

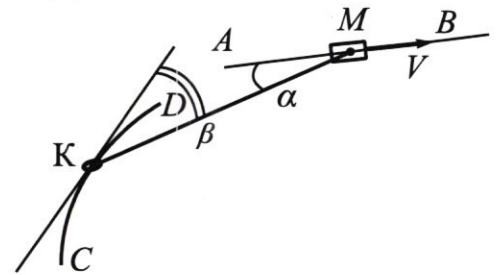
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



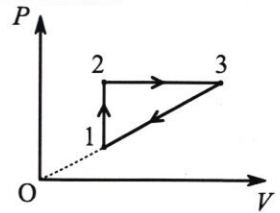
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

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

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

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.

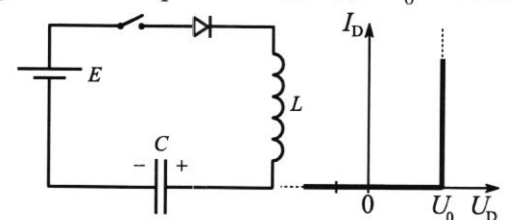
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

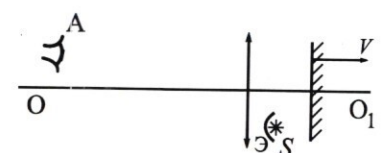


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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 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

№ 1

Дано:

$$V = 68 \cdot 10^{-2} \text{ м/с} = 0.68$$

$$m = 0.1 \text{ кг}$$

$$R = 1.9 \text{ м}$$

$$L = \frac{5R}{3}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}, \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5}, \sin \beta = \frac{3}{5}$$

Найти: $V_{\text{центр}}$

$V_{\text{центр}} \text{ отн. земли}$

T

$V_{\text{отн.}}$

Решение:

1) П.и. нить
непротяжимая,
ее можно
считать материальной
в промежуток
на мгновение

Нужно о.х.

нить, движущаяся со
угловой скоростью, т.е.

$$V_{\text{с}} \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$V_{\text{с}} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \text{см/с}$$

$$V_{\text{с}} = \frac{68 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}}$$

$$V_{\text{с}} = 0.75 \text{ м/с}$$

2) Перейдем в ИСО, связанную с лудкой,
тогда по мере движения скорости,

$$\vec{V}_{\text{лудк.отн.}} + \vec{V}_1 = \vec{V}_{\text{с}}$$

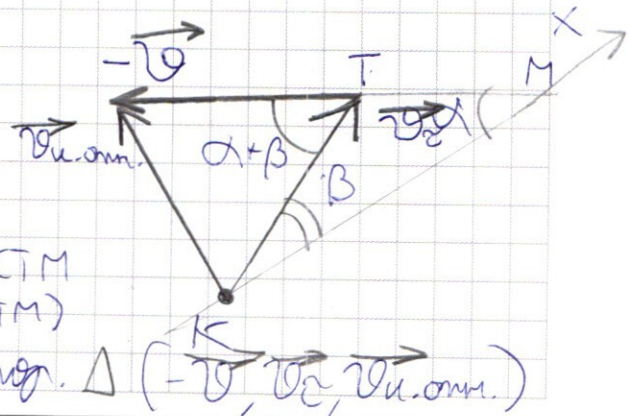
$$\vec{V}_{\text{лудк.отн.}} = \vec{V}_{\text{с}} - \vec{V}_1$$

из геометрии $\triangle KMT$

$$\angle(\vec{V}_1, \vec{V}_{\text{лудк.отн.}}) = \alpha + \beta = 180^\circ - \angle KMT$$

(или внешний к $\angle KMT$)

По мере $\cos$ для векторов $\Delta(-\vec{V}_1, \vec{V}_{\text{с}}, \vec{V}_{\text{лудк.отн.}})$



$$v^2 + v_c^2 - 2vv_c \cos(\vec{v}, \vec{v}_c) = v_{u. \text{ common}}^2$$

20) On some voltage = $\frac{E}{C}$

④ u. vrm. uylgym = 10^{-2} $68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85}$

$$v_{u, \text{max. uyeform}} = 10^{-2} \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 475 \cdot 36} \stackrel{10^2}{=} \sqrt{476 + 75^2} = 77 \cdot 10^{-2} \text{ m/c}$$

