

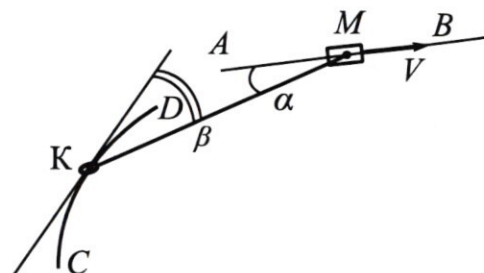
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 11

Вариант 11-03

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.



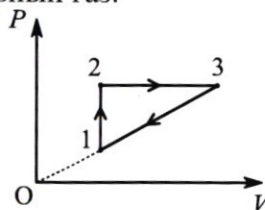
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

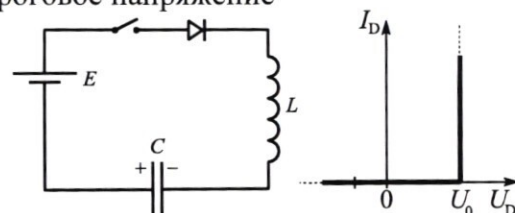
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение

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.

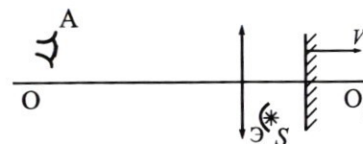


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

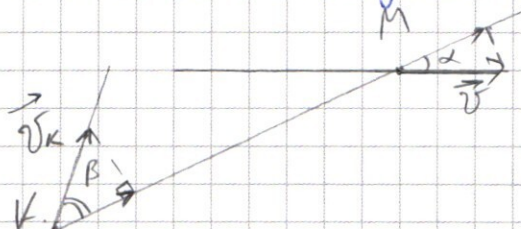
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

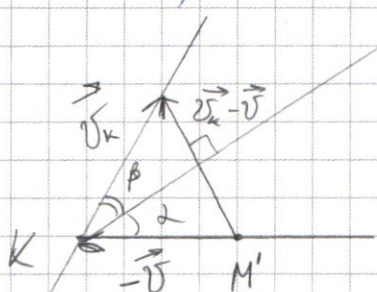


1) Т.к. длина нити не изменяется, то проекция скорости муфта и кольца на нить одинакова:

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

$$v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 50 \text{ см/с}$$

2)



Скорость кольца относительно муфты равна векторной разности:

$$\vec{v}_{km} = \vec{v}_k - \vec{v};$$

Найдём модуль $\vec{v}_{km}$ по т. косинусов:

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

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}; \quad \sin \beta = \frac{4}{5}; \quad \cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{13}{17.5};$$

$$v_{km} = \sqrt{50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{17.5}} = \sqrt{3136} = \sqrt{16 \cdot 196} = 56 \text{ (см/с)}.$$

3) Т.к. длина нити постоянна, то $\vec{v}_{km} \perp \ell$, т.е. кольцо движется по окр-те радиуса ℓ относительно т.м со скоростью $\vec{v}_{km}$, тогда по 3-ему закону Ньютона $T = \frac{v_{km}^2}{\ell} m \Rightarrow v_{km}^2 = 0,3136 \text{ м/с}$

$$\Rightarrow T = \frac{0,3136 \cdot 0,8 \cdot 0,3}{0,53} \approx 0,156 \text{ Н.}$$

Ответ. 1) $v_k = 50 \text{ см/с}$; 2) $v_{km} = 56 \text{ см/с}$,

3) $T \approx 0,156 \text{ Н.}$

Задача №2

1) В процессе 1-2 $A=0$; $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$ (возможно -

$$C_V = \frac{3}{2} R;$$

В процессе 2-3: $Q_{23} = p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$ по 3-му началу термодинамики $p \Delta V = \nu R \Delta T_2$

$$C_P = \frac{5}{2} R;$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3/2}{5/2} = \frac{3}{5}.$$

