

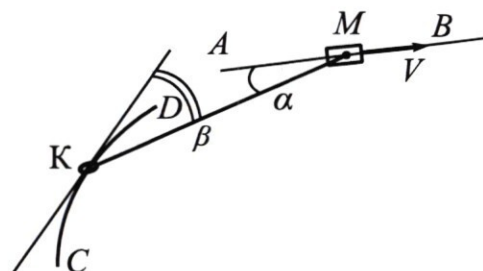
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



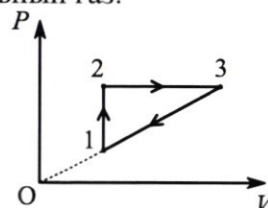
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



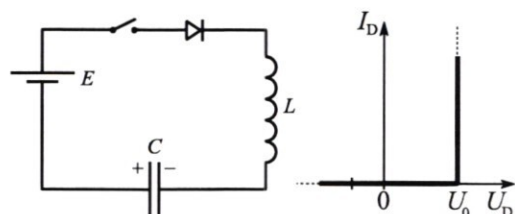
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



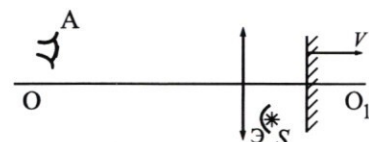
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

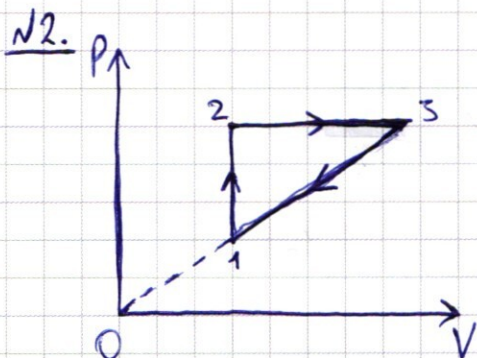
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) Повышение температуры происходит на изохоре (1-2) и изобаре (2-3) (т.к. $\frac{pV}{T} = \text{const}$; в (1-2) повышалось p , $V = \text{const}$; в (2-3) повышалось V , $p = \text{const}$; в (3-1) понижалось (pV)) ✓

Следовательно, необходимо найти $\frac{C_{m12}}{C_{m23}} - ?$

~~$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{C_{m12} \Delta T_{12}}{C_{m23} \Delta T_{23}}$$~~

$$Q_{12} = \nu C_{m12} \Delta T_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} \quad (\text{т.к. изохора}) \Rightarrow \nu C_{m12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad (\text{идеал. и одноатомный газ}) \checkmark$$

$$C_{m12} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{23} = \nu C_{m23} \Delta T_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} \quad (A_{23} = p \Delta V_{23} \text{ т.к. изобара}) \Rightarrow A'_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

(т.к. $p \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23}$ по уравнению Менделеева-Клапейрона) ✓

$$C_{m23} \nu \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} \quad | : \nu \Delta T_{23}$$

$$C_{m23} = \frac{3}{2} R + R$$

$$C_{m23} = \frac{5}{2} R$$

Следовательно, $\frac{C_{m12}}{C_{m23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

$$2) \left. \begin{aligned} \Delta U_{23} &= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \\ A'_{23} &= \nu R \Delta T_{23} \end{aligned} \right\} (\text{из н.1}) \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \underline{\underline{\frac{3}{2}}}$$

$$3) \eta = 1 - \frac{|Q_K|}{Q_H}$$

$$Q_K = Q_{31} = \nu C_{H31} \Delta T_{31}$$

Найти Q_{31} : $\Delta(pV)_{31} = \nu R \Delta T_{31}$ ~~используем~~

$$A'_{31} = \frac{1}{2} (p_3 + p_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} p_3 V_3 - \frac{1}{2} p_3 V_1 + \frac{1}{2} p_1 V_3 - \frac{1}{2} p_1 V_1 = \frac{1}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1)$$

(з.1: $p \sim V \Rightarrow \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow p_3 V_1 = p_1 V_3$) $\Rightarrow$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \Delta(pV)_{31} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1)$$

$$\Rightarrow Q_{31} = A'_{31} + \Delta U_{31} = 2 (p_3 V_3 - p_1 V_1) \Rightarrow Q_{31} = 2 \nu (pV)_{31}$$

$$\nu C_{H31} \Delta T_{31} = 2 \nu R \Delta T_{31} \Rightarrow C_{H31} = 2R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{31} = 2 \nu R \Delta T_{31}$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \nu (C_{H12} \Delta T_{12} + C_{H23} \Delta T_{23}) = \nu R \left(\frac{3}{2} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \Delta T_{23} \right)$$

