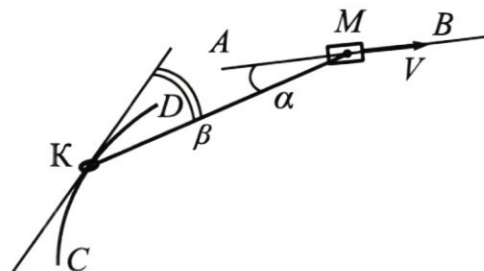


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-02

Класс 11

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

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 α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



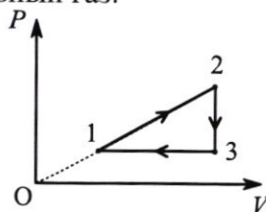
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 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.

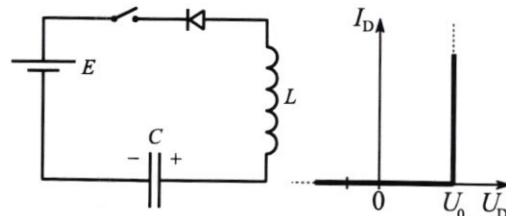
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

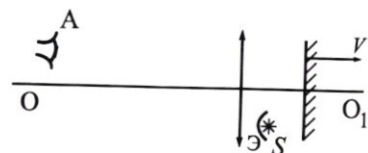


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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 α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



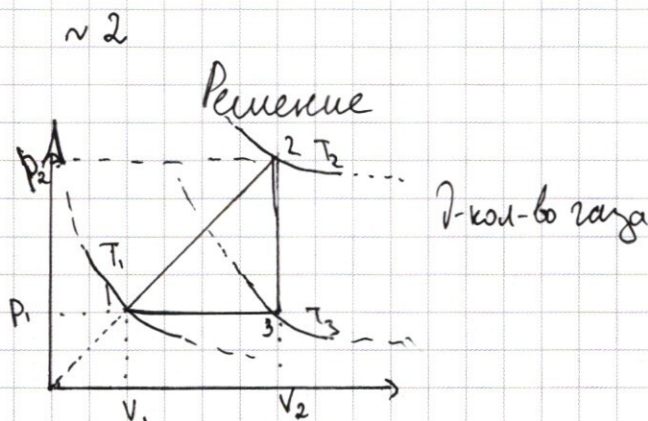
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$p_1 = \alpha V_1, \quad p_2 = \alpha V_2, \quad \alpha = \text{const}$$

Найти

- 1) $\frac{C_{p1}}{C_{p2}}$
- 2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$
- 3) η_{max}



По закону Менделеева-Клапейрона

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_2 = \nu R T_3$$

T_1, T_2, T_3 — температуры
в точках 1, 2 и 3 соотв.

$$p_1 = \alpha V_1 \Rightarrow \nu R T_3 = \alpha V_1 V_2$$

$$p_1 = \alpha V_1, \quad p_2 = \alpha V_2 \Rightarrow \alpha V_1^2 = \nu R T_1, \quad \alpha V_2^2 = \nu R T_2$$

$$\text{Т.к. } p_1 < p_2, \quad V_1 < V_2, \text{ то } p_1 V_1 < p_2 V_2 \Rightarrow T_1 < T_2 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ на участке 1-2 температура повышается

Т.к. $p_2 > p_1$, то $p_2 V_2 > p_1 V_2 \Rightarrow T_2 > T_3 \Rightarrow$ на участке 2-3 температура понижается

Т.к. $V_1 < V_2$, то $p_1 V_1 < p_1 V_2 \Rightarrow T_1 < T_3 \Rightarrow$ на участке 3-1 температура понижается.

