

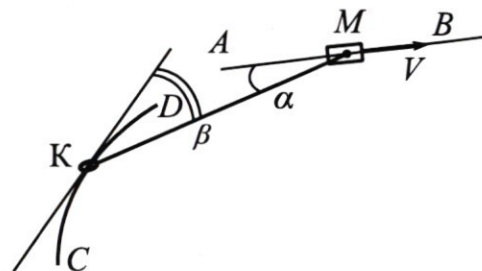
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-02

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

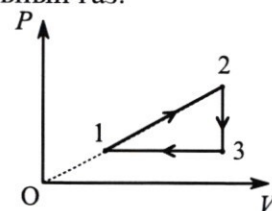
1. Муфту М двигают со скоростью  $V = 40$  см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой  $m = 1$  кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом  $R = 1,7$  м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной  $l = 17R/15$ . Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 3/5$ ) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

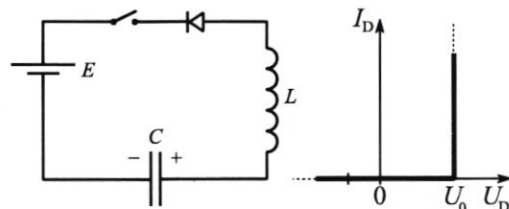


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния  $d$  между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью  $V_1$  и останавливается между обкладками на расстоянии  $0,2d$  от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы  $\frac{q}{m} = \gamma$ .

- 1) Найдите продолжительность  $T$  движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение  $U$  на конденсаторе.
- 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.

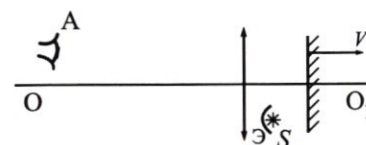
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 3$  В, конденсатор емкостью  $C = 20$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 6$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,2$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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.

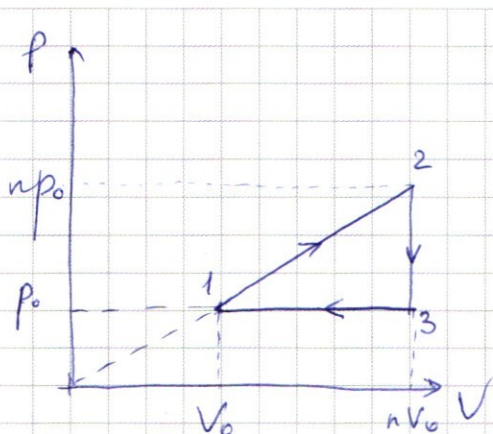
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$ , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника  $S$  может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси  $OO_1$  линзы. Источник  $S$  находится на расстоянии  $8F/15$  от оси  $OO_1$  и на расстоянии плоскости  $F/3$  от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью  $V$  вдоль оси  $OO_1$ . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии  $F$  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



$n=2$   
Пусть  $p_0, V_0$  - начальные давление  
и объём.

$$\eta = \frac{V_2}{V_0} = \frac{P_2}{P_0} \quad (\text{процесс } 1 \rightarrow 2)$$

$$V_2 = nV_0, \quad P_2 = nP_0$$

① Рассмотрим все процессы:

1 → 2

$$\uparrow P, \uparrow V, \uparrow T = \text{const}$$

- Соединенный газовый  
закон.  
 $\Delta T > 0$

2 → 3

$$\downarrow P, V = \text{const}, \downarrow T$$

$$\Delta T < 0$$

3 → 1

$$\downarrow P, \downarrow V, \downarrow T = \text{const}$$

$$\Delta T < 0$$

показание  $T$  уменьшается в процессах 2 → 3 и 3 → 1

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$$

2 → 3

$$V = \text{const}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\nu \Delta T_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu \Delta T_{23}} = \frac{3}{2} R$$

3 → 1

$$P = \text{const}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + p \Delta V$$

$$\begin{cases} P_3 V_3 = \nu R T_3 \\ P_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases} \leftarrow \text{уравн. Менделеева}$$

$$p \Delta V_{31} = \nu R \Delta T_{31}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \nu R \Delta T_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{\gamma \Delta T_{31}} = \frac{\frac{5}{2} \gamma R \Delta T_{31}}{\gamma \Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

Ответ: 0,6

$$(2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} = ?$$

$A_{12}$  - площадь под графиком процесса 1-2 (площадь трапеции)

$$A_{12} = \frac{1}{2} \cdot h \cdot (a+b) = \frac{1}{2} \cdot (nV_0 - V_0) \cdot (p_0 + np_0) = \frac{p_0 V_0 (n^2 - 1)}{2} (1)$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12}$$

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \gamma R T_1 \\ n p_0 \cdot n V_0 = \gamma R T_2 \end{cases} \quad \text{— ур-е клас.-мех. для 1 и 2 состояний}$$

$$\Rightarrow (-p_0 V_0 + n p_0 \cdot n V_0) = \gamma R \Delta T_{12}$$

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

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

$U_3$  (1) и (2):