~~$$Q_K = Q_{31} = 2 \nu R \Delta T_{31} = 2 \nu R \Delta T_{31}$$~~

$$\eta = 1 - \frac{|Q_K|}{Q_H} = 1 - \frac{4 \nu R \Delta T_{31}}{3 \nu R \Delta T_{12} + 5 \nu R \Delta T_{23}}$$

Задачу сводим к циклу $\Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \underbrace{\Delta T_{12}}_{>0} + \underbrace{\Delta T_{23}}_{>0} + \underbrace{\Delta T_{31}}_{<0} = 0 \Rightarrow |\Delta T_{31}| = \Delta T_{12} + \Delta T_{23}$

$$4 |\Delta T_{31}| = 4 \Delta T_{12} + 4 \Delta T_{23}$$

При больших изменениях температур (предельно возможно большин изменений):

~~$$\Delta T_{12} \approx \Delta T_{23} \approx \Delta T_{31}$$~~

$\Delta T_{12} \approx \Delta T_{23}$ и $\frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{31}} \approx \cos 45^\circ$ (из графика, т.к. 1-2-3 - равносторонний треугольник) $\Rightarrow |\Delta T_{31}| \approx \sqrt{2} \Delta T_{23} \Rightarrow \eta \approx 1 - \frac{4 |\Delta T_{31}|}{3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23}} \approx 1 - \frac{4 \sqrt{2} \Delta T_{23}}{8 \Delta T_{23}} \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$

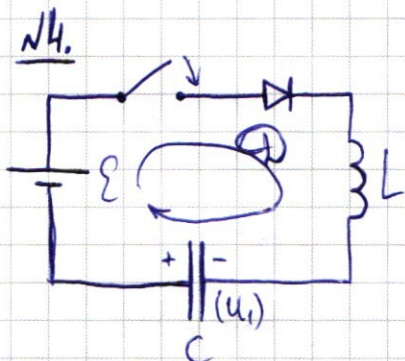
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$C_{11}, \eta \approx \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}$ (предельно возможное КПД: $\eta = \frac{2-\sqrt{2}}{2}$).

Ответ: 1) $\frac{C_{112}}{C_{123}} = \frac{3}{5}$;

2) $\frac{dU_{23}}{A'_{23}} = \frac{3}{2}$;

3) $\eta = \frac{2-\sqrt{2}}{2}$.



1) По правилу Кирхгофа (обход выбран на рисунке): ~~$\varepsilon - U_C - U_L = iR$~~

$\varepsilon - U_C - U_L = iR$ - сразу после замыкания ключа

$\varepsilon - U_C + U_L = L \frac{di}{dt} = \mathcal{E}$

$\varepsilon - U_C + U_L = L \cdot \mathcal{E}$ ✓

Следовательно, $\mathcal{E} = \frac{\varepsilon - U_C + U_L}{L} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{6-1+2}{0,1} = 10 \cdot 7 = 70 \text{ Ас}$

~~2)~~ 2) Макс. ток будет при $U_C = \varepsilon - U_L$ - "равновесие". Исходя из этого запишем ЗСЭ:

$\frac{CU_C^2}{2} + q(\varepsilon - U_C) = \frac{CU_C^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} \quad | :2$

$\begin{cases} q = CU_C + U_C \\ U_C = \varepsilon - U_L \end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow CU_C^2 + 2(U_C + C(\varepsilon - U_C))(\varepsilon - U_C) = C(\varepsilon - U_C)^2 + LI_m^2$

$CU_C^2 + 2U_C(\varepsilon - U_C) + 2C(\varepsilon - U_C)^2 = C(\varepsilon - U_C)^2 + LI_m^2$

$C(U_C^2 + 2U_C(\varepsilon - U_C) + (\varepsilon - U_C)^2) = LI_m^2 \Leftrightarrow \mathcal{E} = \frac{C(U_C + (\varepsilon - U_C))^2}{L}$

