

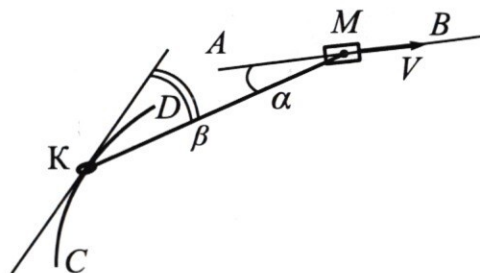
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

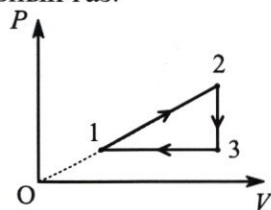
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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 $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

лагу

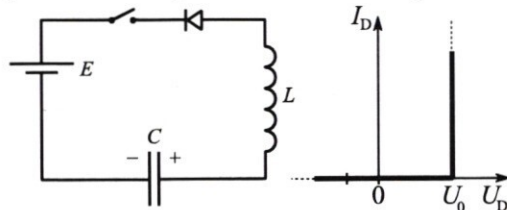
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

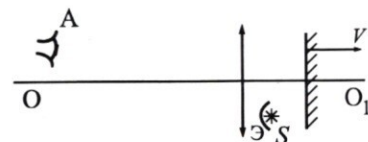


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

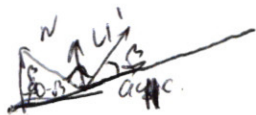
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



$$v \cdot \cos \alpha + u \cdot \sin \beta = u'$$

$$u' = v \cdot \frac{3}{5} + \frac{12}{5} = 2 \cdot \frac{3}{5} + \frac{12}{5} = \frac{6}{5} + \frac{12}{5} = \frac{18}{5} = 3 \frac{3}{5} = \frac{21}{5}$$



$$a_{\text{max}} = \frac{u'^2}{R}$$

etc.

$$m a_1 = T - N \cdot \sin \beta$$

or

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\vec{a}$ — скорость центра

a_1 — проекция $\vec{a}$ на $\vec{v}$

a_2 — проекция $\vec{a}$ на $\vec{u}$

$\vec{a}$ — скорость центра

проекция $\vec{a}$ на $\vec{v}$ и $\vec{u}$

И.и. от скорости

пересечение скорости

пересечение скорости

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

$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$

$u = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{12}} = \frac{8 \cdot 12}{5 \cdot 8} = \frac{12}{5} = 2.4$

$\vec{u} \wedge \vec{v} = (\vec{u} \wedge \vec{v}) = \alpha + \beta$ или

$\vec{u} \wedge \vec{v} = \alpha + \beta$

$\vec{u}$ — скорость центра в $\vec{v}$ направлении

Вектор $\vec{u}$ в $\vec{v}$ направлении, $\vec{v}$ — скорость центра

$u^2 = u'^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta) =$

$= v^2 + u^2 - 2uv(\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta) =$

$= v^2 + u^2 + 2uv(\sin \alpha \cdot \sin \beta - \cos \alpha \cdot \cos \beta) =$

$= 4 + \frac{12^2}{5^2} + 2 \cdot \frac{12}{5} \cdot 2 \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{12}{5} \cdot \frac{8}{12} \right) =$

$= 4 + \frac{288}{25} + \frac{48}{5} \left(\frac{4}{5} - \frac{32}{12} \right) = 4 + \frac{288}{25} + \frac{48}{5} \cdot \frac{13}{12} =$

$= 4 + \frac{288}{25} + \frac{52}{5} = 4 + \frac{993}{25} = \frac{443}{25} = \sqrt{\frac{443}{25}}$

69

119

129

13

104

289

66

225

15

15

25

15

715



$$a_{\text{гор}} = \frac{u^2}{R}$$

$$m a_{\text{гор}} = T \sin \beta$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ -12 \\ \hline 119 \\ -12 \\ \hline 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ -21 \\ \hline 47 \\ -47 \\ \hline 211 \end{array}$$