2) $A = p \Delta V_{13} = \nu R \Delta T_{23}$; $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$;

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2};$$

3) Работа совершаемая за цикл $A = \nu R \Delta T_{23}$;

В процессе 31 $\frac{p}{V} = \text{const}$; температура уменьшается, а полезная работа не совершается.

$$\eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\nu R \Delta T_{23}}{C_V \nu \Delta T_{12} + C_P \nu \Delta T_{23}};$$

При максимальном значении $\eta_{\max}$, величина $\frac{1}{\eta_{\max}}$ - минимальна;

$$\frac{1}{\eta_{\max}} = \frac{\frac{3}{2} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \Delta T_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} \frac{\Delta T_{12}}{\Delta T_{23}} + \frac{5}{2};$$

т.к. $\frac{3}{2} \frac{\Delta T_{12}}{\Delta T_{23}} > 0$, то $\frac{1}{\eta_{\max}}$ - минимальна при $\frac{3 \Delta T_{12}}{2 \Delta T_{23}} \rightarrow 0$; $\Rightarrow$

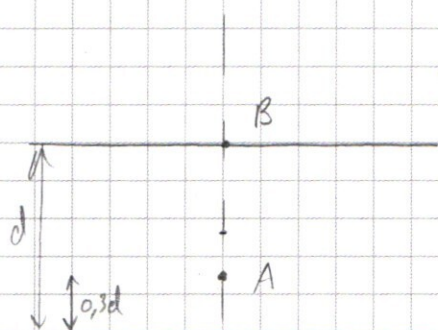
$$\Rightarrow \eta_{\max} \rightarrow \frac{2}{5}.$$

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$;

$$3) \eta_{\max} = \frac{2}{5}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3



Тело покидает на одинаковой
расстоянии от обкладок, когда пройдёт:
 $\Delta d = 0,5 - 0,3d = 0,2d$.

Т.к. в кон. момент заезда не изменилось, то

$$\frac{aT^2}{2} = \Delta d, (1) \text{ где } a - \text{ускорение заезда};$$

Можно записать, что

$$F = 2Eq, \quad E - \text{напряжённость электрического поля конденсатора};$$

$$ma = 2Eq \Rightarrow a = 2E\delta, (2)$$

из (1) и (2):

$$T = \sqrt{\frac{\Delta d}{E\delta}} (3) \quad \text{Запишем ЗСЭ для т. в: } \frac{mv_1^2}{2} = \Delta\varphi q;$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = 2 \frac{0,7dQ}{2ES} q; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{ESv_1^2}{1,48d} (4) \quad \text{Зная } Q, \text{ найдём } E \text{ и подставим в (3):}$$

$$E = \frac{Q}{2S\epsilon} = \frac{v_1^2}{2,88d} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{0,2d}{\frac{v_1^2}{2,88d} \delta}} = \sqrt{0,56} \frac{d}{v_1}.$$