Следовательно, $I_m = (\varepsilon - U_0 + U_1) \sqrt{\frac{C}{L}} \Rightarrow I_m = (6 - 1 + 2) \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{9,1}}$

$$I_m = 7 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^2 \cdot 10^3}$$

$$I_m = 7 \cdot 2 \cdot 10^2 = 140000$$

$$I_m = 0,14 \text{ A.}$$

3) При установившемся напряжении на конденсаторе U_2 из-за того ток в цепи не идёт ($I=0$) ✓

$$\text{ЗСЭ: } \int \frac{CU_1^2}{2} + q(\varepsilon - U_0) = \frac{CU_2^2}{2} + 2$$

$$q = CU_1 + U_2$$

$$\Rightarrow CU_1^2 + 2(U_1 + U_2)(\varepsilon - U_0) = CU_2^2$$

$$CU_1^2 + 2C(U_1(\varepsilon - U_0) + U_2(\varepsilon - U_0)) = CU_2^2 \quad | : C$$

$$U_1^2 + 2U_1(\varepsilon - U_0) + 2U_2(\varepsilon - U_0) = U_2^2$$

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

$$D = 4(\varepsilon - U_0)^2 + 8U_1(\varepsilon - U_0) + 4U_1^2 = 4(\varepsilon - U_0 + U_1)^2$$

$$U_1, U_2 = \frac{1}{2}(2(\varepsilon - U_0) \pm 2(\varepsilon - U_0 + U_1))$$

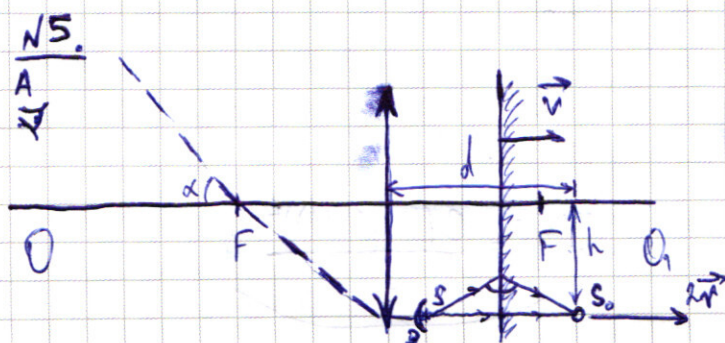
$$U_2 = 2(\varepsilon - U_0) + U_1$$

Следовательно, $U_2 = 2(6 - 1) + 2 = 12 \text{ В.}$

Ответ: 1) $v_1 = 70 \text{ А/с};$

2) $I_m = 0,14 \text{ А};$

3) $U_2 = 12 \text{ В.}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (по ул.) $\Rightarrow$ мы можем считать, что наш настоящий источник света S_0 (S , которое отразилось в зеркале $\Rightarrow \Rightarrow S_0$ - симметрична S относительно зеркала (всегда) $\Rightarrow S_0$ движется со скоростью $2v$, т.к. зеркало движется со скоростью v , отдаляясь от источника (легко показать, что за произвольное τ зеркало пройдет какое-то расстояние l , в то время как S_0 за то же $\tau - 2l \Rightarrow \Rightarrow$ скорость $S_0 - 2v$)) ~~или~~ (см. рисунок) $\checkmark$

S_0 находится на расстоянии: $\frac{F}{4} + 2 \cdot \left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4} \right) = \frac{5F}{4}$ от поверхности линзы.

т.е., по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{d'} = \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F}$
 $d = \frac{5F}{4} \Rightarrow \underline{\underline{d' = 5F \checkmark}}$

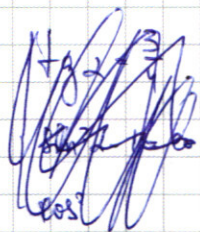
2) Лучи света от S_0 падают на линзу и, преломившись, создают изображение такое же, как если бы не было S и экрана Э. т.е., S' - изображение S_0 всегда будет находится на симметричном месте (см. рисунок) $\Rightarrow$ скорость S' направлена вдоль этого луча $\checkmark$

т.е., $\tan \alpha = \frac{h'}{d' - F}$

По всем известной формуле: $\frac{h'}{h} = \frac{d'}{d} \Rightarrow h' = \frac{5F}{\frac{5F}{4}} \cdot \frac{3F}{4} \Rightarrow \underline{\underline{h' = 3F}}$

т.е., $\tan \alpha = \frac{3F}{4F} = \underline{\underline{\frac{3}{4}}}$

3) По всем известной формуле: $\Gamma^2 = \frac{v'}{v_n}$
 $\left\{ \begin{aligned} \frac{h'}{h} &= \Gamma \Rightarrow \left(\frac{h'}{h} \right)^2 = \frac{v' \cos \alpha}{2v} (*) \end{aligned} \right.$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

