

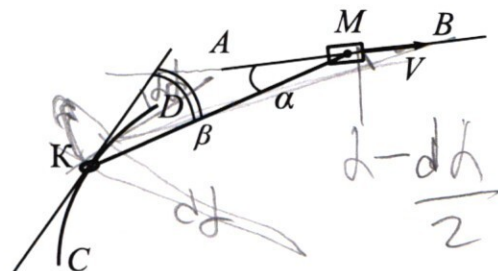
Олимпиада «Физтех» по физике, с

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.



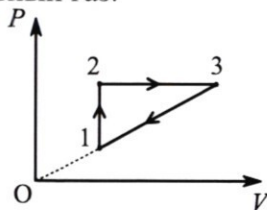
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 $\frac{|q|}{m} = \gamma$. *дополнение: барьер*



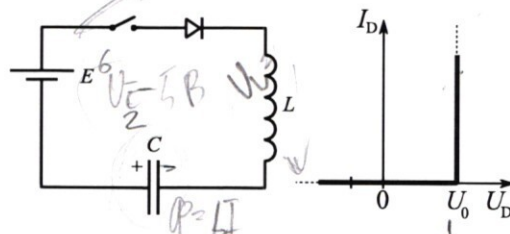
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

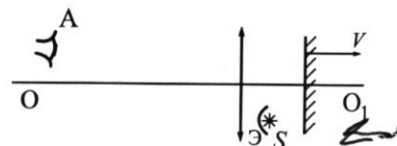
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 $F/4$ 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

N4

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

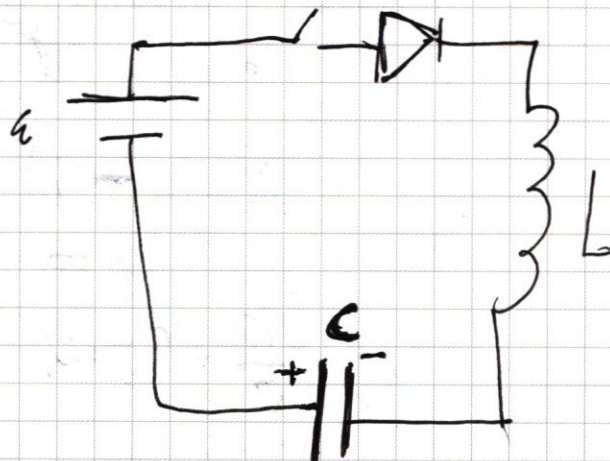
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Найти:

$$K = \frac{dI}{dt}$$

$$I_m - ?$$

$$U_2 - ?$$



1)

$$\mathcal{E} + U_1 = U_0 + LI$$

Вразу после замыкания
ключа U_1 не ~~сменяет~~ ~~из~~
мощности не ~~наблюдается~~ $\Rightarrow$

$$K = \frac{dI}{dt} = \dot{I} = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L} = \frac{7 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) \quad \mathcal{E} + \frac{q}{C} - U_0 = LI = L \dot{q}$$

~~t_0 замк конденсатора~~

$$C(\mathcal{E} - U_0) + q = LC \cdot \dot{q}$$

$$X = C(\mathcal{E} - U_0) + q$$

$$\frac{X}{LC} = \ddot{X}$$

~~решение такого уравнения известно.
из табличной пружинки ($\ddot{x} = -\omega^2 x$)~~

$T = 2\pi \sqrt{LC}$
 период колебаний цепи LC

$X_p = C(\varepsilon - U_0 + U_1)$
 в первый момент времени.