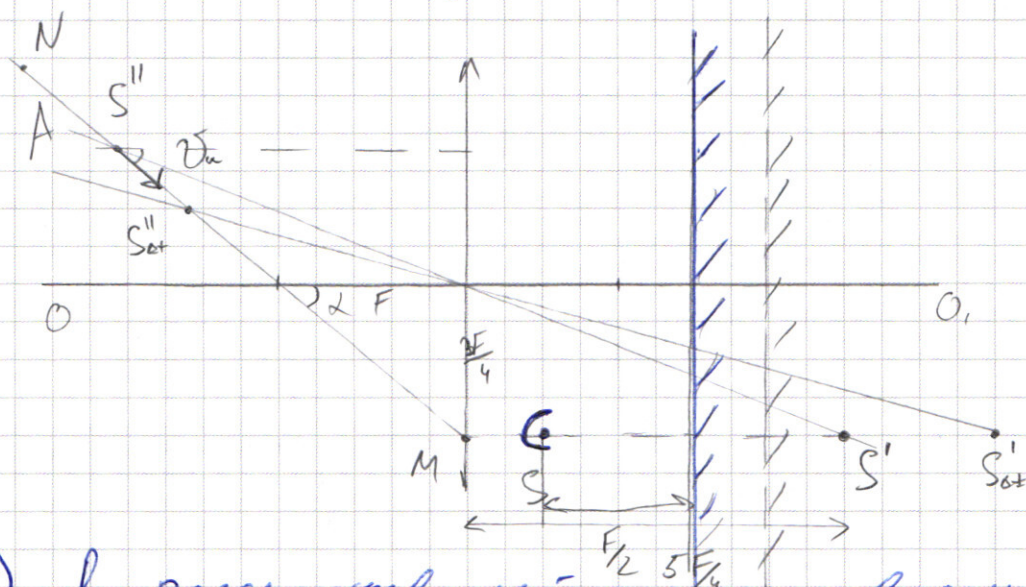
Для того чтобы найти v_2 запишем ЗСЭ, для т. в и т. на обкладках:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \varphi_0 q;$$

$$v_2^2 = 2Ed\delta + v_1^2 \Rightarrow v_2 = v_1 \sqrt{\frac{1}{1,4} + 1} = v_1 \sqrt{\frac{1,2}{0,7}} = v_1 \sqrt{\frac{12}{7}}.$$

Ответ: 1) $T = \sqrt{0,56} \frac{d}{v_1}$, 2) $Q = \frac{ESv_1^2}{1,48d}$, 3) $v_2 = \sqrt{\frac{12}{7}} v_1$.

Задача №5



- 1) В рассматриваемый момент времени предмет находится на расстоянии:

$$d_1 = \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}; \text{ Тогда}$$

Изображение S' находится на расстоянии $d = \frac{3F}{4} + \frac{F}{2} = \frac{5F}{4}$ от зеркала;
По ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F};$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{5F} \Rightarrow f = 5F;$$

- 2) Заметим, что при малом смещении зеркала ~~изображение~~ ~~небольшое~~ продолжает двигаться по прямой MN;

т.к. сам источник движется по оси OO_1 ; т.о. скорость изображения S'' направлена по MN и угол составляет:

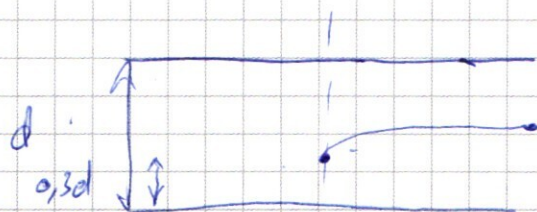
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{3F}{4}}{F} = \frac{3}{4}; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4};$$

- 3) Заметим, что Γ -линейное увеличение линзы равно: $\Gamma = \frac{d}{f} = 4;$

Через малый промежуток времени Δt , изображение в зеркале S' сместится на $\Delta x' = 2v \Delta t$; При этом изображение S'' по геометрическим соображениям сместится на $\Delta x'' = \Delta x' \Gamma = 8v \Delta t \Rightarrow v_{\text{изб.}} = 8v$; ^{пр-ва} скорости v на ось OO_1 равна $v_{\text{ос.}} = 8v = v_{\text{изб.}} \cdot \cos \alpha$; $\Rightarrow v_{\text{изб.}} = \frac{8v}{\cos \alpha} = \left[\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{4}{5} \right] = 10v.$

Ответ: 1) $f = 5F$; 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $v_{\text{изб.}} = 10v.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