$$v_{\text{rms}} = 77 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

1

[illegible]

$$T + N = m(a_z + \ddot{u}_n)$$

1. Вращение на О.Х., направленно
в центр симметрии W_0

$$T \sin \beta = m a_n$$

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

$$T = \frac{m v_x^2}{R \sin \beta_2}$$

$$T = \frac{m v_x}{R \sin \theta} \quad T = \frac{I \omega \sin \theta / R}{R \sin \theta} = \frac{I \omega}{R^2}$$

$$T = \frac{0.7 \cdot 0.25}{19.8}$$

$$T = 10^{-4} \cdot \frac{25^2 \cdot 12}{10 \cdot 8}$$

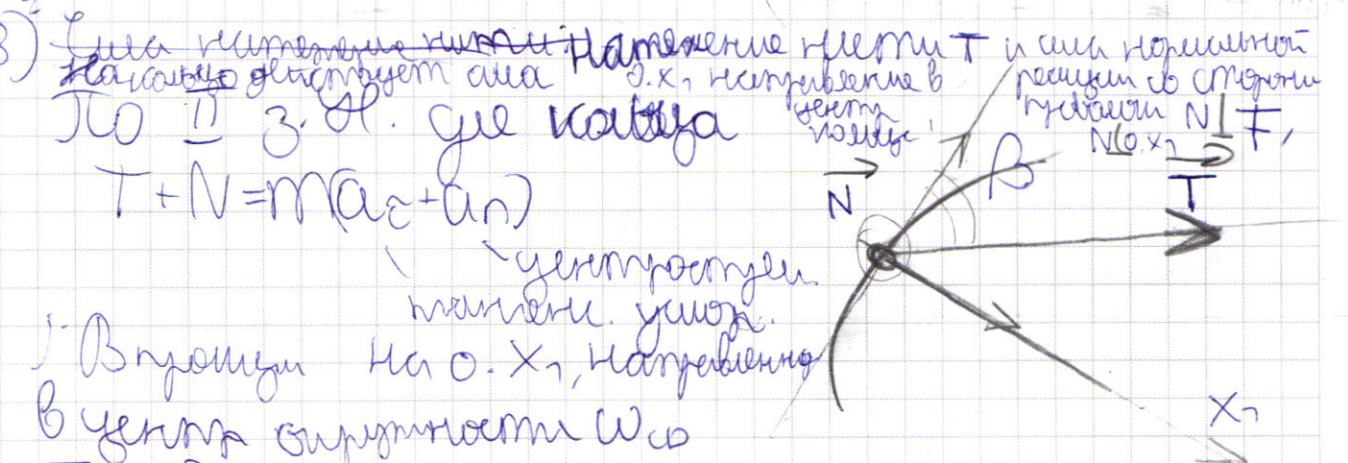
$$T \approx 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$T \approx 0,63 \text{ mH}$$

haben: $v_z = 0,75 \text{ m/s}$

$$\psi_{\text{н.отн. широты}} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$T \approx 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$



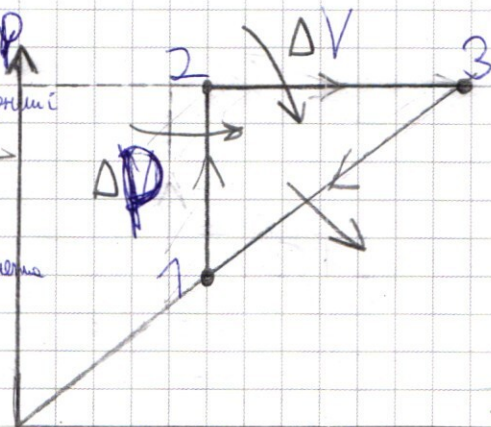
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{2}$

Дано:

$i = 3$
процесс 1
процесса

Решение:
 $U = \text{внутр. энергия газа в состоянии } i$
 $\Delta T \sim \Delta U$ т.к. $U = \frac{i}{2} pV$
 $U_1 < U_2 < U_3$
температура увеличивается
на участке A-B



Найти: $\frac{C_{p23}}{C_{v23}}$

$\frac{Q_p}{A_p}$
 $3F$
 $\cos \alpha = -1$
 $8V$

внутренняя энергия газа увеличивается на
участке A-B
температура увеличивается в изохорном
процессе 1-2 и изобарном 2-3; обратный 3-1
энергия уменьшается газа в процессе 1-2 - C_v