$X = X_0 \cos(\omega t) = C(\varepsilon - U_0 + U_1) \cos(\omega t)$

$\bullet \cos(\frac{2\pi}{T} t)$

$X = C(\varepsilon - U_0) + q$

$q = C(\varepsilon - U_0 + U_1) \cos(\omega t) - C(\varepsilon - U_0)$

$\frac{q}{C} + \varepsilon \geq U_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

Дано:

$$V = 34 \frac{\mu}{c}$$

$m \approx 0,3 \text{ Kz}$

$$R = 0,53 \text{ M}$$

$$L_2 \quad \underline{5R}$$

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

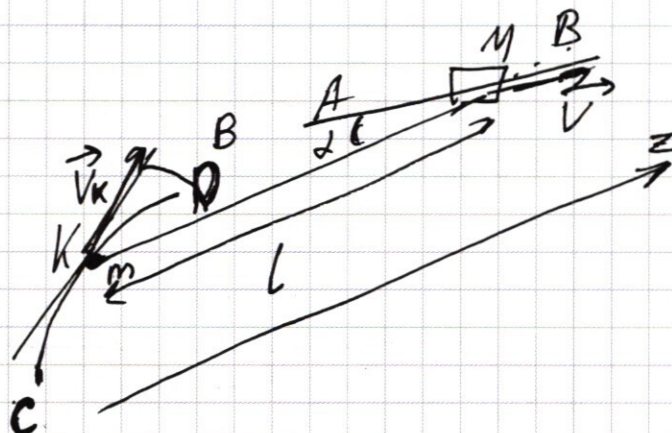
$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

кайты:

$$V_K = 2$$

$$V_0 = ?$$

$T_H - ?$

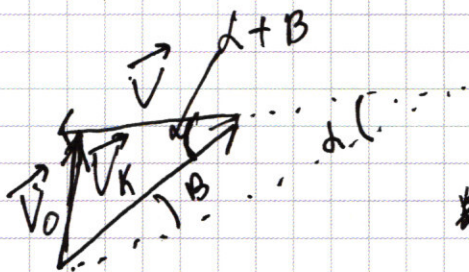


1) Ввиду неэластичности нити
факта, что тело M движется,
а тело K тянется
нитью, ~~скорость~~ проекции
 V и V_K (V_K - скорость кольца
в данный момент времени)
на ось, сонаправленную с ~~нитью~~
нитью (ось Z).

2) на ось z : $V_k \cdot \cos \beta = V \cdot \cosh$

$$V_k = V \cdot \frac{\cosh \alpha}{\cosh \beta} = \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} \cdot 34 \frac{\text{m}}{\text{C}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{C}}$$

3) тк $\vec{V}_k$ и $\vec{V}$ направлены в разные стороны вычтем их векторно, чтобы найти V_0 (обозначим a - модуль вектора $\vec{V}$ вектор $\vec{V}$ где a - ~~направление~~ ~~направление~~



$$V_0 = \sqrt{V^2 + V_K^2 - 2VV_K \cos(h+\beta)} = \sqrt{V^2 + V_K^2 - 2VV_K \cdot (\cosh \alpha \cos \beta - \sinh \alpha \sin \beta)}$$

поэтому считаем $\sin X = \sqrt{1 - \cos^2 X}$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{1 - \frac{285}{289}}{289}} = \frac{8}{17}$$

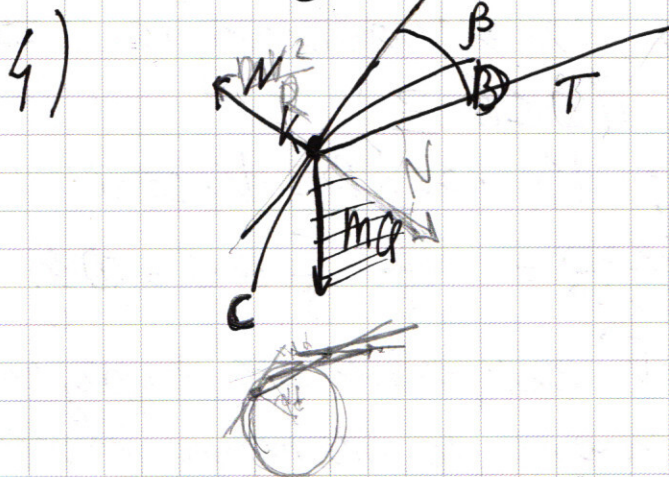
$$V_0 = \sqrt{34^2 + 50^2 - 68 \cdot 50 \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} \right)} = \frac{24}{c} =$$