E

$$\varepsilon q = A;$$

$$E = Ed;$$

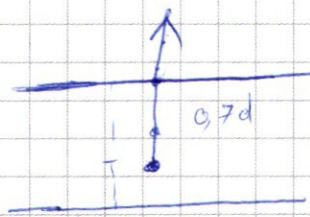
$$\Delta \varphi E = k \frac{q}{r}$$

$\Delta \varphi$

$$F = Eq;$$

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

$$Ed =$$



$$\frac{at^2}{2} = \Delta d;$$

$$Ex = \sqrt{\frac{2\Delta d}{Ex}}$$

$\Rightarrow E$

$$v = Ex t;$$

$$v = at; = Ex T = \sqrt{2Ex\Delta d};$$

$$T = \sqrt{\frac{2\Delta d}{Ex}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = Edx; \Delta \varphi q;$$

$$F = Ed; \left[Ed = \Delta \varphi; = \Delta d E = (0.5 - 0.3) d \frac{q}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = q \Delta \varphi;$$

$$\frac{v_1^2}{2} = \sqrt{(0.5 - 0.3) d \frac{Q}{\varepsilon S}};$$

$$\frac{1}{d} v_1^2 \varepsilon S = Q;$$

$$\frac{1}{d} v_1^2 \varepsilon S = Q;$$

$$2) Q = \frac{2\varepsilon S v_1^2}{0.78 d}$$

$$1) Ed q = \frac{mv_0^2}{2};$$

$$v_0 = \sqrt{2Edqx};$$

$$F = Eq;$$

$$a = \frac{v^2}{2\Delta d}$$

$$ma = Eq;$$

$$a = Ex;$$

$$s = \frac{at^2}{2};$$

$$v = at;$$

$$\frac{2s}{a} = t^2;$$

$$\frac{2s}{a} = \frac{v^2}{a^2};$$

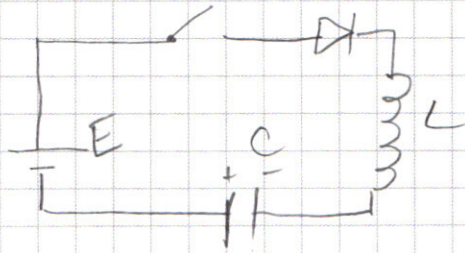
$$s = \frac{v^2}{2a};$$

$$a = \frac{v^2}{2s};$$

Задача №4

1) Как известно: $U_L = LI'$;

т.о. $I' = \frac{U_L}{L}$



В момент замыкания

контра напряжения на катушке в следствии ПЗ-ома

Кирхгофа: $U_L = U_C + E \Rightarrow I' = 80 \text{ А} \frac{\text{Кл}}{\text{с}^2}$.

2) Максимальная сила тока будет в момент, когда напряжение на диоде достигнет порогового значения, а следовательно напряжение на конденсаторе

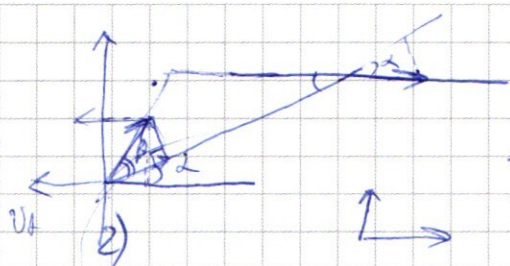
будет: -5В , а заряд на обкладках наменется на противоположный; ~~Вследствие~~ Закон ЗСД;

$$CE \cdot E = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI^2}{2} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{240(36 - 12,5)}{0,1}} \approx 24 \text{ А}.$$

3) В следствии явления электромагнитной индукции ~~конденсатор~~ в катушке напряжение на конденсаторе увеличивается до установившегося стационарного равновесия т.е. $U_2 = U_1 = 1\text{В}$.