Пусть C_{p1} — молярная теплоемкость газа на уг. 3-1,

C_{p2} — молярная теплоемк. газа на уг. 2-3

Из-н термодин. для участка 3-1

$$C_{p1} \nu (T_1 - T_3) = C_v \nu (T_1 - T_3) + p_1 (V_1 - V_2) = C_v \nu (T_1 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3) =$$

$$= (C_v + R) \nu (T_1 - T_3) \quad C_{p1} = C_v + R$$

C_v — молярная теплоемк. газа при пост. объеме. Т.к. газ одноатомный, то $C_v = \frac{3}{2} R$

$$C_{p1} = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

Из термодин. для участка 2-3

$$C_{m2} \Delta T = C_v \Delta (T_3 - T_2) + A_{23}$$

$A_{23} = 0$ (A_{23} - работа на этом участке, т.к. ΔU_{30} на 2-3, $u_{23} = 0$)

$$C_{m2} = C_v = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{C_{m1}}{C_{m2}} = \frac{5}{3}$$

Q_{12} - кол-во теплоты, переданной газу на ут. 1-2

A_{12} - работа газа на этом ут.

Из термодин. для участка 1-2

$$Q_{12} = C_v \Delta (T_2 - T_1) + A_{12}$$

A_{12} - площадь под графиком участка 1-2,

$$\text{т.е. } A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1)$$

$$Q_{12} = C_v \Delta (T_2 - T_1), C_v - \text{мольная теплоемкость}$$

Работа на этом участке

Q_{12}

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (2V_1 + 2V_2) \cdot$$

$$\cdot (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (2V_2^2 - 2V_1^2) = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) +$$

$$+ \frac{1}{2} (\Delta R T_2 - \Delta R T_1) = 2 \Delta R (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \Delta R (T_2 - T_1) \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \Delta R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \Delta R (T_2 - T_1)} = 4$$

~~Работа~~ $\eta = \frac{Q_+}{A}, Q_+$ $\eta = \frac{A}{Q_+}$, Q_+ - переданная теплота за цикл, A - работа за цикл.

Теплота передается только на ут. 1-2 $\Rightarrow Q_+ = Q_{12} = 2 \Delta R (T_2 - T_1)$

A - работа за весь цикл. Равна площади под графиком, т.е.

$$A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (2V_2^2 + 2V_1^2 - 2 \Delta R T_2 V_1) = \frac{1}{2} \Delta R (T_2 + T_1 - 2T_3)$$

$$Q_{12} = 2 (\Delta R T_2 - \Delta R T_1) = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2 \Delta (V_2^2 - V_1^2) = 2 \Delta (V_2 - V_1) (V_2 + V_1)$$

$$A = \frac{\Delta}{2} (V_2 - V_1)^2 \quad \eta = \frac{(V_2 - V_1)^2}{4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Чем больше U_1 , тем меньше числитель дроби $\frac{U_2 - U_1}{U_2 + U_1}$ и

больше знаменатель $\Rightarrow$ меньше η

Тогда макс. η достигается при $U_1 \rightarrow 0$, т.е. $\eta_{\max} = \frac{1}{4} \frac{U_2}{U_2} = \frac{1}{4}$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$ 2) 4 3) $\frac{1}{4}$

~ 3.

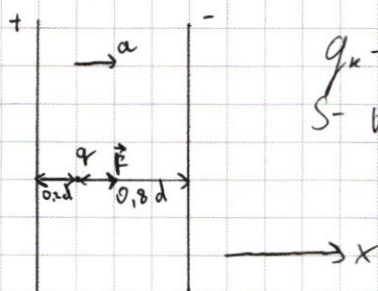
Дано:

d, σ_1

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

плиты

1) Т 2) У 3) Д.



q_k - заряд конденсатора
 S - площадь его обкладки

$E = \frac{q_k}{S \epsilon_0}$ - поле внутри конденс.

II закон Ньютона для заряда
ОК: $m a = F$ $F = m a$

$F = q E = \frac{q_k q}{S \epsilon_0}$ - сила, действующая на заряд со стор. поле внутри конденс.

Заряд будет со стор. отриц. обкладки, т.к.

иначе он бы разогнался внутри конденс., а не замедлился (то бы притяг. отриц. обкладка и отталкивала полож. обкладку).