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 p_0 V_0 (n^2 - 1)}{\frac{p_0 V_0 (n^2 - 1)}{2}} = 4$$

Ответ: 4

$$(3) \eta = \frac{A_{\text{полезное}}}{Q_{\text{загр. кин.}}}$$

$A_{\text{полезное}}$  можно посчитать, вычислив площадь "треугольника" 123.

$$\textcircled{3} A_{\text{полезное}} = \frac{1}{2} \cdot (nV_0 - V_0) \cdot (np_0 - p_0) = \frac{p_0 V_0 (n-1)^2}{2} (3)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Зарядка — сумма  $Q$  в процессах, где  $Q > 0$ .

То есть это процесс, где  $V$  увеличивается.

В начале пункта ① видно, что такой процесс только  $1 \rightarrow 2$ , поэтому  $Q = Q_{12}$

В пункте ② мы уже находим  $Q_{12}$ :  $Q_{12} = 2\rho_0 V_0 (n^2 - 1)/4$

$$\eta = \frac{\frac{\rho_0 V_0 (n-1)^2}{2}}{2\rho_0 V_0 (n^2 - 1)} = \frac{(n-1)(n-1)}{4(n-1)(n+1)} = \frac{n-1}{4(n+1)} \quad \text{max}$$

$n > 0$

Ответ: 1) 0,6  
2) 4  
3) 0,25

$$n-1 = 4\eta(n+1)$$

$$n - 4\eta n = 1 + 4\eta$$

$$n(1 - 4\eta) = 1 + 4\eta$$

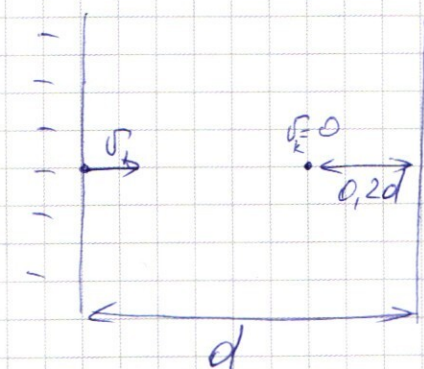
$$n = \frac{1+4\eta}{1-4\eta} \quad \text{Так как } n > 0, \quad 1-4\eta > 0$$

$$\eta < 0,25 \quad \text{также пред. зн-е } \eta$$

Дано  
 $E = 3V$   
 $C = 20 \cdot 10^{-6} F$   
 $U_1 = 6V$   
 $L = 0,2 H$   
 $U_0 = 1V$

Дано  
 $d, \sigma_1$   
 $0,2d$   
 $\gamma = \frac{q}{m}$   
1)  $T = ?$   
2)  $U = ?$

Решение



$S = 0,8d$  — путь,  
пройденный  
частицей в  
конденсаторе.  
По кинем. ф-лам:  
 $S = \frac{\sigma_1 + \sigma_k}{2} \cdot T, \quad \sigma_k = 0$

$$T = \frac{2S}{\sigma_1 + \sigma_2} = \frac{2 \cdot 0,8d}{\sigma_1} = \frac{1,6d}{\sigma_1}$$

Омбем:  $T = \frac{1,6d}{\sigma_1}$

$$U = Ed$$

$$E = \frac{A}{q} = \frac{F \cdot S}{q}$$

$$F = ma = m \cdot \frac{\sigma_1^2}{2S} = m \cdot \frac{\sigma_1^2}{2 \cdot 0,8d} = \frac{m\sigma_1^2}{1,6d}$$