Ответ: 1) $I' = 80 \text{ Кл/с}^2$; 2) $I_n = 24 \text{ А}$; 3) $U_2 = 1\text{В}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V \cos \beta = V_1 \cos \alpha$$

$$1) V = \frac{V_1 \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{8}}{\frac{5}{8}} = 50 \text{ (м/с)}$$

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

$$\cos(50^\circ + 10^\circ) = \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{8} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{9}{4} - \frac{1}{4} = \frac{4}{2}$$

$$V_{km} = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2 \cdot V \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \frac{845 - 32}{175} = \frac{13}{12.5}$$

$$V_{km} = \sqrt{50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{12.5}} = \sqrt{2500 + 34^2 - 520} = \sqrt{2000 + 1136} = \sqrt{3136}$$

$$= \sqrt{2000 + 1136} = \sqrt{3136} =$$

$$= \sqrt{16 \cdot 196} = 4 \cdot 14 = 56 \text{ м/с};$$

$$F = \frac{V^2}{\rho} m = \frac{56^2}{5 \cdot 0.5} \cdot 0.3 = \frac{0.8 \cdot 0.7}{5 \cdot 0.5} \cdot 1.2$$

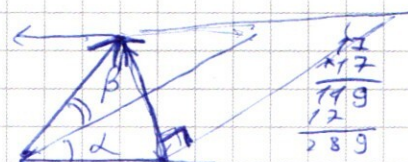
$$F = \frac{0.56^2 \text{ м/с}}{5 \cdot \frac{0.53}{4}} \cdot 0.3 = \frac{(0.8 \cdot 0.7)^2 \cdot 1.2}{5 \cdot 0.53}$$

$$\frac{4}{5} = 0.8,$$

$$0.3136 \cdot 0.8 \cdot 0.3 = 0.24$$

$$0.3136 \cdot \frac{24}{33} \text{ Н}$$

$$\approx 0.1568$$



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r} 2136 \sqrt{2} \quad 1568 \sqrt{2} \\ 3136 \sqrt{16} \quad 784 \sqrt{2} \\ 16 \sqrt{196} \\ 153 \sqrt{196} \\ 144 \sqrt{96} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 136 \\ 102 \\ 1156 \end{array}$$

$$\frac{0.3136 \cdot 1.2}{5 \cdot 0.53}$$

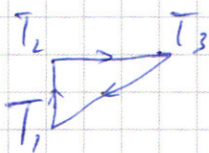
$$0.3136 \sqrt{33}$$

$$0.54 \cdot 0.24$$

$$Q = c_0 \Delta T;$$

$$V = \text{const};$$

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T;$$



$$c \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T;$$

$$c = \frac{3}{2} R \quad c_v = \frac{3}{2} R;$$

$$Q = pV + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$c_p = \frac{5}{2} R;$$

1)

$$\frac{c_{12}}{c_{23}} = \frac{c_v}{c_p} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}.$$

2)

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

3)

$$\eta = \frac{\nu R (T_3 - T_2)}{c_v \nu R (T_2 - T_1) + c_p \nu R (T_3 - T_2)} =;$$

$$= \frac{R (T_3 - T_2)}{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} R (T_3 - T_2)} =$$

$$= \frac{2 (T_3 - T_2)}{3 T_2 - 3 T_1 + 5 T_3 - 5 T_2} =$$

4)

$$\eta = \frac{\nu R \Delta T_2}{c_v \nu R \Delta T_1 + c_p \nu R (\Delta T_2)} =$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{c_v \Delta T_1 + c_p \Delta T_2}{R \Delta T_2} = c_v \frac{\Delta T_1}{R} + c_p;$$

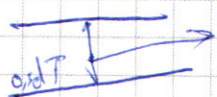
$$\frac{1}{\eta} \rightarrow \Delta T_1 \rightarrow 0;$$

$$1 \rightarrow \uparrow \quad \eta \rightarrow \uparrow \quad \frac{1}{\eta} \downarrow;$$

$$\Delta T_1 \rightarrow 0;$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{5}{2};$$