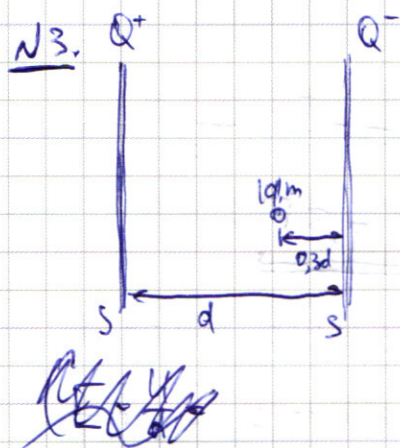
$$1 + \frac{9}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{25}{16} = (\cos^2 \alpha)^{-1} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{16}{25} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5} (**)$$

Учтем из (*) и (**): $\left(\frac{3F}{4} \right)^2 = \frac{\frac{4}{5} v'}{2v}$

$$v^2 = \frac{4v'}{10v} \Rightarrow v' = 40v$$

- Ответ: 1) $d' = 5F$;
 2) $\alpha = \arctg\left(\frac{3}{4}\right)$;
 3) $v' = 40v$.



1) $E = \frac{2Q}{2\epsilon_0 S}$ (по известной формуле E двух пластин) ✓

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \checkmark$$

$$ma = qE \Rightarrow a = \frac{qQ}{m} E \Rightarrow a = \gamma E$$

$$u_1, \begin{cases} v_1 = at \\ qTd = \frac{at^2}{2} \end{cases} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{4Td}$$

$$u_1, (0.5d - 0.4d) = \frac{aT^2}{2}$$

$$u_1, T = \frac{\sqrt{0.4d \cdot 0.4d}}{v_1} = \frac{d\sqrt{4}}{5v_1} \checkmark$$

2) $a = \frac{v_1^2}{4Td} = \gamma E = \gamma \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

$$u_1, Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{4Td \cdot \gamma} \checkmark$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $|q|E \cdot 4d = \frac{mv_2^2}{2} - \text{по } \underline{SCD} \checkmark$ (на бесконечно большом расстоянии: $\underline{E=0} \checkmark$)

$$\gamma E \cdot 4d = v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\gamma E \cdot 4d} \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2} \Rightarrow \underline{v_2 = v_1} \checkmark$$

Оп

Ответ: 1) $T = \frac{d\sqrt{\mu}}{5v_1}$

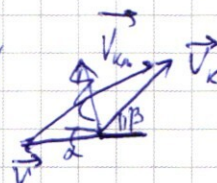
2) $Q = \frac{v_1^2 \cdot \epsilon_0 S}{1,4d \cdot \gamma}$

3) $v_2 = v_1$

н1. 1) Пусть скорость колбаса в этот момент равна $\vec{v}_k$.

2) Сл, по преобразованию Галилея: $\underline{\vec{v}_{k_{сл}} = \vec{v}_k - \vec{v}} \checkmark$

~~Углы: $\alpha_{сл} = \alpha_k \cos \alpha_k$~~





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{\sqrt{5}}{4}$

1) $\frac{1}{\frac{5F}{4}} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{x} = \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F}$

$x = 5F \checkmark$

2) $\Gamma^2 = \frac{N_n'}{N_n}$

$\left(\frac{d'}{a}\right)^2 = \left(\frac{h'}{h}\right)^2 = \frac{N' \cos \alpha}{2n}$

$\left(\frac{5F}{5F}\right)^2 = \frac{N' \cos \alpha}{2n}$

$16 = \frac{N' \cos \alpha}{2n}$

$32n = N' \cos \alpha \quad (*)$

3) $\Gamma^2 = \frac{N_n'}{N_n}$

$\Gamma^2 = \frac{N' \cos \alpha}{2n} \Rightarrow (by (*)): 32n = N' \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

$N' = 32\sqrt{2} \cdot n \checkmark \checkmark$

2) $d_1 = \frac{5}{4}F; d_1' = 5F$

$h_1 = \frac{3}{4}F; h_1' = \frac{d_1'}{d_1} h_1 = 4 \cdot \frac{3}{4}F \Rightarrow h_1' = 3F$