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

в процессе 2-3 $C_p = \frac{i+2}{2} R$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5} = 0.6$$

2) По 3-й теореме (или из уравнений)
в изобарном процессе 2-3

$$Q_1 = \Delta U + A_{23}$$

$$Q_1 = \frac{3}{2} p \Delta V + p \Delta V \quad \Delta V = V_3 - V_2 - \text{изменение объема в процессе 2-3}$$

$$\frac{Q_1}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} p \Delta V + p \Delta V}{p \Delta V} = \frac{5}{2}$$

3) В ходе численного поиска найду соответствие
 минимума в процессах $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$
 т.е. $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \neq 0$ по 1-му термодинамическому

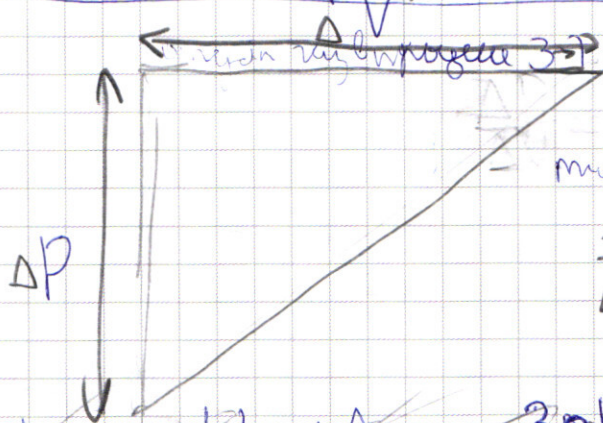
$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad Q_{12} > 0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \quad Q_{23} > 0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Rightarrow Q_{31} < 0$$

~~$$h = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{A_{12} + A_{23}} = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{S_{12} - \text{мех. работа}} \Delta$$

$$h = \frac{2(p_1 \Delta T_1 + p_2 \Delta T_2)}{\Delta p \cdot \Delta V} \quad \Delta p = p_3 - p_1$$~~



$$\frac{\Delta P}{\Delta V} = \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}$$

~~$$h = \frac{U_{13} + A_{23}}{A_{23} - A_{13}} = \frac{3p_1 \Delta V + p_3 \Delta V}{\Delta p \Delta V} = \frac{3}{2}$$

$$h = 1 - \frac{A_{13}}{A_{23} - A_{13}} =$$~~

$$h = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} = \frac{A_{12} + A_{23}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$h = \frac{\Delta p \Delta V - \text{мех. работа}}{Q_{12} + Q_{23}} \quad h = \frac{\Delta p \Delta V}{\frac{3}{2} \Delta p \Delta V + p_3 \Delta V}$$

$$h = \frac{\Delta p \Delta V}{\Delta U_{23} + A_{23}} \quad h = \frac{\frac{3}{2} + \frac{p_3}{\Delta p}}{\frac{3}{2} + \frac{p_3}{\Delta p}}$$

$$m. \frac{p_3}{\Delta p} \geq 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\lim_{p_3 \rightarrow \infty} \frac{p_3}{p_3 - p_1} = 1, \text{ т.е. тогда } \frac{p_3 \gg p_1}{p_3 - p_1}$$

$$p_3 - \overline{\alpha(p_3)} \approx p_3$$

потому

$$h \approx \frac{1}{\frac{3}{2} + 1}$$

$$h \leq \frac{2}{5};$$

$$\text{Отсюда: } \frac{c_1}{c_2} = \frac{3}{5};$$

$$\frac{Q}{A_{23}} \approx 2,5;$$

$$h_{\max} = 0,4$$

$\sqrt{3}$

Дано:

$$d_1 = 0,25d;$$

$S,$

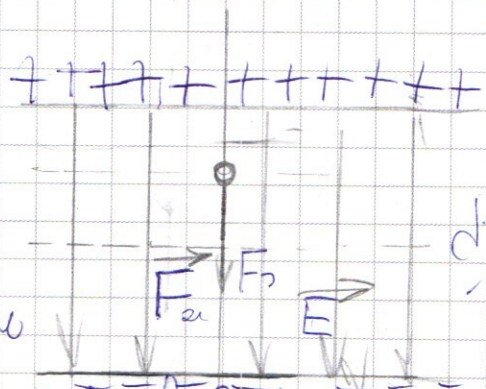
$$\frac{Q}{m} = \gamma;$$

$$\text{Найти: } V_1, \\ Q, V_2$$

Решение:

1) Пренебрежем силой тяжести, действующей на частицу, поле E и F_{21} на частицу действует только сила со стороны поле конденсатора F_{21} .