$$E = \frac{\frac{m\sigma_1^2}{1,6d} \cdot 0,8d}{q} = \frac{m\sigma_1^2}{2q}$$

$$U = \frac{m\sigma_1^2}{2q} d = \frac{\sigma_1^2 d}{2\gamma}$$

Омбем:  $U = \frac{\sigma_1^2 d}{2\gamma}$

Омбем: 1)  $\frac{1,6d}{\sigma_1}$   
2)  $\frac{\sigma_1^2 d}{2\gamma}$

~5

Дано

$$F$$

$$\frac{2F}{15}, \frac{F}{3}$$

$$f = ?$$

$$u = ?$$

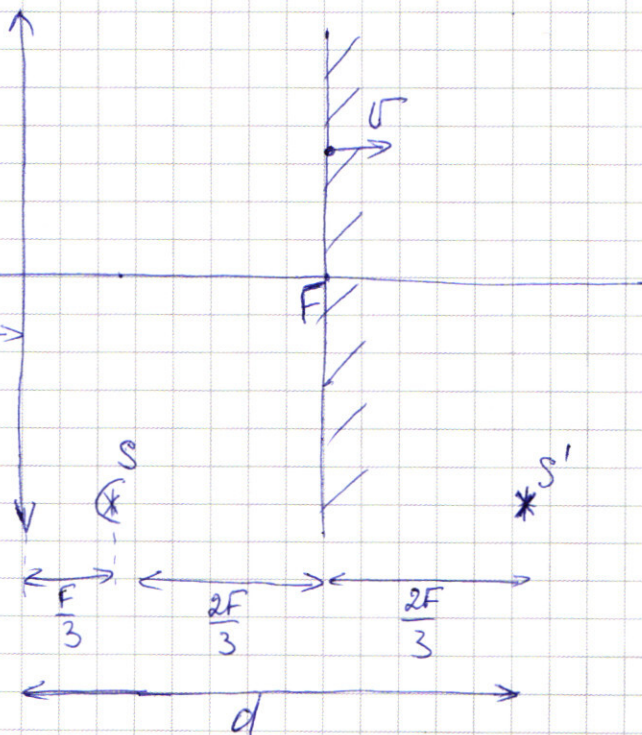
Решение

$S''$   
 $A$

Все параметры ук-но  $f$   
на рисунке.

$S'$  - отражение ис-ка света  
в зеркале. Именно оно

прох-т через линзу и рез-т  
виден наблюдателю.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Спроецируем скорости муфты и кольца на ось  $X$ .  $v_x = v \cos \alpha$ ,  $u_x = u \cos \beta$ .

Т.к. это один и тот же <sup>(единица скорости)</sup> трос, скорости можно принять равными

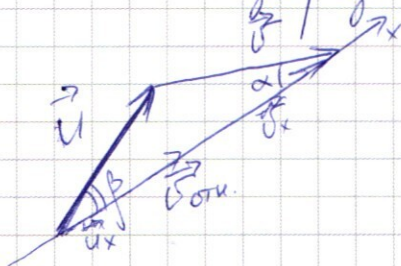
$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 17}{8 \cdot 5} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{u} + \vec{v}$$

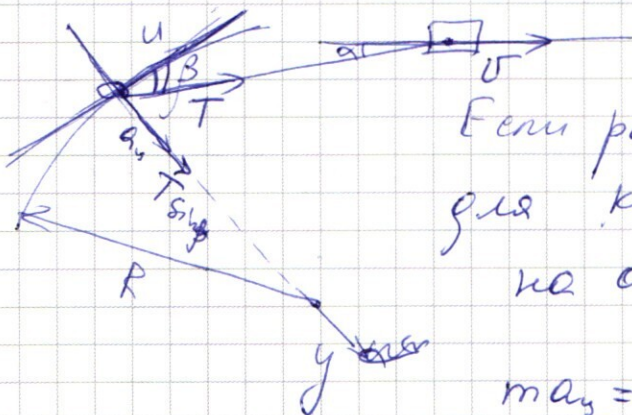
Изобразим эти векторы



$$v_{\text{отн}} = u_x + v_x = u \cos \beta + v \cos \alpha$$

$$v_{\text{отн}} = 51 \cdot \frac{8}{17} + 40 \cdot \frac{3}{5} = 24 + 24 = 48 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3



Если рассмотреть  $\Pi$  3-й Ньютона для кольца, в проекции на ось  $y$ , то получим:

$$m a_y = T \sin \alpha \sin \beta$$

$$m \frac{v^2}{R} = T \sin \alpha \sin \beta$$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{m v^2}{R \sqrt{1 - \cos^2 \beta}}$$

$$T = \frac{1 \cdot 0,51^2}{1,7 \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{17^2}}} = \frac{0,51 \cdot 0,51 \cdot 17}{1,7 \cdot \sqrt{225}}$$

$$① d = \frac{F}{3} + \frac{2F}{3} + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3} \quad (1)$$

объяснено  
на рисунке

$$\frac{1}{F} \neq \frac{1}{f} + \frac{1}{d} - \text{ф-ла тонкой линзы}$$

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

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{5F}{3}}{\frac{5F}{3} - F} = \frac{\frac{5F^2}{3}}{\frac{2F}{3}} = \frac{5F}{2} \quad (2)$$

③  $v_{отн}^*$  - скорость изображения в зеркале относительно линзы.

$$v_{отн}^* = 20 \quad (3)$$

$v_{отн}^{\prime}$  - скорость изображения

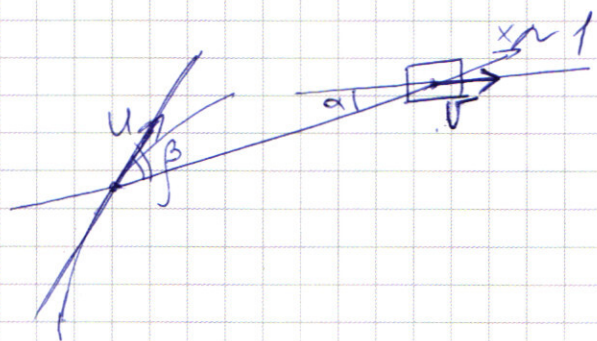
$v_{отн}^{\prime}$  - скорость изображения, прошедшего через линзу (ск-ть относительно линзы)

$$r^2 = \frac{v_{отн}^{\prime}}{v_{отн}^*} \quad \text{с учетом (1), (2) и (3):}$$

$$v_{отн}^{\prime} = r^2 \cdot v_{отн}^* = \left( \frac{f}{d} \right)^2 \cdot v_{отн}^* = \left( \frac{\frac{5F}{2}}{\frac{5F}{3}} \right)^2 \cdot 20 = \frac{9 \cdot 20}{4} = 4,50$$