$$= 34 \sqrt{1 + \frac{25}{17^2} - \frac{2 \cdot 25}{17} \left(\frac{45 - 32}{17 \cdot 5} \right)} \cdot \frac{M}{L} =$$

$$= 34 \sqrt{\left(\frac{17^2}{17^2} + \frac{25^2}{17^2} - \frac{130}{17^2}\right) \cdot \frac{u^2}{c^2}} = 2 \sqrt{(289 + 625 - 130) \frac{u^2}{c^2}}$$

$$= 2 \sqrt{(914 - 130) \frac{m^2}{c^2}} = 2 \sqrt{784 \frac{m^2}{c^2}} =$$

$$= 56 \frac{1}{5}$$



разности на: 704 ~~множества~~

7	8	4	2
3	9	2	2
1	9	6	2
	9	8	2
	4	9	17 ²

$$784 = (7 \cdot 4)^2 = 28^2$$

Сделаем в ИСО Мюллера, пусть
полюсы два металла по окружности с
радиусом L , а $T = \frac{\omega^2 L}{V_0^2} \cdot m$

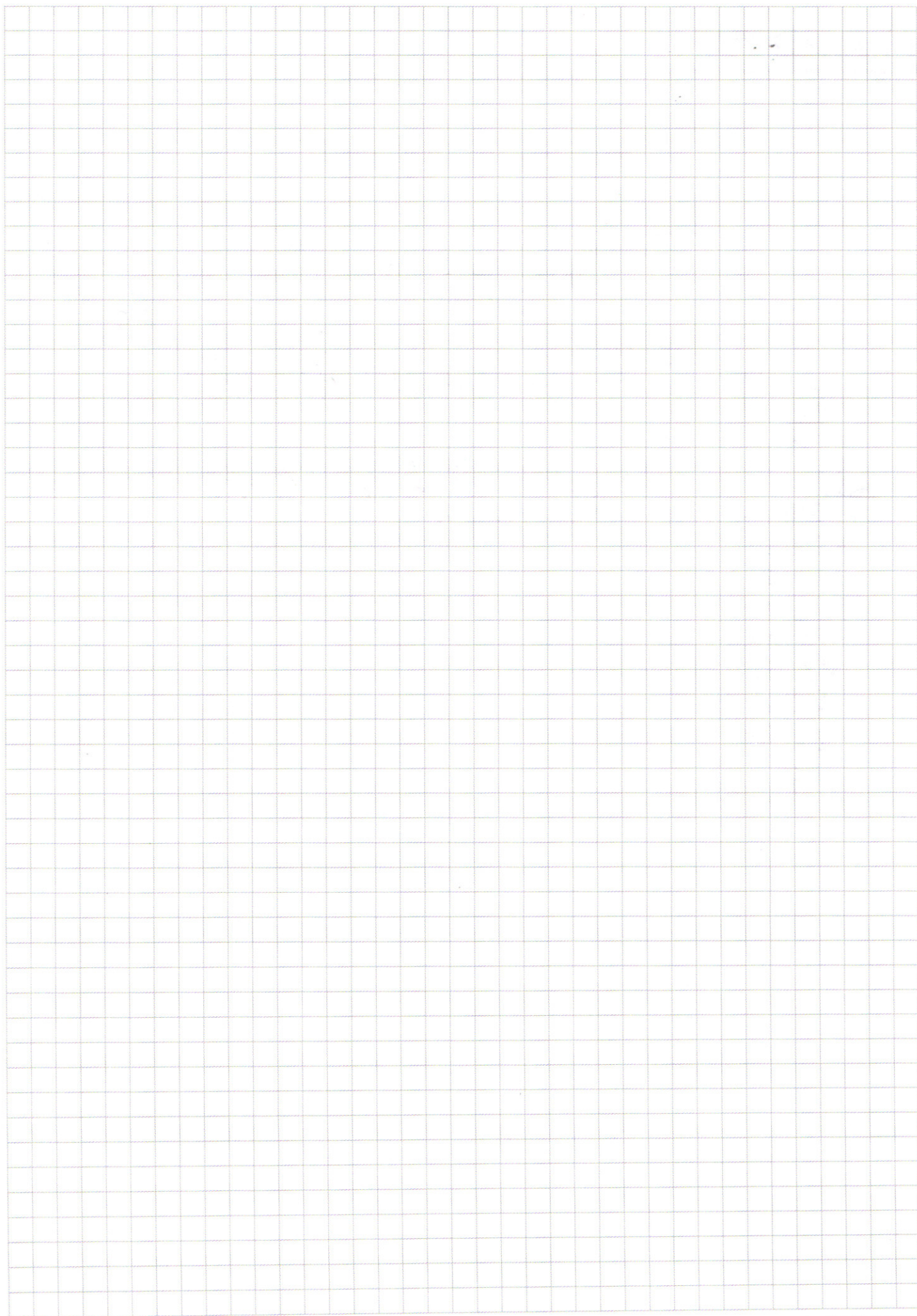
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r}
 56^2 \\
 \underline{56} \\
 338 \\
 \underline{280} \\
 3138 \quad 2. \\
 \underline{1568} \quad 2. \\
 784 \quad 2. \\
 \underline{392} \quad 2. \\
 196 \quad 2. \\
 \underline{98} \quad 2. \\
 52 \quad 2. \\
 \underline{26} \quad 2. \\
 13
 \end{array}$$