2) По II З. У. где частицы имеют заряд q .



$$\vec{F}_{el} = m\vec{a}$$

$$q\vec{E} = m\vec{a}$$

$$q\vec{E} = m\vec{a}; \quad qE = ma$$

по ЗБТ по OX:

$$\frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{\gamma} \quad x(t) = v_{0x}(t) + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$0,25d = \frac{aT^2}{2}$$

$$0,25d = \frac{\gamma \epsilon_0 S T^2}{d \cdot 2}$$

$$1,5d^2 = \gamma \epsilon_0 S T^2$$

$$0,75d = \frac{qE t^2}{m \cdot 2}$$

$$1,5d = \gamma E T^2$$

$$E = \frac{1,5d}{\gamma T^2}$$

— напряженность поле по оси симметрии конденсатора

ЗБТ по OX:

$$v_1 = aT$$

$$v_1 = \gamma E \cdot T$$

$$v_1 = \frac{1,5d}{T} = Em/\omega$$

2) Die плоского конденсатора с плоскими пластинами (взр. 7. и 8. рисунки)

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$Q = CU$$

где U — разность потенциалов на обкладках конденсатора;

$$Q = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot Ed$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \epsilon_0 S E$$

$$Q_1 = \frac{\epsilon_0 S \cdot 1,5d}{\gamma T^2}$$

$$Q_2 = c \cdot q \cdot d$$

$$Q_2 = \frac{\epsilon_0 S \cdot 1,5d}{\gamma T^2}$$

2) Так как электрическое поле конденсатора не существует или пренебрежимо мало, то сила на вылете из конденсатора будет равна силе тяжести $A_F = E_{\text{инт}}$

$$F \cdot 0,25 d = \frac{m v_2^2}{2}$$

$$(A_F \cdot q \cdot E_{\text{инт}})$$

$$q E \cdot 0,25 d = \frac{m v_2^2}{2}$$

$$1,5 \gamma E d = v_2^2$$

$$\frac{1,5^2 d^2}{T^2} = v_2^2$$

$$v_2 = \frac{1,5d}{T} = v_1$$

Ответ: $v_1 = v_2 = \frac{1,5d}{T}$

$$\cancel{v_1} = \cancel{v_2}$$

$$Q = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{\gamma T^2}$$

№5

Дано:

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

V

F

Найти:

действительное изображение

Решение:

1) линза-собирающая

по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} \quad (*)$$

где a_1 - расстояние

от линзы до

b_1 - расстояние от действительного

изображения до линзы;

2) Опущим источник S отнышевать зеркала, заметим, что ~~изображение~~ и получим новый источник S' , заметим, что ~~изображение~~ изображение источника S' без отражения лучей в зеркале ~~снова~~ и изображение S с учетом отражения лучей в зеркале, следовательно, потому что отраженный луч и падающий луч ~~идут~~ симметричны отно. нормали и точке падения.

$$a_1 = 2(F - a) + a = 2F - a$$

$$a_1 = \frac{3F}{2}$$

по ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{b_1}$$

$$b_1 = 3F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Г5 (продолжение)

3) Пусть зернило сдвинуто над x по отношению
оси. Ближний величину Γ — ^{оттеснение} ~~оттеснение~~
линзы. т.к. оно постоянно для линзы
а противоположный от зернило источник S
двигается // ^{линии} опти. ос. то и его изображе-
ние движется // ^{линии} опти. ос. от линзы.
значит, изображение движется по дуге в 180° .