Но т.к. линза движется со скоростью линзы 0,  $v_{отн}^{\prime} = u = 4,50$

Ответ: 1)  $\frac{5F}{2}$   
3)  $\frac{9}{2}0$



Дано

$$v = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \mu$$

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

$$\cos \beta = \frac{7}{17}$$

Решение

$$① u = ?$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{3 \cdot 0,51 \cdot 0,51 \cdot 17}{0,17 \cdot 10 \cdot 155} = \frac{0,51 \cdot 17 \cdot 2}{10 \cdot 10} = 0,1734 \text{ H}$$

Ответ. ①  $51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

②  $48 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

③  $0,1734 \text{ H}$

Дано  
 $E = 3 \text{ В}$

$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$U_1 = 6 \text{ В}$

$L = 0,2 \text{ Гн}$

$U_0 = 1 \text{ В}$

$I' = ?$

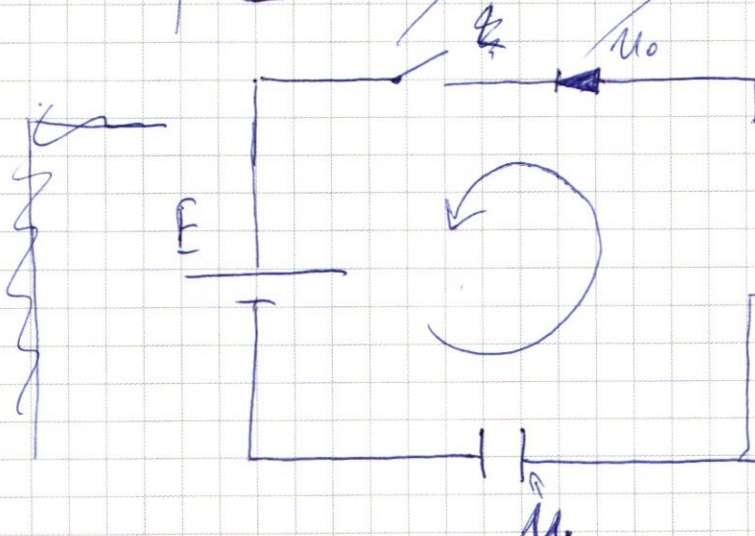
Решение  $\sim 4$

$U_k = LI'$ , где  $U_k$  — напряжение на катушке

$$-E = U_k + U_1 + U_0$$

$$U_k = E - U_1 - U_0$$

$$I' = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$



из пр-ла  
Кирхгофа:

$$-E = U_0 + U_k - U_k + U_0$$

$$U_k = U_1 + U_0 + E$$

(обозначения  
напряжений  $U_k$  — по  
на рисунке)

$$I' = \frac{U_k}{L} = \frac{U_1 + U_0 + E}{L} = \frac{6 + 1 + 3}{0,2} = \frac{10}{0,2} = 50 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