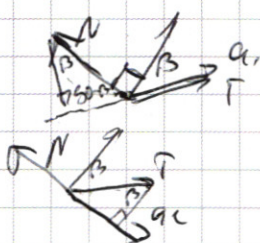
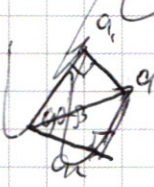
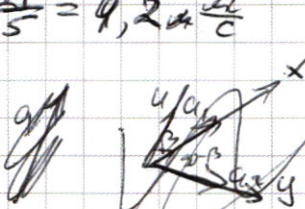
Значит

$$= 2^2 + \left(\frac{12}{5}\right)^2 + 2 \cdot \frac{12}{5} \cdot 2 \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{15}{12} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{12}\right) =$$

$$= 4 + \frac{144}{25} + \frac{4}{25} (3 \cdot 15 - 4 \cdot 8) = 4 + \frac{389}{25} + \frac{4 \cdot (45 - 32)}{25} =$$

$$= \frac{364}{25} + \frac{4 \cdot 13}{25} = \frac{389 + 52}{25} = \frac{441}{25} = \frac{21^2}{5^2} = \frac{21}{5}$$

$$u = \frac{21}{5} = 4,2 \text{ м/с}$$



a_1 - это центростремительное

a_2 - это у. у. в СО или

Этот СО - это ИСО.

В ИСО будет казаться, что шарик движется по окружности с радиусом $R \sin \beta$ и периодом T .

$$T - N \sin \beta = m a_1$$

$$T \sin \beta - N = m a_2$$

$$T \sin^2 \beta - N \sin \beta = m a_1 \sin \beta$$

$$T (1 - \sin^2 \beta) = m (a_1 - a_2 \sin \beta)$$

$$T = \frac{m \left(\frac{u^2}{R} - \frac{u^2}{R} \sin \beta \right)}{1 - \sin^2 \beta} =$$

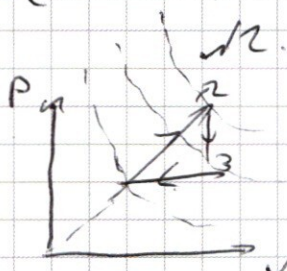
$$= \frac{m (u^2 - u^2 \sin^2 \beta)}{1 - \sin^2 \beta} = \frac{m (u^2 - u^2 \sin^2 \beta) \sin \beta}{R \sin^2 \beta \cos^2 \beta}$$

В инерциальной ИСО шарик движется по окружности радиусом $R \sin \beta$ с периодом T .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{0.4 \left(\frac{441}{25} - \frac{229}{25} \right) \cdot \frac{15}{17}}{1.9 \cdot \frac{8}{172}} = \frac{4 \cdot (182) \cdot 15 \cdot 17}{19 \cdot 8 \cdot 25} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 15 \cdot 17}{19 \cdot 8 \cdot 25} = \frac{15 \cdot 17}{2 \cdot 25} = \frac{3 \cdot 17}{2 \cdot 5} = \frac{51}{10} = 5.1 \text{ H}$$

Дано: $u = 3.4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $u' = 4.2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T = 5.1 \text{ H}$.



$PV^{\gamma} = \text{const}$ - для
процессов с неизменным
количеством вещества

$$\gamma = \frac{C_p - C}{C_v - C}$$

$$C_p = \frac{5}{2}R \quad C_p = \frac{7}{2}R$$

(или $C_p = C_v + R$)

$$C_p = C_v + R$$

Все процессы выполняются в PV^{γ}
Значит: 1-2, 2-3, 3-1 - изобары

процессы 2-3 - изобары 3-1 - изохоры

Для 1-2 $\gamma = 1$

$$-1 = \frac{\frac{5}{2}R - C}{\frac{5}{2}R - C}$$

Значит в процессе 1-2 количество вещества

$$C_{1-2} = 2R$$

В процессе 2-3 и 3-1 количество вещества
изменяется.

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$2) dQ = du + dA$$

Решение задачи

$$\int C dT = \int C_0 dT + p dA$$

или 6,2 C-const, или

$$\int C_0 dT = \int C_0 dT + p dA$$

$$dA = \int (C - C_0) dT$$

$$dU = \int C_0 dT$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\int C_0 dT}{\int (C - C_0) dT} = 2R \frac{C}{C - C_0} = \frac{18R}{2R - 1,5R} = \frac{18R}{0,5R} = 36$$

Решение 6.1-2 раз другим методом.

$$Q_+ = C_0 T$$

Решение задачи

Решение 6.1-2 раз другим методом.