4) Трансформации ^{выраж} ($\mathbf{I}$), где, что

$$0 = \left(\frac{1}{a_1}\right)' + \left(\frac{1}{b_1}\right)$$

$$(F+a)' = V - \text{скорость}$$

$$0 = \left(\frac{1}{2F-a}\right)' + \frac{V_{\text{изобр.}}}{b_1^2}$$

$$\left| \frac{2V}{(2F-a)^2} \right| = \left| \frac{V_{\text{изобр.}}}{b_1^2} \right|$$

$$V_{\text{изобр.}} = \left(\frac{2V}{(2F-a)^2} \cdot b_1^2 \right)$$

$$V_{\text{изобр.}} = \frac{2V}{\left(\frac{3F}{2}\right)^2} \cdot (3F)^2 = 8V$$

Ответ: $V_{\text{изобр.}} = 8V$, $b_1 = 3F$,
 $\cos A = -1, (180^\circ)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:

$$E = 9 \text{ В};$$

$$C = 40 \cdot 10^3 \text{ ф};$$

$$U_1 = 5 \text{ В};$$

$$L = 0,1 \text{ Гн};$$

$$U_0 = 7 \text{ В};$$

Найти: $\dot{I}$,

I_{max} ,

U_2

Решение:

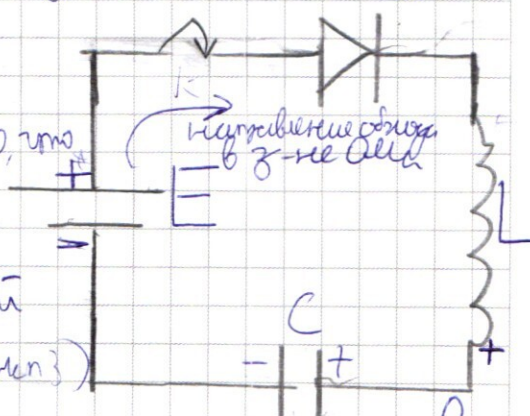
1) Найти напряжение, установившееся на конденсаторе после замыкания ключа.

По 3-му закону Кирхгофа для правой цепи

$$+L\dot{I} + U_2 - E = 0$$

т.е. $\dot{I} = 0$ в силу того, что ток в установившемся режиме отсутствует

$$U_2 = E = 9 \text{ В}; \text{ (ответ дан)}$$



2) По 3-му закону Кирхгофа для правой цепи в начальный момент времени:

$$E = +L\dot{I} + U_1;$$

$$\dot{I} = \frac{E - U_1}{L}; \text{ [А/с]}$$

$$\dot{I} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \text{ А/с (ответ дан)}$$

Проверим, идет ли ток в таком режиме через диод. Рассчитав напряжение U_d на диоде в начальный момент времени:

$$U_d = E - U_0 + L\dot{I} > 0 \Rightarrow \text{ток через диод идет, т.е. } \dot{I} = 40 \text{ А/с};$$

√4 (ग्रोफ़्स)

2) Zn^{+2} geht über zu Zn^0 , also wird es reduziert.

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C U_{\max}^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} = \text{Anerkennung}$$

Энергия поступает, возникает, когда ты
максимален.

(Ормуа АНГ иеадолуи м.в. сн ВАР алейи тои кота)
Кемперије гоомиди V, Оли, Зројалелуи гелгаи, Шерилебоне - Е СЕП.

$$A_{\text{всв}} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C} + \frac{L_{\text{max}}^2}{2} - \frac{CU_{\text{н}}^2}{2} \quad \text{Ампер-вольты} = (E - CEU_0) \cdot \text{запас}$$

$$CE^2 - CEU = \frac{C_{max}^2}{2C} + \frac{L \cdot I_{max}^2}{2} - \frac{CU_i^2}{2}$$

$$\frac{L_{I_{max}}^2}{2} = CE^2 - CE \cdot U + \frac{CU^2}{2} \neq \frac{C U_{max}^2}{2}$$

$$I_{\max} = \frac{CE^2 - 2eV_1 + Cx_1^2}{2}$$

$$I_{\max} = \frac{C(E-U_1)^2}{L}$$

$$T_{\max} = (E - U_2) \sqrt{\frac{C}{1}}$$

$$I_{\max} = [B] \cdot \begin{bmatrix} [x_p] \\ [x_u] \end{bmatrix} = [A]$$

$$I_{\max} = 4 \cdot \sqrt{40 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 8 \text{ mA}$$

Problem: $A = I_{\text{real}}$

$$U_2 = 9B$$

$$\dot{I} = 40 \text{ A/C}$$