Ответ:  $I' = 50 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

Знач сохр. энергии

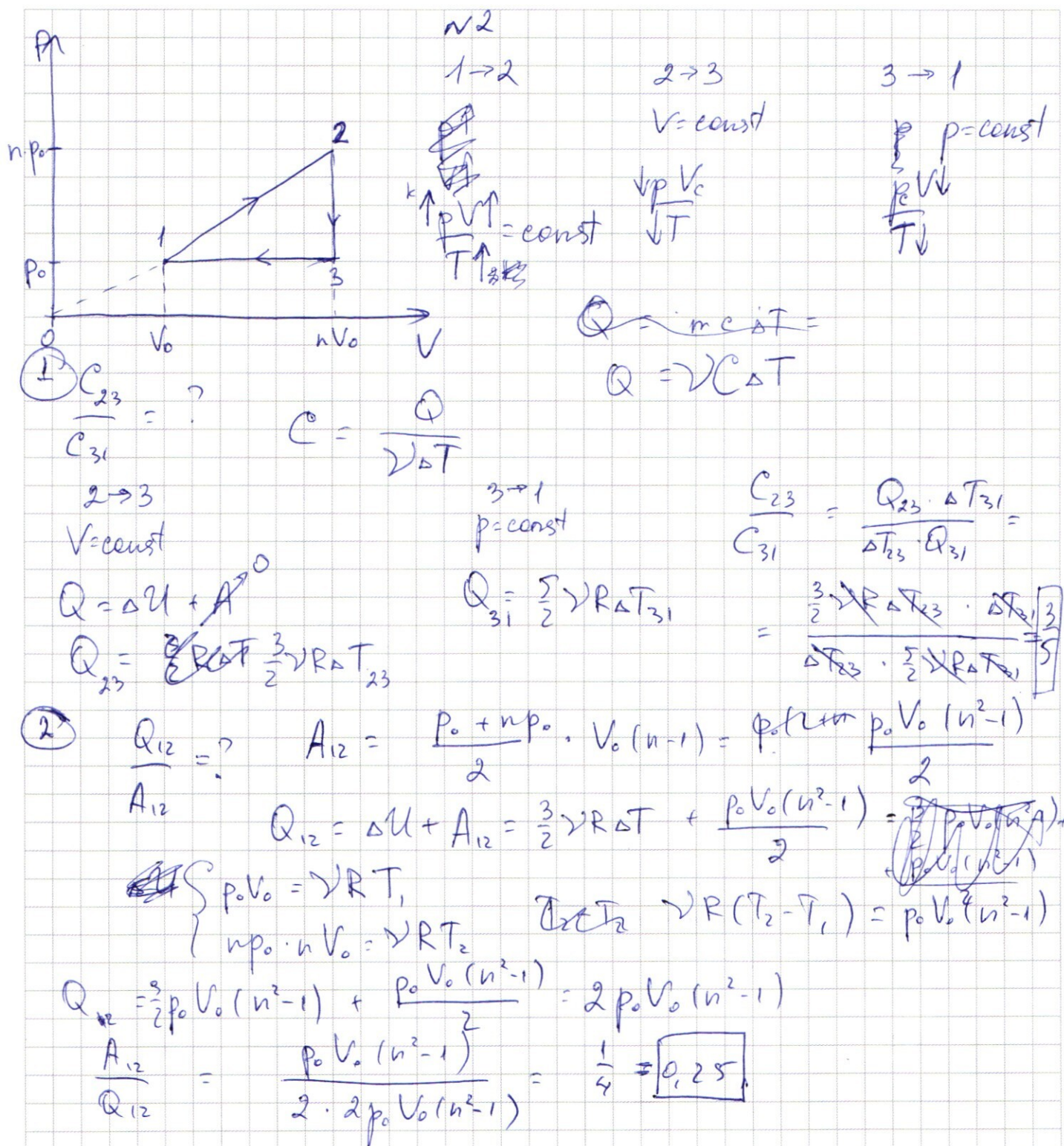
$$\frac{LI^2}{2} = \cancel{CE^2} \frac{CE^2}{2}$$

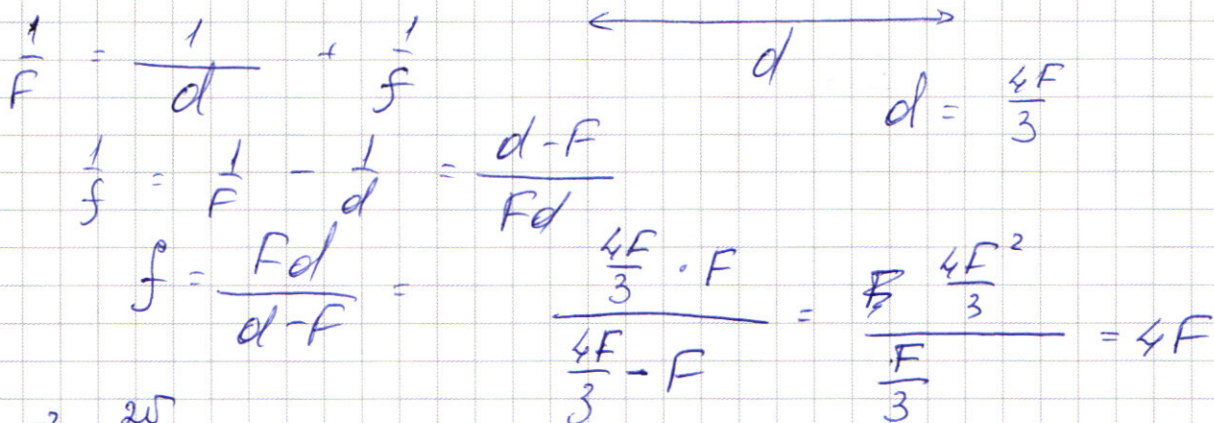
$$LI^2 = CE^2$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot E = \sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-6}}{0,2}} \cdot 3 = 100 \cdot \sqrt{10^{-4}} \cdot 3 = 0,03 \text{ A}$$

Ответ: 1)  $50 \frac{\text{A}}{\text{с}}$   
2)  $0,03 \text{ A}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