Получается, до остановки он пройдет $d - 0,2d = 0,8d$

Тогда $v_1^2 = 2 a \cdot 0,8d = \frac{8}{5} a d$ $a = \frac{5 v_1^2}{8 d}$

$v_1 = a T$ $T = \frac{v_1}{a}$ $T = \frac{8 d}{5 v_1}$

$$\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = ma = \frac{5m v_i^2}{8d}$$

$$q_k = \frac{55.2 \text{ SE}_0}{218}$$

Средность конген. $U = \frac{q_k}{C} = \frac{5V^2 \epsilon_0}{8d\gamma} \cdot \frac{d}{\epsilon_0} = \frac{5V^2}{8\gamma}$
 $C = \frac{\epsilon_0}{d} (\text{конген. нисцену})$

Энергия останавливающейся заряда $W = qU = \frac{5mV_0^2}{8}$

на бесконечности его значение $W_{\infty} = \frac{m v_0^2}{2}$

По 3-му сохр. энергии $W = W_{\infty}$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5 m v_0^2}{8} \quad v_0 = \frac{\sqrt{5}}{2} v.$$

Übungen: 1) $\frac{8d}{5v}$ 2) $\frac{5v^2}{8\gamma}$ 3) $\frac{\sqrt{5}}{2}v$

Defno

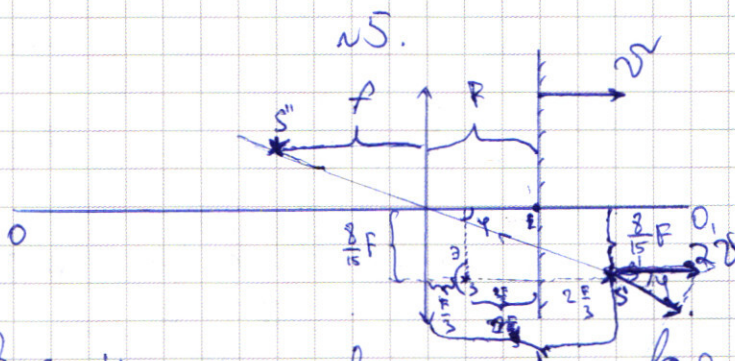
F, V

Найти

- 1) f

- 2) 4

- 3) V_0



Зав. источником света можно взять изобраз.
источника света S в зеркале

По формуле такой линии

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \left(\begin{array}{l} d - \text{расст. от источника до линзы} \\ f - \text{расст. от линзы до изобр.} \end{array} \right)$$

$$d = F + (F - \frac{F}{3}) = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F} \quad f = \frac{5F}{2}$$

$$\lg \varphi = \frac{8}{15} F : \frac{5}{3} F = \frac{8}{25} = 0,32$$

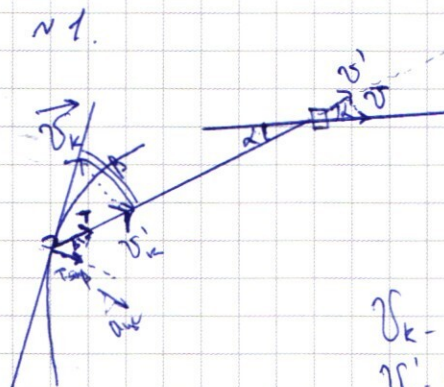
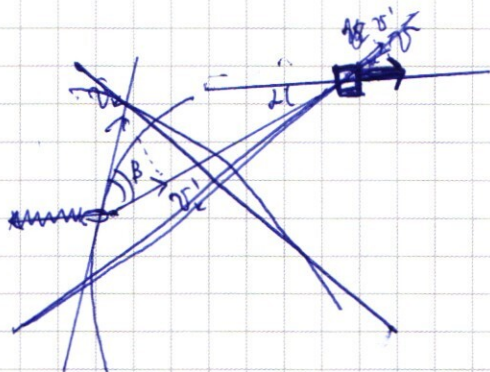
Antwort: 1) $\frac{5F}{2}$

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{9}{25}\right)^2 + 1}} = \frac{25}{\sqrt{1689}}$$

$$\varphi_0 = 275 \cdot \omega \varphi = \frac{50}{1684} \varphi$$

3) $\frac{50}{\sqrt{500}}$ V

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

$$v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

$$l = \frac{17}{15} R$$

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

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

Найти:

1) v_k

2) $v_{\text{см}}$

3) T



Решение:

Концы троса должны двигаться с одинак. скор., а то он порвется бы.

$$\text{Тогда } v_k' = v'$$

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

$$v_k = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = 40 \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Перейдем в сист. отсчета «Мурта».