В состоянии 1 $p = p_0$ $V = V_0$

В состоянии 2 $p = p_1$ $V = V_1$

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \quad \frac{p_0}{p_1} = \frac{V_1}{V_0}$$

$$V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_1}$$

$$pV = RT$$

$$p_0 V_0 = RT_0$$

$$p_1 V_1 = RT_1$$

$$JR_+ T = p_0 V_0 - p_1 V_1$$

$$JR_+ T = p_0 V_0 - \frac{p_0^2 V_0}{p_1}$$

$$dT = \frac{1}{JR_+} (p_0 V_0 - \frac{p_0^2 V_0}{p_1})$$

$$Q_+ = \int C_0 dT$$

$$= 2JR_+ \frac{1}{JR_+} (p_0 V_0 - \frac{p_0^2 V_0}{p_1})$$

$$Q_+ = 2(p_0^2 - p_1^2) \frac{V_0}{p_0}$$

$$A = \frac{(V_1 - V_0)(p_1 - p_0)}{2 p_0} =$$

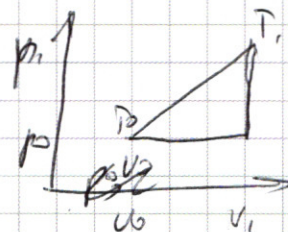
$$= \frac{V_0 (p_1 - p_0)^2}{2}$$

$$= \frac{(p_1 - p_0)(p_1 - p_0)}{2(p_1 - p_0)(p_1 + p_0)} =$$

$$\frac{(\frac{p_0 V_0}{p_1} - V_0)(p_1 - p_0)}{2} =$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} \quad \eta = \frac{V_0 (p_1 - p_0)^2 p_0}{2 p_0 V_0 2(p_0^2 - p_1^2)} =$$

$$= \frac{(p_1 - p_0)}{4(p_1 + p_0)} = \frac{1}{4} \left(\frac{p_1 - p_0}{p_1 + p_0} \right)$$

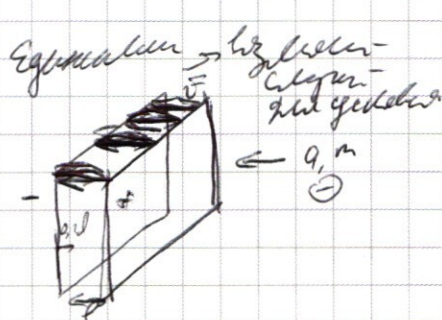


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2\rho_0}{\rho_1 + \rho_0} \right) = \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \left(\frac{2\rho_0}{\rho_1 + \rho_0} \right)$$

т.н. $\frac{2\rho_0}{\rho_1 + \rho_0} \geq 0$, $\text{но } \rho \leq \frac{1}{4}$

Даны: 1) 0,6 2) ~~0,4~~ 3) ~~0,25~~ 0,25



$U = Ed$, т.н. U — разность потенциалов

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

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

Допустим, что U — разность потенциалов, т.н. U — разность потенциалов

т.н. U — разность потенциалов, т.н. U — разность потенциалов

$$\frac{ql}{d} = \frac{mv_i^2}{2}$$

$$\gamma = \frac{v_i^2}{4d^2}$$

$$l = d - 0,2 \cdot 0,2 \cdot d$$

$$\frac{v_i^2}{2d - 0,8} = \frac{v_i^2}{1,6d}$$

В конденсаторе $U = Ed$ т.н. U — разность потенциалов

$$-\frac{qT^2}{2} + v_i T = 0$$

$$\frac{qT}{2} = v_i$$

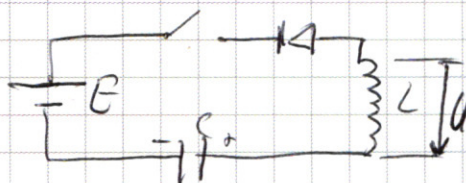
$$T = \frac{2v_i}{q}$$

$$T = \frac{2v_i}{q} = \frac{2v_i \cdot 1,6d}{q \cdot 1,6d} = \frac{2v_i \cdot 1,6d}{q \cdot 1,6d} = \frac{2v_i}{q}$$

3) При $U = Ed$ т.н. U — разность потенциалов

При $U = Ed$ т.н. U — разность потенциалов

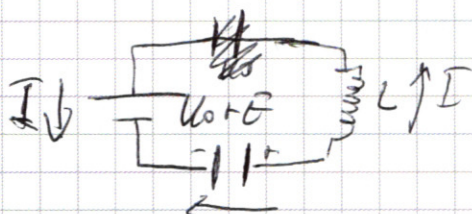
Дад.: $\gamma = \frac{4^2}{1,64}$; $T = \frac{32d}{V}$; $V_0 = 2V$



сд.