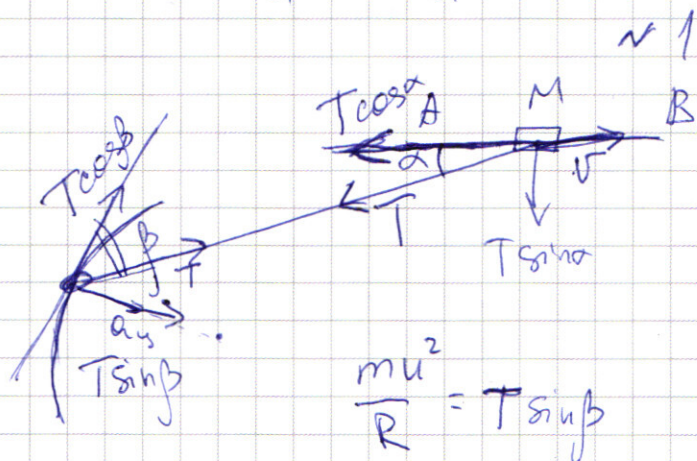
$$\frac{(kx+b)^1}{(n-1)^1} = 1$$


$$r^2 = \frac{25}{4}$$

$$u = \frac{25}{r^2} = \frac{25}{9}$$

$$\frac{Mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$r_E = \frac{f}{d} = \frac{4f \cdot 3}{4f} = 3$$



$$\frac{mu^2}{R} = T \sin \beta$$

Dato  
 $v = 0,4 \frac{m}{s}$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$R = 1,7 \text{ m}$$