В ней мурта неподвижна.

Концы движутся со скор. $v_{\text{см}}$.

Она склад. из скор. v_k и v .

$$\vec{v}_{\text{см}} = -\vec{v} + \vec{v}_k$$

или По т. косинусов из треугольника скоростей найдем значение $v_{\text{см}}$

$$v_{\text{см}} = \sqrt{v^2 + v_k^2 - 2v \cdot v_k \cos(\alpha + \beta)}$$

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

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3 \cdot 8}{5 \cdot 17} - \frac{4 \cdot 15}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{5 \cdot 17}$$

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

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

$$V_{\text{кв}} = \sqrt{600 + 260 + 2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot \frac{36}{3 \cdot 17}} = \sqrt{15829} = 125.8 \frac{\text{M}}{\text{C}}$$

Из-за вращения груза кабеля

$$m a_{\text{ц}} = T \cdot \sin \beta \quad a_{\text{ц}} = \frac{v_{\text{ц}}^2}{R}$$

$$T = \frac{m v_{\text{ц}}^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 17}{1,7 \cdot 15} = 1734 \text{ H}$$

Ответ: 1) $51 \frac{\text{M}}{\text{C}}$ 2) $77 \frac{\text{M}}{\text{C}}$ 3) 1734 H

Дано:

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

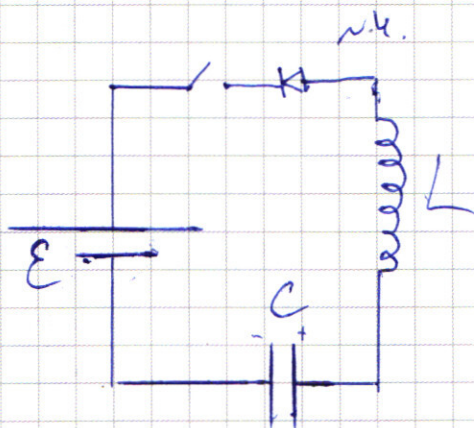
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Найти

$$1) \frac{dI}{dt}$$

$$2) I_{\text{max}}$$

$$3) U_2$$



$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = -L \frac{dI}{dt}$$

при самонамагничивании

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_{\text{инд}} = 0$$

$$\mathcal{E} = -\mathcal{E}_{\text{инд}} = L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{3}{0,2} = 15 \frac{\text{A}}{\text{C}}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} = \mathcal{E}(CU_1 - CU_2)$$

$$U_1^2 - 2\mathcal{E}U_2 + 2\mathcal{E}U_1 - U_2^2 = 0$$

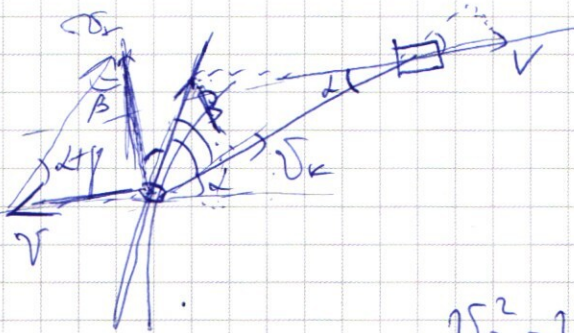
$$\frac{D}{4} = \mathcal{E}^2 - (U_1 - \mathcal{E})^2$$

$$U_2 = \frac{\mathcal{E} \pm (U_1 - \mathcal{E})}{2}$$

находим только + (т.к. $U_2 \neq 0$) $\Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} U_1$ $U_2 = 3 \text{ В}$

Ответ: 1) $15 \frac{\text{A}}{\text{C}}$ 3) 3 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