$$T = 0.356^2 \cdot 4 \quad H = 0.32 \cdot \frac{100}{5 \cdot 53} \cdot \frac{10 \cdot 20}{53 \cdot 4} =$$

$$\approx \frac{20000 \cdot 0.3}{50} \cdot \frac{1}{4} = 0.3 \cdot 400 \quad H \approx 128 \text{ н}$$

ответ: $V_k = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $V_0 = 56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $T = 128 \text{ н}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Дано:

$$i=3$$

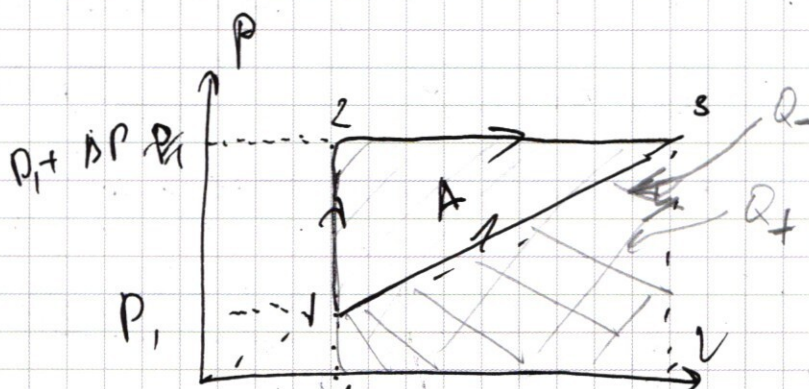
график:

используя:

$$\alpha = \frac{Q}{C_2} - ?$$

$$\beta = \frac{\Delta V_{23}}{A_{23}}$$

$\eta_m - ?$



$$1) \quad P \cdot V = \nu R T \quad V_1 + \Delta V$$

$$T = \frac{P V}{\nu R} \text{ не}$$

T рассчитан на 1-2, 2-3 и
не подходит на 3-1

$$\alpha = \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_{12}}{C_{2-3}} \text{ — не подходит}$$