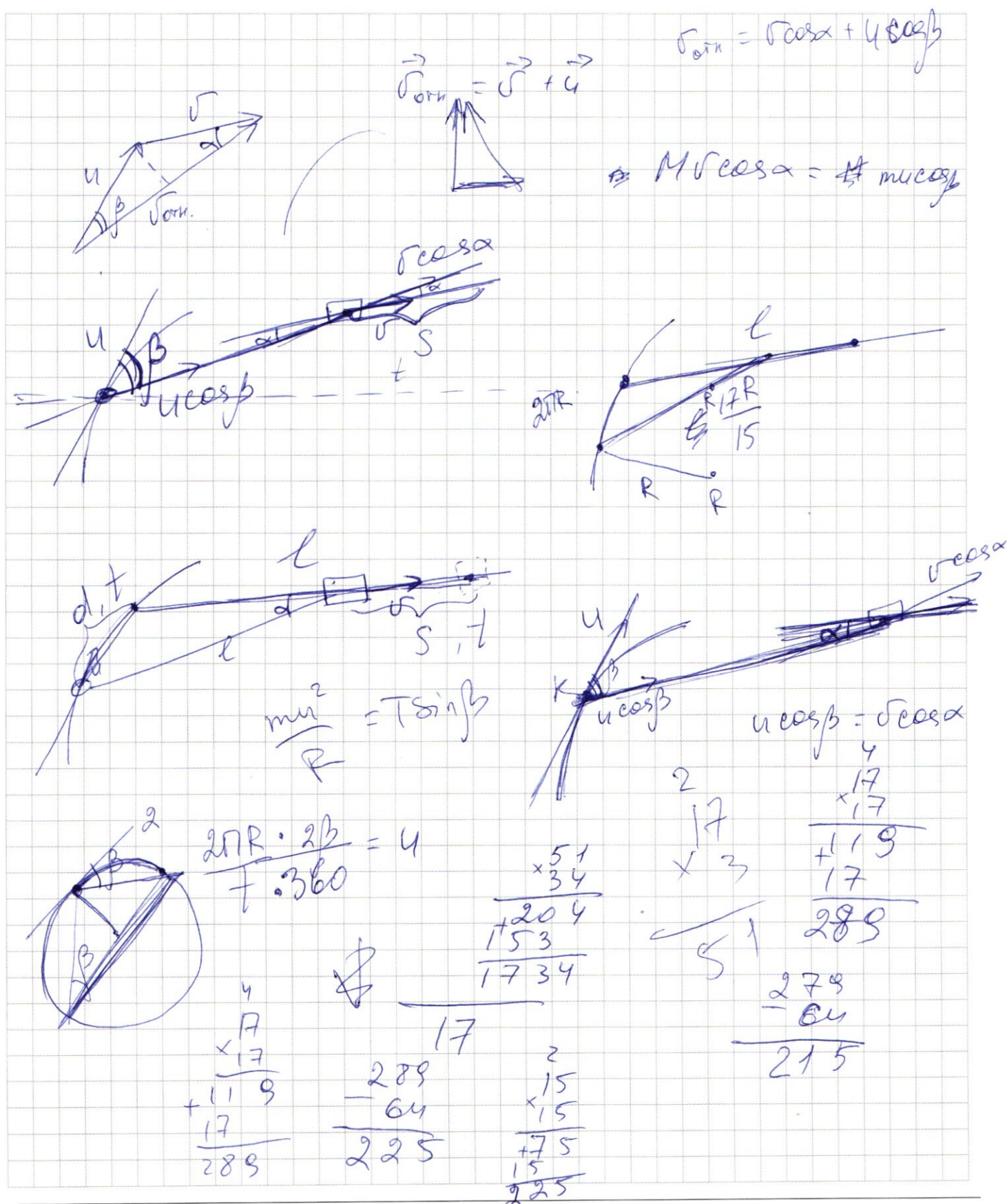
$$L = \cancel{12R} \frac{17}{15} R$$

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

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

$$4 = ?$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$0,17$$

$$\frac{0,51 \cdot 0,51 \cdot 17}{10^2}$$

$$17 \cdot 183$$

$$20,1734$$

$$\left(\frac{u}{5}\right)' = \frac{u'5 - u5'}{5^2}$$

$$\left(\frac{n-1}{4n+4}\right)' =$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 34 \\ \hline 204 \\ 153 \\ \hline 1734 \end{array}$$

$$\frac{n \cdot (n-1) - (n-1) \cdot n}{(4n+4)^2}$$

$$= \frac{1 \cdot (4n+4) - (n-1) \cdot 4}{(4n+4)^2} = \frac{4n+4 - 4n+4}{(4n+4)^2}$$

$$n(1-4\eta) = 1+4\eta$$

$$n = \frac{1+4\eta}{1-4\eta}$$

$$4 + \frac{8}{n-1}$$

$$\frac{4n+4}{4n-4} \cdot \frac{n-1}{4}$$

$$1-4\eta > 0$$

$$4\eta < 1$$

$$\eta < 0,25$$

$$\frac{n-1}{4(n+1)} = 1$$

$$n-1 = 4n+4$$

$$3n = -5$$

$$n-1 = 0,5 \cdot 4(n+1)$$

$$n-1 = 2n+2$$

$$-3 = n$$

$$\eta \cdot 4 = 1$$

$$\eta = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$\frac{n-1}{4(n+1)} = 0,8$$

$$n-1 = 0,8 \cdot 4(n+1)$$

$$n-1 = 3,2n+3,2$$

$$-4,2 = 2,2n$$

$$n-1 = 0,3 \cdot 4(n+1)$$

$$n-1 = 1,2n+1,2$$

$$0,2n = -2,2$$

$$n-1 = 0,25 \cdot 4(n+1)$$

$$n-1 = n+1$$

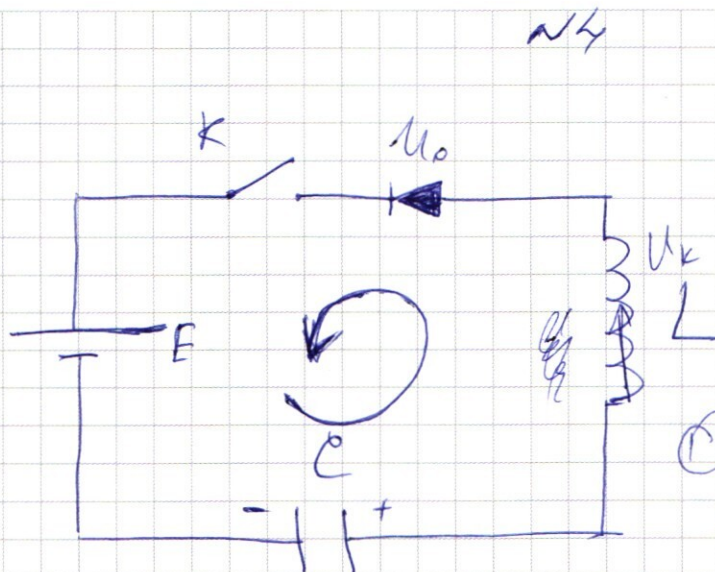
$$n-1 = 0,2 \cdot 4(n+1)$$

$$n-1 = 0,8n+0,8$$

$$0,2n = 1,8$$

$$n = 9$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E = 3\text{В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6\text{В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1\text{В}$$

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = LI'$$

$$U_k = LI'$$

$$\Phi = BS$$

$$I' = \frac{U_k}{L}$$

$$U_k = E - U_0$$

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

$$\textcircled{2} I_n = ?$$

$$I_n = \frac{E}{R}$$

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$$q = C U$$

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

$$E = U_c + U_k$$

$$U_2 = E - U_k$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$q = C U$$

$$\mathcal{E} = L I' = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$E - U_k$$

$$-E = -U_k + U_c + U_0$$

$$U_k = U_c + U_0 + E$$

$$E = -\mathcal{E} + U_c + U_k$$

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

$$E = \cancel{\frac{1}{2}} - U_0 +$$

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} =$$

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A_n}{Q}$$

$$A_n = \frac{(p_0 - p) \cdot (uV_0 - V_0)}{2} = \frac{p_0 V_0 (n-1)^2}{2} \quad \left(\frac{u}{4}\right)' = \frac{u'4 - u \cdot 0}{4^2}$$