нб

$$v_{\text{ср}} = v_k \cos \beta$$

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{54 \cdot 40}{40} = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0^2 = v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cos \gamma$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$\begin{array}{r} \times 48 \\ 36 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3 \cdot 8}{5 \cdot 17} - \frac{4 \cdot 15}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{85}$$

$$D_{\text{ср}} = 1600 + 2601 + 2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17} =$$

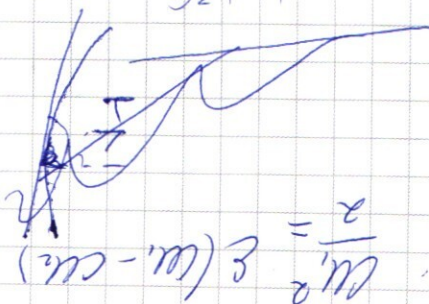
$$= 4201 + 1728 = 5929$$

$$\begin{array}{r} \times 76 \\ 76 \\ \hline 456 \\ 532 \\ \hline 5776 \end{array}$$

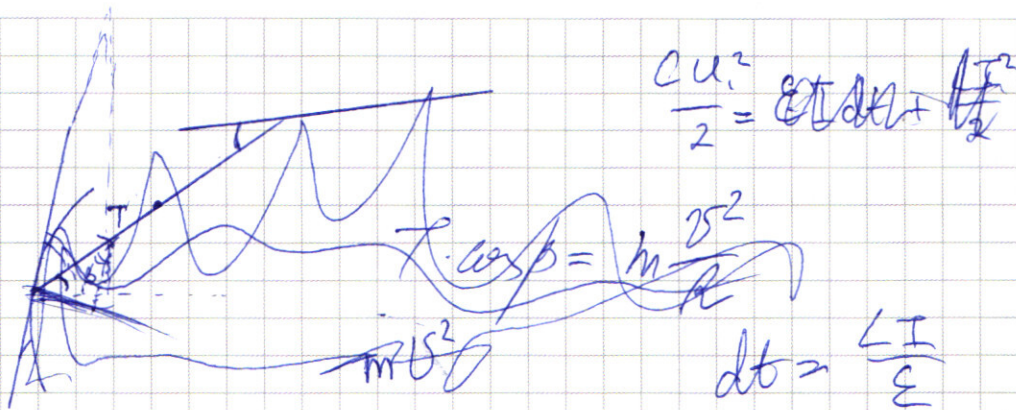
$$\begin{array}{r} \times 88 \\ 88 \\ \hline 624 \\ 546 \\ \hline 6084 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 775 \\ 775 \\ \hline 3875 \\ 5425 \\ \hline 5425 \\ 600625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 77 \\ 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$



$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = m v \frac{dv}{dt} = m v a$$



$$\frac{I^2}{2} + \frac{CU^2}{2} + I U dt = E I dt$$

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

$$\frac{CU^2}{2} = I dt (E - U)$$

$$I U dt + \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = E I dt$$

$$LI^2 - 2(E - U)I + CU^2 = 0$$

$$D = (E - U)^2 - LC$$

$$I = \frac{E - U \pm \sqrt{(E - U)^2 - LC}}{L} = 2 \pm \sqrt{4 - 4 \cdot 10^6} \approx 20 A$$

$$I U dt + \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = E I dt = LI^2$$

$$I U dt + \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = E I dt = LI^2$$

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

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

$$I = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 36}{2 \cdot 10^6} = 3,6 \cdot 10^{-3} A$$

$$L \frac{dI}{dt} = E - U$$

$$E(U - CU) =$$

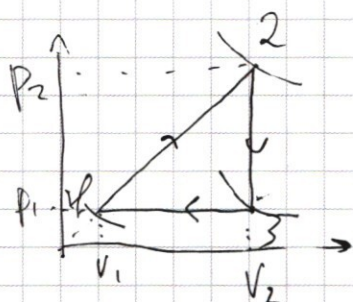
$$m \frac{v^2}{R} = \sum R$$

$$289 \cdot 3 \cdot 2$$

$$+ 289$$

$$\frac{H}{34}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T_2 + T_1 - 2T_3$$

$$T_2 + T_1 - 2T_3$$

$$T_2 - T_1$$

$$2(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{1}{2}(P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2) = \frac{3}{2} R \Delta T + \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(V_2 + V_1) = \frac{3}{2} R \Delta T + \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2)$$

$$P_2 V_2 = 2 R T_2$$

$$P_1 V_1 = 2 R T_1$$

$$2 V_2^2 = 2 R T_2$$

$$2 V_1^2 = 2 R T_1$$

$$\frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = A$$

$$\frac{2 R (T_2 - T_1) - 2 R T_3}{2} = \frac{2 R}{2} (T_2 - T_1 - T_3)$$

~2.