1-2 и 2-3 соответ-
ственно
(C₃₋₁ — 3-1 соответ-
ственно)

$$C_p = \frac{i+2}{2} R$$

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

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

$$2) \quad A_{23} = (P_1 + \Delta P) \Delta V$$

$$\Delta V_{23} = C_v \cdot \nu \cdot \Delta T_{23}$$

$$\Delta T_{23} = \frac{(P_1 + \Delta P) \cdot (V_1 + \Delta V - V_1)}{\nu R}$$

$$\beta = \frac{\Delta V_{23}}{A_{23}} = \frac{i(P_1 + \Delta P) \Delta V}{2(P_1 + \Delta P) \Delta V} = \frac{3}{2}$$

(из закона
Менделеева —
Клапейрона)

$$3) \eta \stackrel{\text{кпд}}{=} \frac{A}{Q_1} = \frac{\Delta p \Delta V}{2 Q_1}$$

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{12} = C_V \cdot \nu \Delta T_{12} = \frac{i}{2} \cdot V_1 \Delta p (P_1 + \Delta P - P_1) = \frac{i V_1 \Delta p}{2}$$

$$Q_{23} = C_p \nu \Delta T_{23} = \frac{(i+2)}{2} (P_1 + \Delta P) (V_1 + \Delta V - V_1) = \frac{(i+2)}{2} (P_1 + \Delta P) \Delta V$$

$$Q_1 = \frac{i V_1 \Delta p + i (P_1 + \Delta P) \Delta V + 2 (P_1 + \Delta P) \Delta V}{2}$$

$$\eta = \frac{\Delta p \Delta V}{\frac{3 V_1 \Delta p + 5 (P_1 + \Delta P) \Delta V}{2}} = \frac{1}{\frac{3 V_1}{\Delta V} + 5 \frac{(P_1 + \Delta P)}{\Delta p}}$$

в процессе 3-1 $p = \gamma \cdot V \Rightarrow P_1 = \gamma V_1$

$$\Delta p \gamma = \gamma \Delta V$$

$$\eta = \frac{1}{\frac{3 V_1}{\Delta V} + \frac{5 \gamma (V_1 + \Delta V)}{\gamma \Delta V}} = \frac{1}{\frac{3 V_1}{\Delta V} + 5} = \frac{\Delta V}{3 V_1 + 5 \Delta V}$$

кпд как и всегда, полученный ответ
для η_m V_1 нужно устремить к нулю (но
он не приближаться), а ΔV оно тогда
не зависит (или увеличить ΔV и прибли-
зиться к $3 V_1$) тогда $\eta_m = \frac{1}{5}$

Ответ: $\alpha = \frac{3}{5}$; $\beta = \frac{3}{2}$; $\eta_m = \frac{1}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$U_2 = 1 \text{ В}$$

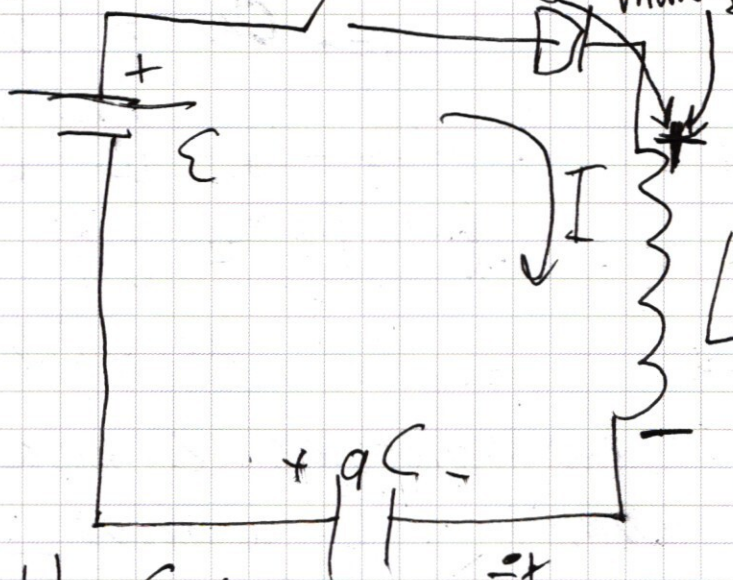
Найти:

$$K = \frac{dI}{dt}$$

$$I_{\text{н}} - ?$$

$$U_2 - ?$$

Напряжение на катушке макс



$$U = \mathcal{E} + U_1 = U_0 + L \frac{dI}{dt}$$

тк сразу после замы-
кания ключа ~~на~~ напряжение
на конденсаторе особ
не изменяется?