$$Q_{12} = 2p_0 V_0 (n^2 - 1)$$

$$Q_{23} = 0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = -\frac{5}{2} p_0 V_0 (n-1)$$

$$Q_{31} < 0$$

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

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

$$Q = -\frac{5}{2} p_0 V_0 (n-1)$$

$$(kx+b)' = \frac{1}{x}$$

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

$$\eta = \frac{p_0 V_0 (n-1)^2}{2 \cdot 2p_0 V_0 (n^2 - 1)} = \frac{(n-1)(n-1)}{4(n-1)(n+1)} = \frac{n-1}{4(n+1)}$$

$$\eta' = \left(\frac{n-1}{4n+4}\right)' = \frac{1(4n+4) - (4n+4)' \cdot (n-1)}{(4n+4)^2} = \frac{4n+4 - 4n+4}{(4n+4)^2} = \frac{8}{(4n+4)^2}$$

$$\eta = \frac{A_n}{Q} = \frac{p_0 V_0 (n-1)(n-1)}{2 \cdot 2p_0 V_0 (n-1)(n+1)} = \frac{n-1}{4(n+1)}$$

$$\eta' = \frac{(n-1)'(4n+4) - (4n+4)' \cdot (n-1)}{(4n+4)^2}$$

$$\frac{4n+4}{4n+4} \cdot \frac{n-1}{4} = \left(4 + \frac{8}{n-1}\right)'$$

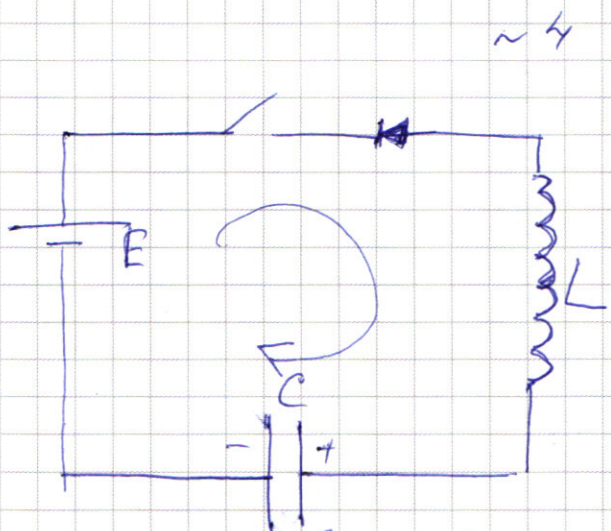
$$4 + \frac{8}{n-1}$$



$$n-1 = 4n+4$$

$$3n = -5$$

$$n = -\frac{5}{3}$$



~4

Дано

$$E = 3B$$

$$C = 20 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6B$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1B$$

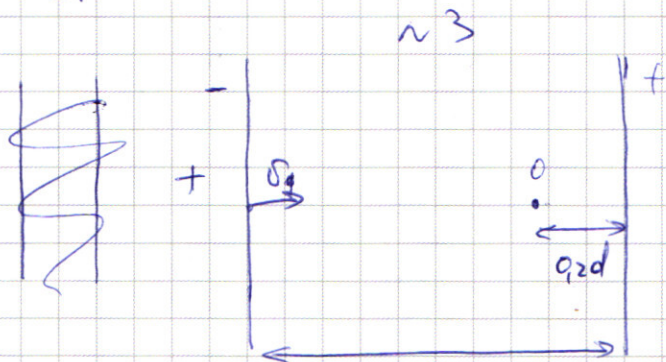
$$I_{\text{max}} = I_{\text{max}}$$

$$E = U_0$$

$$I' = \frac{\Sigma}{L} = \frac{E}{L}$$

$$\Phi = \Phi'$$

$$\Phi = \frac{L \Delta I}{\Delta t} = L I'$$



~3

$$\gamma = \frac{q}{m}$$

$$T = ?$$

$$S = 0,8d$$

$$S = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot T$$

$$T = \frac{2S}{\sigma_1} = \frac{2 \cdot 0,8d}{\sigma_1}$$

$$= \frac{1,6d}{\sigma_1}$$

$$E = \frac{m \sigma_1^2}{2q}$$

$$U = ? \quad U = Ed$$

$$E = \frac{A}{q} = \frac{FS}{2q} = \frac{m \sigma_1^2 \cdot 0,8d}{2 \cdot 0,8d \cdot q}$$

$$F = ma = \frac{m \sigma_1^2}{2 \cdot 0,8d} = \frac{m \sigma_1^2}{1,6d}$$

$$U = \frac{m \sigma_1^2 d}{2q} = \frac{\sigma_1^2 d}{\gamma \cdot 2}$$

$$E = F \cdot q$$