$$\Phi_1 = 2 V_1$$

$$P_2 = 2 V_2$$

$$C_{M1} \int_{T_3}^{T_1} dT = \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$C_{M1} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{M2} \int_{T_1}^{T_2} dT = \frac{3}{2} R \Delta T + P_1 \Delta V = \frac{3}{2} R \Delta T + 2 R T_1 \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

$$C_{M2} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{M1}}{C_{M2}} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{2 V_2^2 - 2 V_1^2}{2 V_2^2 - 2 V_1^2} = \frac{2(V_2^2 - V_1^2)}{2(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{V_2 + V_1}{V_2 + V_1}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

$$C_{OT} = \frac{3}{2} R \Delta T + \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 + P_1) =$$

$$\frac{2 R \Delta T}{\frac{1}{2} R \Delta T} = 4$$

$$\frac{2 R \Delta T - 2 V_2 V_1}{2} = A$$

$$2 R \Delta T$$

$$\frac{1}{4}$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{q}{S \varepsilon_0}$$

$$C = \frac{S}{d} \varepsilon_0 \quad q = \frac{q d}{S \varepsilon_0}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{q^2}{S \varepsilon_0}$$

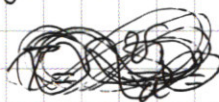
$$\rightarrow F = qE = \frac{q^2}{S \varepsilon_0}$$

$$\frac{4 q^2 d}{S \varepsilon_0} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{q^2}{S \varepsilon_0} = m a$$

$$\frac{q \cdot q}{S \varepsilon_0} = m a \quad q_k = \frac{S \varepsilon_0 a}{\gamma}$$

$$a = \frac{q \gamma}{S \varepsilon_0}$$



$$q_k = \frac{S \varepsilon_0 \gamma}{8 \gamma d} \frac{5 v_1^2}{5 v_1^2}$$

$$a = \frac{\gamma}{8 d}$$

$$v^2 = 1.6 a d = 1.6 \frac{q \gamma}{S \varepsilon_0} d$$

$$q = \frac{5 v_1^2 S \varepsilon_0}{8 \gamma d}$$

$$a = \frac{5 v_1^2 S \varepsilon_0}{8 \gamma d} \cdot \frac{\gamma}{S \varepsilon_0} = \frac{5 v_1^2}{8 d}$$

$$\Gamma = \frac{v_1}{a} = \frac{8 d}{5 v_1} = 1.6 \frac{d}{v_1}$$

$$U = \frac{q_k}{C} = \frac{5 v_1^2 S \varepsilon_0}{8 \gamma d} \cdot \frac{d}{S \varepsilon_0} = \frac{5 v_1^2}{8 \gamma}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = 5 m \frac{v_1^2}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{5}{4} v_1^2$$

$$(v_2 = v \frac{\sqrt{5}}{2})$$

$$\frac{u_1^2}{2} - \frac{u_2^2}{2} = e(u_1 - u_2)$$

$$u_1^2 - u_2^2 = 2 e u_1 - 2 e u_2$$

$$u_1^2 - 2 e u_1 + 2 e u_2 - u_2^2 = 0$$

$$\frac{u_1^2}{4} - \frac{u_2^2}{4} - \frac{e(u_1 - u_2)}{2} = 0$$

$$u_1 = \frac{e(u_1 - u_2)}{2}$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$$

$$\lambda = \frac{5 F}{3}$$

$$\lg q = \frac{24}{75} = \frac{8}{25} = 0.32$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{5 F}$$

$$f = \frac{5 F}{2}$$