=\frac{q}{U}$

$$\begin{array}{r} 81 \\ -240 \\ \hline 57 \\ -49 \\ \hline 8 \end{array}$$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик

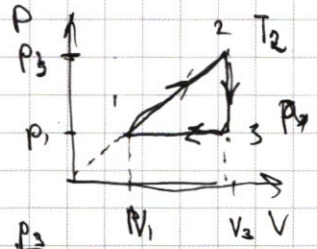
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



$C = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T}$

понижение T 2-3 и 3-1

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}$

2-3 $Q = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{2-3}$ $A = 0$

$p_1 V_3$

$p_1 V_3 = \nu R T_3$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

$A_{1-2} = \frac{(p_1+p_3)(V_3-V_1)}{2} = \frac{p_3V_3 - p_1V_1}{2} = \frac{\nu}{2} R\Delta T_{1-2}$

3-1 $Q_{3-1} = A_{1-3} + \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{3-1}$

$A_{1-3} = p_1(V_3 - V_1)$

$A_{3-1} = \nu R \Delta T_{3-1}$

1-2: $Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$

$Q_{1-2} =$ $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{1-2}$

$Q_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{2-3}$

$Q_{3-1} = \frac{5}{2}\nu R \Delta T_{3-1}$

$\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = 3$

C_p $C_V = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$

$C_{3-1} = \frac{5}{2}R$

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

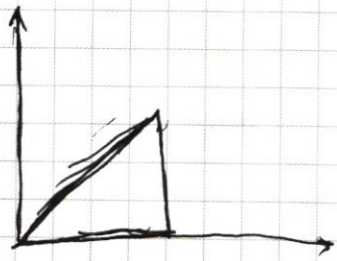
3) $\eta = \frac{A_{1-2} - A_{1-3}}{Q_{1-2}} = \frac{\frac{1}{2}\nu R\Delta T_{1-2} - \nu R \Delta T_{3-1}}{(T_2 - T_1) \quad (T_3 - T_1)}$

$\Delta U_2 = 0$

$\nu RT_2 \quad \nu RT_1 \quad \nu RT_3 \quad \nu RT_3$

$\frac{(p_3-p_1)(V_3-V_1)}{2} = \frac{p_3V_3 + p_1V_1 - p_1V_3 - p_3V_1}{2}$

$Q_{1-2} = 2\nu R \Delta T_{1-2}$



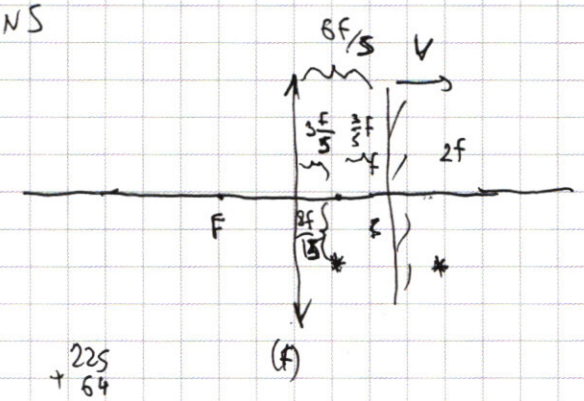
$Q_{1-2} =$

$A_{1-2} = \eta = \frac{\frac{1}{2}\nu R\Delta T_{1-2}}{2\nu R \Delta T_{1-2}} = 25\%$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

N5

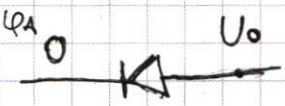


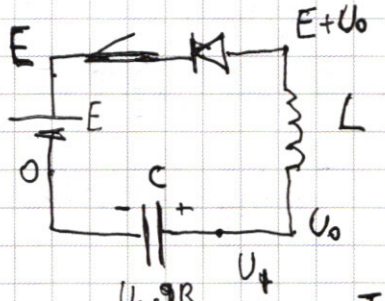
$$\begin{array}{r} 225 \\ +\ 64 \\ \hline 289 \end{array}$$

N4

Если так есть, то $\Delta\varphi = 0$

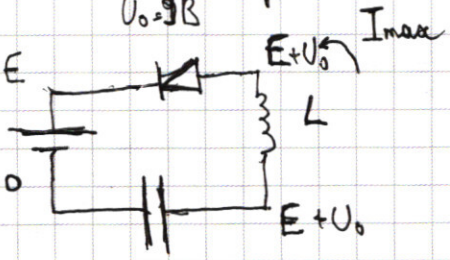
$\varphi_k - \varphi_A$



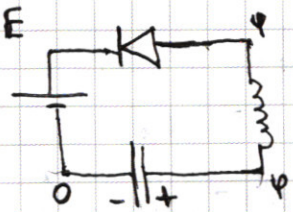


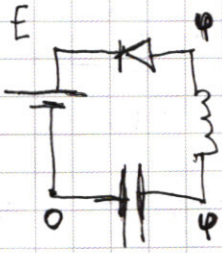
$U = LI'$

$I' = \frac{U_0 - E}{L}$



Тот сост. => такой ток.

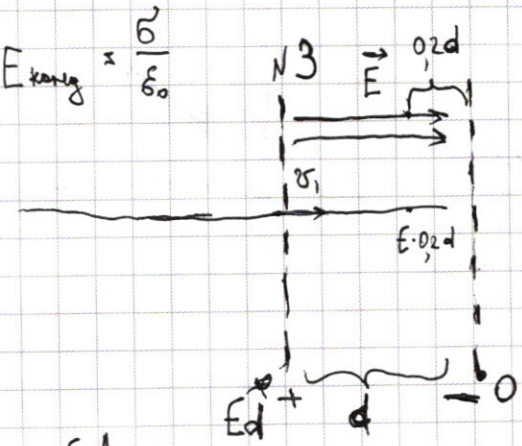




$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$E_{конд} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

N3



$$\begin{array}{r} 36 \\ +\ 81 \\ \hline 117 \\ -\ 54 \\ \hline 63 \end{array}$$

$U = Ed$

$E =$

$\frac{mv^2}{2} = q \cdot 0{,}8Ed$

$A = q\Delta\varphi$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)