Если мол. в цепи перемещать, то
возникнет напряжение U_0 ,

и зная U_0 можно вычислить γ



Потенциал на индукции
равен $U_0 + E$

$U_L = -L \frac{dI}{dt}$ (и.и. мол. перемещать в цепи
напряжения $U_0 + E$)

$$-L \frac{dI}{dt} + U_L = U_0 + E$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_0 + E + U_L$$

В $t=0$ $L \frac{dI}{dt} = U_0 + E + U_L$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{-(U_0 + E + U_L)}{L}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{-15 - 6,3 + 9,5}{0,4 \cdot 10^{-3}} = \frac{2,2}{0,4} \frac{A}{c} = 5 \frac{A}{c}$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_L - U_0 - E$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_L - U_0 - E$$

Выводим, что U_L равен $U_0 + E$

$\frac{dI}{dt} = 0$ $U_L = U_0 + E = U_0 + E$ ~~или $U_L = U_0 + E$~~

или $U_L = U_0 + E$ ~~или $U_L = U_0 + E$~~

ЗЗ: $(E + U_0) q + L \frac{I^2}{2} + q \frac{CU_0^2}{2} = \frac{CU_L^2}{2} + (E + U_0) q$

$$L q = (CU_L^2 - CU_0^2)$$

$$\frac{L I^2}{2} = L I^2 = (U_L^2 - U_0^2) + 2(E + U_0)(U_L - U_0)$$

$$I^2 = \frac{C}{L} (U_L^2 - U_0^2) + 2(E + U_0)(U_L - U_0)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 I^2 &= \frac{C}{L} \left((U_1^2 - (U_0 + E)^2) + 2(E + U_0)(U_1 - (U_0 + E)) \right) = \\
 &= \frac{C}{L} \left((U_1 - (U_0 + E))(U_1 + U_0 + E) + 2(E + U_0)(U_1 - (U_0 + E)) \right) = \\
 &= \frac{C}{L} (U_1 - (U_0 + E)) (U_1 - (U_0 + E)) = \\
 &= \frac{C}{L} (U_1 - (U_0 + E))^2
 \end{aligned}$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L}} (U_1 - (U_0 + E))$$

$$\begin{aligned}
 I &= \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}{0.4}} (9\text{ В} - 1\text{ В} - 6\text{ В}) = 2 \cdot \sqrt{\frac{10^{-4}}{4}} \cdot \text{А} = \frac{2}{2} \cdot 10^{-2} \text{ А} = \\
 &= 10^{-2} \text{ А}
 \end{aligned}$$

Напряжение постоянно, следовательно, все переменные нуль.

$$\frac{CU_2}{2} = q(U_2(E + U_0)(U_2 - U_1) + \dots)$$

$$U_2^2 = 2(E + U_0)(U_2 - U_1)$$

$$U_2^2 - 2(E + U_0)U_2 + 2(E + U_0)U_1 = 0$$

$$U_2^2 - 2(E + U_0)U_2 + (2E + 2U_0U_1)U_1 = 0 \quad x_1 = U_1$$

$U_2 \geq U_1$ - верно.
не верно, т. $\frac{dI}{dU} > 0$

$$x_1 + x_2 = 2(E + U_0)$$

$$U_2 = 2E + 2U_0 - U_1$$

$$\begin{aligned}
 U_2 &= 2 \cdot 6\text{ В} + 2 \cdot 1\text{ В} - 9\text{ В} = \\
 &= 12 + 2 - 9 = 5\text{ В}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 6\text{ В} + 1\text{ В} - 5\text{ В} = 2\text{ В} \\
 U_1 &> 0 \Rightarrow \frac{dI}{dU} < 0, \text{ т.е. } -\frac{dI}{dU} = U_2
 \end{aligned}$$

Ответ: 1) 5 В; 2) 10^{-2} А; 3) 5 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_3 = \frac{b}{F} \Gamma^2 \cdot 2V$$

$$V_+ = \Gamma^2 \cdot 2V$$

$$\begin{array}{r} 25 \overline{) 16} \\ \underline{16} \\ 0 \\ \underline{0} \\ 0 \\ \underline{0} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \underline{12} \\ 0 \end{array}$$

$$V_0 = \sqrt{V_3^2 + V_+^2}$$

$$V_0 = \Gamma^2 \cdot 2V \sqrt{\left(\frac{b}{F}\right)^2 + (1)^2} = 2V \cdot \left(\frac{9}{4} \cdot \frac{5}{9}\right) \cdot \sqrt{\frac{64}{225} + 1} = 2V \left(\frac{25}{16}\right) \cdot \sqrt{\frac{289}{225}}$$

$$\frac{1}{2} = 2V \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{25}{16} = \frac{17 \cdot 25}{15 \cdot 8} = \frac{17 \cdot 5}{3 \cdot 8} = \frac{85}{24} V = 10,625 V$$

$$\text{Дано: } b = \frac{9}{4} V; \Gamma = \frac{8}{15}; V_0 = 10,625 V$$

$$= \frac{17 \cdot 5}{3 \cdot 8} V = \frac{85}{24} V$$

$$\text{Дано: } b = \frac{9}{4} V; \Gamma = \frac{8}{15}; V_0 = \frac{85}{24} V$$