$$\eta = \frac{2}{5}.$$



$$\frac{|q|}{m} = \gamma; \quad E = \frac{U}{2 \epsilon \epsilon_0}$$

$$u = E d;$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

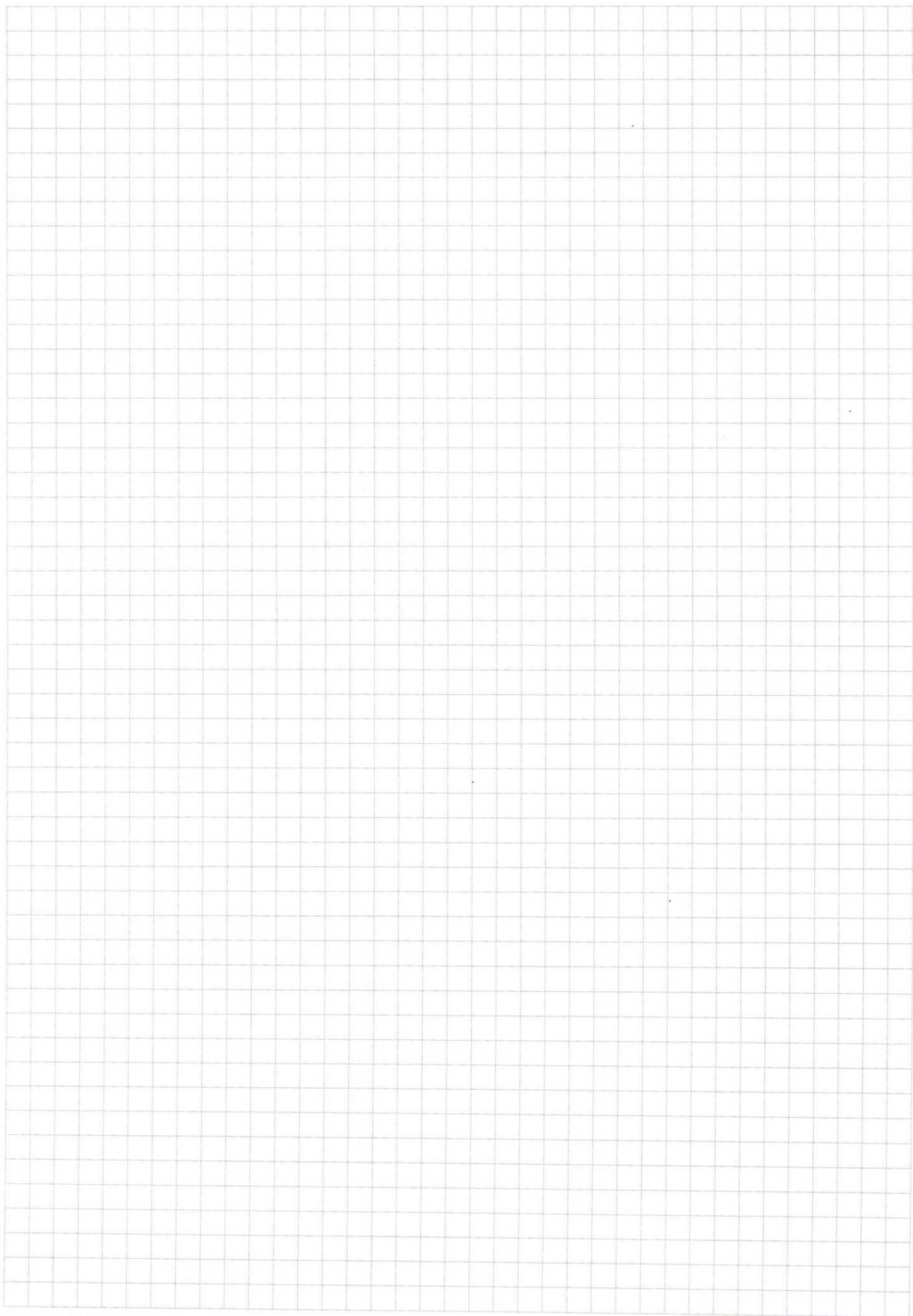
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{L I^2}{2} = \frac{C U^2}{2}$$