$$K = \frac{dI}{dt} = \dot{I} = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L} = \frac{7}{0,1} \frac{\text{А}}{\text{с}} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) пока U_L (напряжение на катушке)

$U_L > 0$ I растёт

когда $\mathcal{E} + \frac{q}{C} = U_0$ I расти не может,
но и пропасть не может, катушка не
даст. Она создаст $U_L < 0$ и будет умень-
шать ток

поэтому в момент когда

$$\mathcal{E} - U_0 + \frac{q}{C} = 0 \quad I = I_m$$

$$U_C = -5 \text{ В}$$

$$q = C U_C = 0,00004 \cdot (-5) = -0,0002 \text{ Кл}$$

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - U_0 = L \dot{I} = L \dot{q}$$

$$C(\mathcal{E} - U_0) + q = L C \dot{q}$$

$$X = C(\mathcal{E} - U_0) + q \Rightarrow \ddot{X} = \frac{1}{LC} X$$

по Аномии с начальных прг-
миски T- период

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$X = X_0 \cos(\omega t)$$

X в начале $X_0 = C(\mathcal{E} - U_0 + U_1) = 0,0002 \text{ Кл}$

$$q = C(\mathcal{E} - U_0 + U_1) \cos(\omega t) + C \mathcal{E} - C U_0$$

$$I = \dot{q} = C(\mathcal{E} - U_0 + U_1) \sin(\omega t) \cdot \omega$$

при $I = I_m$:

$$U_C = \mathcal{E} - U_0 + U_1 \cos(\omega t_1) + \mathcal{E} - U_0$$

$$\cos(\omega t_1) = 0 \Rightarrow \sin(\omega t_1) = 1$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L}} (\mathcal{E} - U_0 + U_1) = \sqrt{\frac{0,00004}{0,1}} \cdot 7 \text{ А} = 0,14 \text{ А}$$

$$= 0,14 \text{ А}$$

$$I_m \neq 0,14 \text{ А}$$

при расставлении знаков я слезу, тогда
получится величина была верна

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к минимальному V_2)

$$V_2 = \frac{\mathcal{E} C}{C} + \sqrt{\mathcal{E}^2 C^2 + (L C I_m^2 + q_1^2 - 2 \mathcal{E} q_1 C)}$$

$$= -\left(\mathcal{E} + \sqrt{\mathcal{E}^2 + \frac{L I_m^2}{C} + V_C^2 - 2 \mathcal{E} V_C} \right) = -6 \sqrt{36 + \frac{0,1 \cdot 0,096}{0,00040} + 25 + 60} \text{ В}$$

$$= -6 \sqrt{96 + 29} \quad \text{В} = -6 \sqrt{125} \text{ В}$$

Ответ: $K = 70 \frac{\text{А}}{\text{С}}$; $I_m = 0,14 \text{ А}$; $V_2 = -6 \sqrt{125} \text{ В}$

т.к. я знаю все направления, я могу
знать не принципален.