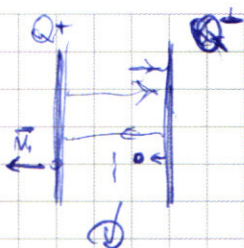
$d_2' = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = F \cdot \frac{2nt - F}{2nt - F}$

$N_n' = d_2' = F \left(\frac{2n(2nt - F) - 2nt \cdot 2n}{(2nt - F)^2} \right) = F \frac{4n^2 t - F 2nt - 4n^2 t}{(2nt - F)^2}$

$= F \cdot \frac{-F 2n}{(2nt - F)^2} = -\frac{F^2 \cdot 2}{(2nt - F)^2} \checkmark$

$\tan \alpha = 1 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \checkmark$

~~N3.~~



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{Q}{5\epsilon_0 S} \left(\frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} \right)$$

$$ma = |q|E$$

$$a = \gamma E$$

$$\begin{cases} v_1 = at \\ 0,7d = \frac{at^2}{2} \end{cases} \Rightarrow 0,7d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$\frac{v_1^2}{0,7d} = a = \gamma E \Rightarrow \gamma \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{v_1^2}{0,7d}$$

$$\sigma = \frac{v_1^2 \epsilon_0}{\gamma \cdot 0,7d}$$

$$\frac{Q \cdot 8}{S} = \frac{v_1^2 \epsilon_0}{\gamma \cdot 0,7d}$$

$$Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0}{\gamma \cdot 0,7d \cdot S} \checkmark$$

$$3) \frac{mv_1^2}{2} + qU_0 = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$qE \cdot 0,7d = \frac{mv_1^2}{2} ???$$

$$1) a = \frac{v_1^2}{0,7d}$$

$$0,2d = \frac{at^2}{2}$$

$$\frac{0,2d}{a} = t^2$$

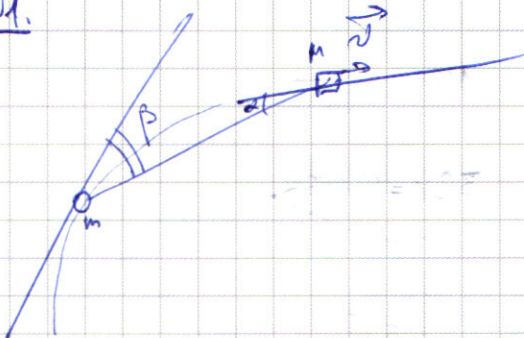
$$T = \sqrt{\frac{0,2d \cdot 0,7d}{v_1^2}} = \sqrt{\frac{56}{100}} \cdot \frac{d}{v_1}$$

$$\frac{2}{10\sqrt{14}} \cdot \frac{d}{v_1} \Rightarrow T = \frac{d\sqrt{14}}{5v_1} \checkmark$$

$$\Delta T_{21} \approx \sqrt{2} \Delta T_{23}$$

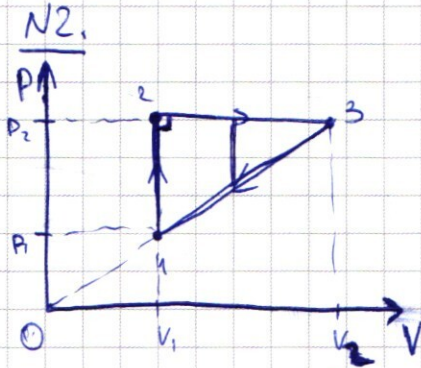
$$\frac{8\sqrt{2}T_{23}}{8\sqrt{2}T_{23}} = \frac{4\sqrt{2}T_{23}}{8\sqrt{2}T_{23}}$$

N1.



$$m \cos \beta \cdot T = m \cos \beta \cdot T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1-2 — изохора ✓
2-3 — изобара ✓
3-1 — $p = kV$ ✓

~~Котель~~
 $\Delta T_{120} + \Delta T_{230} \approx \Delta T$
 $\Delta T_{120} \approx$

1) T повышается на 1-2 и на 2-3, а, м, нужно

найти $\frac{C_{m12}}{C_{m23}}$ — ?