или E



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

$$F = E q_1$$

$$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = d E \cdot q_1$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 d E \delta$$

$$v_2^2 = \sqrt{2 d E \delta + v_1^2}$$

$$U = L I'; \quad \frac{U}{L}$$

$$E \frac{q_1}{C} = U;$$

$$C U_1$$

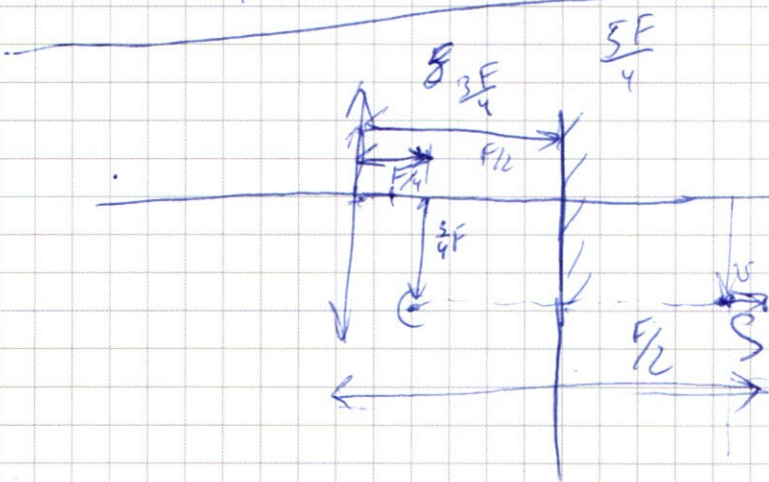
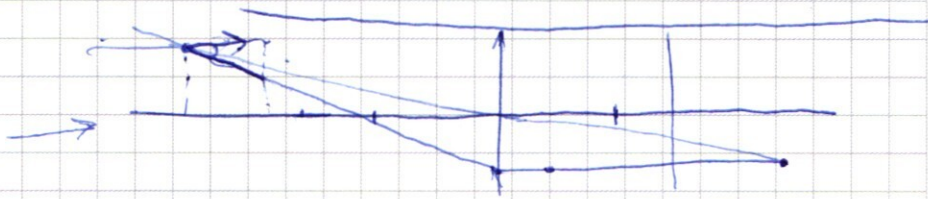
$$U = I R;$$

$$\frac{U}{I} = R;$$

$$\frac{0}{I} = R \rightarrow R = 0$$

$$U_1 + E = L I';$$

$$I' = \frac{U_1 + E}{L};$$



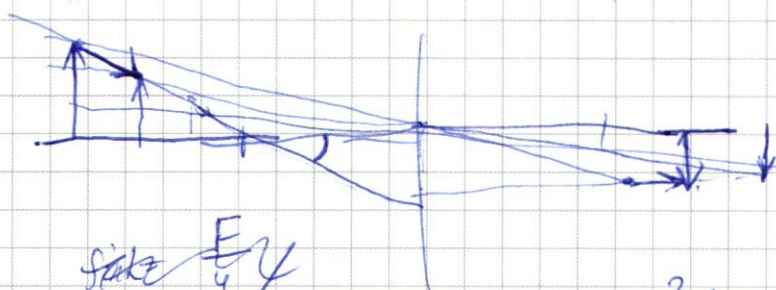
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}; \quad \Gamma = \frac{dE}{F} = \frac{5F}{4F} = 4;$$

$$\frac{1}{5F/4} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F};$$

$$\frac{1}{d} = \frac{4}{5F} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{4}{5F}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{5F}; \quad \frac{4}{5F} = \frac{1}{F}$$

$$d = 5F; \quad - 3F$$



$$\text{take } \frac{F}{4}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{3F/4}{F} = \frac{3}{4};$$

$$\frac{9}{16} + 1 = \frac{25}{16}; \quad \text{tg } \alpha = \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{4}{3};$$

$$\alpha = \arctg \frac{3}{4};$$

$$\Delta t;$$

$$\Delta x' = 2v \Delta t;$$

$$\Delta x = 8v \Delta t;$$