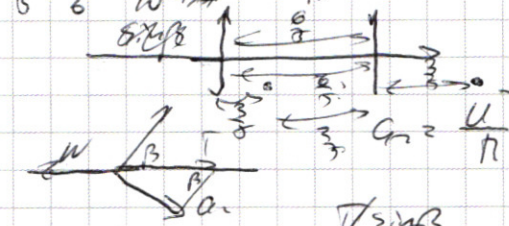
$$U_c - L \frac{dI}{dt} = E + U_0 \quad l = \frac{R}{\sin \beta} \quad \frac{12 \cdot 2 \cdot \frac{25}{15} = \frac{12 \cdot 5 \cdot 25}{15 \cdot 2} = \frac{1500}{30} = 50 \quad i = \frac{284}{72} = \frac{12}{15}$$

$$U_c - U_0 - E$$

$$\frac{U^2}{L} = \frac{U_1^2 \sin \beta}{R}$$

$$m_{a1} = T \sin \beta - N \sin \beta$$

$$m_{a2} = T \sin \beta - N$$



$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_c - U_0 - E}{L}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{93 - 60 - 13}{0,4} = \frac{20}{0,4} = 50$$

$$T \sin \beta$$

$$\frac{C}{L} (U_1 - (E + U_0)) = \frac{15718}{72} = 19$$

$$\sqrt{10 \cdot 10 \cdot 10} = \sqrt{1000} = 31,6$$

$$= \frac{W^2}{2} - 2 \cdot (\sin \beta m_{a2} - m_{a1}) = T (\sin^2 \beta - 1) \cdot 2B$$

$$\frac{C}{L} = \frac{2T \sin \beta m_{a1} - m_{a1}}{\sin^2 \beta - 1} = \frac{m \left(\frac{U^2 \sin \beta}{R} - \frac{U_1^2 \sin \beta}{R} \right)}{\sin^2 \beta - 1}$$

$$10^{-4} = 10 \cdot 10^{-4} (85 - 49 + 2 \cdot 10 - 2)$$

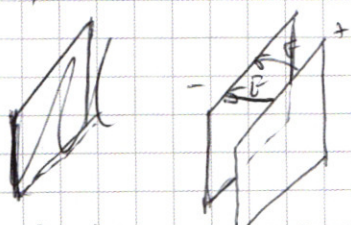
$$\frac{CU^2}{2} = CU_1$$

$$= \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 12 \cdot \left(\frac{225}{289} - \frac{289}{289} \right) \cdot 19} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 12 \cdot 0} = 5,1$$

$$\frac{C(E + U_0)^2}{2} \cdot \frac{LI^2}{2} = \frac{CU^2}{2} \cdot \frac{(E + U_0)}{(E - U_0 - U_1)}$$

$$C(U_1 - (E + U_0))(U_1 - (E + U_0)) - C2(E + U_0)(U_1 - (E + U_0))$$

$$2 - 1,5 = 0,5 \quad \frac{5}{2} + \frac{3}{2} = 4$$



$$E = \frac{U}{d} = \frac{6 \cdot 12}{14 - 9} = 2,4$$

$$A = 0,894$$

$$0,894U = \frac{mU^2}{2}$$

$$\frac{U_1}{2} = 2 \cdot 0,8d$$

$$T = 3,2 \text{ t}$$

$$\frac{p_0 U_0}{2}$$

$$p_0 U_0 = JRT$$

$$Q = 220$$

$$220 JRT = 220$$

$$= 220$$

$$\frac{p_0 U_0}{2 \cdot 2 \cdot 200} = \frac{100}{4}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + C(E + U_0)(U_2 - U_1)$$

$$U_2^2 - 2(E + U_0)U_2 + 2(E + U_0)U_1 = U_1^2$$

$$T = \frac{2U_1 d \cdot 16U}{\sqrt{2} d} = 3,2 \cdot \frac{U}{U}$$

$$(E + U_0)$$

$$U_1^2 - 2(E + U_0)U_1 + 2(E + U_0)U_1 = U_1^2$$

$$C(E + U_0)^2 \cdot \frac{LI^2}{2} = CU^2 - 2(E + U_0)(U_1 - (E + U_0)) + C(E + U_0)U_1 + \frac{LI^2}{2} = CU_1^2$$

$$C(E + U_0)U_1 + \frac{LI^2}{2} = CU_1^2$$

$$CU_1^2 - CU_1(E + U_0)$$