1-2: $Q = \Delta U + A$ (т.к. 1-2 — изохора)

$\Delta C_{m12} \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$C_{m12} = \frac{3}{2} R$

2-3: $Q = \Delta U + A'$

$(p_3 \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23}$ т.к. 2-3 — изобара $\Rightarrow p_{23} = \text{const}$) ✓

$\Rightarrow \nu C_{m23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + p \Delta V_{23}$

$\nu C_{m23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23}$

$C_{m23} = \frac{5}{2} R$

$\eta, \frac{C_{m12}}{C_{m23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

2) 2-3: $\frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{p \Delta V_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2}$

3) $\eta = \frac{A}{Q_{in}} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{\frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{3}{2} p_2 V_2} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_1 V_2 + p_2 V_1)}{\frac{3}{2}(p_1 V_1 + p_2 V_2)} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_1 V_2 + p_2 V_1}{3(p_1 V_1 + p_2 V_2)}$

$\eta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{in}}$

$\frac{|Q_{out}|}{Q_{in}} =$

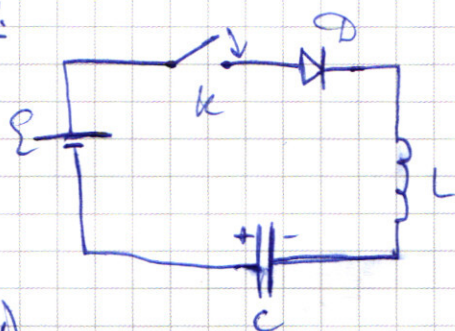
$Q_{out} = Q_{31} = A'_{31} + \Delta U_{31} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_1 - V_2) + \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1}{2} p_1 V_1 - \frac{1}{2} p_1 V_2 + \frac{1}{2} p_2 V_1 - \frac{1}{2} p_2 V_2 + \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2$

$Q_{in} = Q_{12} + Q_{23} = \nu C_{m12} \Delta T_{12} + \nu C_{m23} \Delta T_{23}$

$C_{m12} = 2R$ ✓

$\Rightarrow \nu C_{m12} \Delta T_{12} = 2(p_1 V_1 - p_1 V_2) + 2 \nu R \Delta T_{12}$

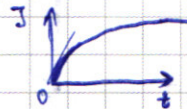
N4.



(нз. - система в вакууме. ✓
нд. - не рассматривать $\frac{3F}{4}$ от
исключить мех. ✓)

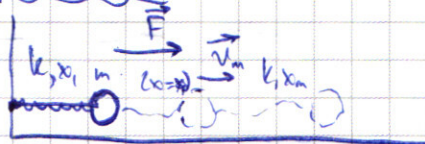
1) По закону: $E - U_0 + U_C = E_{is} = iR$
 $E + U_C = L \frac{di}{dt} + U_0$
 $E + U_C - U_0 = L \frac{di}{dt} \rightarrow V_m$

А по закону: $V_2 = 0$, т.к. $U_2 = E_{is}$



$V_m = \frac{E + U_C - U_0}{L}$

2) Механика:



$\left\{ \begin{aligned} \frac{kx_p^2}{2} + F(x_1 + x_p) &= \frac{kx_p^2}{2} + \frac{mv_m^2}{2} \\ F &= kx_p \end{aligned} \right. \quad (2)$

$(F \rightarrow E - U_0) \checkmark \dots$

(2) $kx_p^2 + 2kx_px_1 + 2kx_m^2 = kx_p^2 + mv_m^2$

$k(x_1^2 + 2x_px_1 + x_p^2) = mv_m^2$

$v_m^2 = \frac{k(x_1 + x_p)^2}{m}$

$I_m = \frac{U_1 + E(E - U_0)}{\sqrt{LE}} = \frac{(E - U_0)\sqrt{E}}{\sqrt{LE}} \checkmark$

$v_m = \sqrt{\frac{k}{m}}(x_1 + x_p) \checkmark$

$0 = -F_0x + \frac{kx^2}{2}$
 $x = \frac{2F_0}{k} = \frac{2F}{k}$

(3) $kx_1^2 + 2kx_1x_p + 2kx_m^2 = kx_m^2$

$x_1^2 + 2x_1x_p + x_p^2 = x_m^2 - 2x_m^2 + x_p^2$

$(x_1 + x_p)^2 = (x_m - x_p)^2 \checkmark \checkmark$

$x_1^2 - 2x_1x_p - (x_p^2 + 2x_px_p) = 0$

$4(x_p^2 + x_1^2 + 2x_1x_p) = (2(x_1 + x_p))^2$

$x_m = \frac{2x_p + (2(x_1 + x_p))}{2} \Rightarrow x_m = 2x_p + x_1$

$x_m = 2x_{op} + kx_p$

$U_m = 2(E - U_0) + U_1 \checkmark$