3) когда $I \equiv 0$ будем $= 0$ (при этом
нужно учесть)
после $I = I_m$

$$\varepsilon + \frac{q}{C} - U_0 = -L\ddot{I} = -L\ddot{q}$$

$$C(\varepsilon - U_0) + q = -CL\ddot{q}$$

аналогично

$$x_1 = x_{10} \cos(\omega t)$$

$$x_{10} = C(\varepsilon - U_0) + C \cdot U_0$$

$$q = (\varepsilon - U_0 + U_0) \cos \omega t$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

3) по ЗЦЗ:

$$\frac{L\dot{I}_m^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C} = \frac{CU_2^2}{2} + \varepsilon \left(\frac{U_2^2}{C} - q_1 \right)$$

$$LCI_m^2 + q_1^2 - CU_2^2 - 2\varepsilon(U_2 - q_1)C = 0$$

$$LCI_m^2 + q_1^2 + 2\varepsilon q_1 C - CU_2^2 - 2\varepsilon CU_2 = 0$$

$$d = 4\varepsilon^2 C^4 + 4(C^2(LCI_m^2 + q_1^2 - 2\varepsilon q_1 C))$$

$$d = 4\varepsilon^2 C^4 + 4(C^2(LCI_m^2 + q_1^2 - 2\varepsilon q_1 C))$$

$$U_2 = \frac{2\varepsilon C^2 + \sqrt{4\varepsilon^2 C^4 + 4C^2(LCI_m^2 + q_1^2 - 2\varepsilon q_1 C)}}{-2C^2}$$

тут так же у того колебания два
корня, если начать с середины и так

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

d

$$l = 0,3d$$

v_1

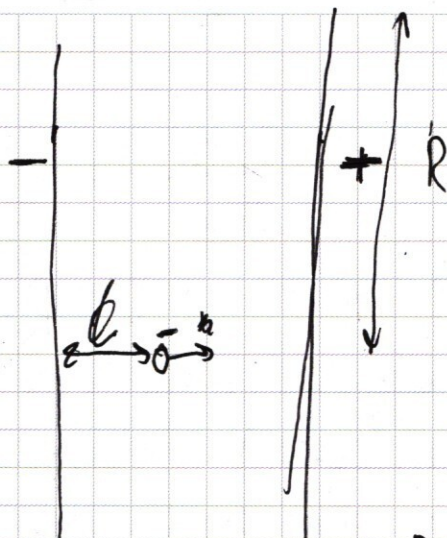
γ

найти:

T — ?

Q — ?

v_2 — ?



$$1) E = \frac{Q}{S\epsilon_0} \quad (\text{так } R \gg d)$$

$$F = \frac{Qq}{S\epsilon_0}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Q\gamma}{S\epsilon_0}$$

$$\left(\frac{d}{2} - l\right) = \frac{aT^2}{2} = \frac{Q\gamma T^2}{2S\epsilon_0}$$

$$2) v = aT, \Rightarrow T_1 = \frac{v_1}{a} \Rightarrow 0,2d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{1,4d}{v_1^2} \quad a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$3) \left(\frac{d}{2} - l\right) = \frac{aT^2}{2} = \frac{v_1^2 T^2}{2,8d}$$

$$\frac{0,2d^2 \cdot 2,8}{v_1^2} = T^2 \Rightarrow T = \sqrt{0,56} \frac{d}{v_1}$$

$$4) 0,2d = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow 0,4d = \frac{a \cdot 0,56d^2}{v_1^2}$$

$$\frac{40}{56} \frac{V_1^2}{d} = Q$$

$$Q = \frac{V_1^2}{1,4d} = \frac{F}{m} = \frac{Qq}{S\epsilon_0 m} = \frac{Q\delta}{S\epsilon_0}$$

$$\frac{V_1^2}{1,4d} = \frac{Q\delta}{S\epsilon_0} \Rightarrow Q = \frac{V_1^2 S\epsilon_0}{1,4\delta d}$$

§ 4) тк $d \ll R$ влияние обкладок
вблизи конденсатора (за пределами
обкладок) взаимно уничтожается.
тк от расстояния E будет зависеть
одинаково влияние plates так же
пренебрежимо мало.

$$V_2 = V_1$$

$$\text{ответ: } T = \sqrt{0,56} \frac{d}{V_1}; Q = \frac{V_1^2 S\epsilon_0}{1,4\delta d}; V_2 = V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5
Дано

F

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

$$d = \frac{F}{4}$$

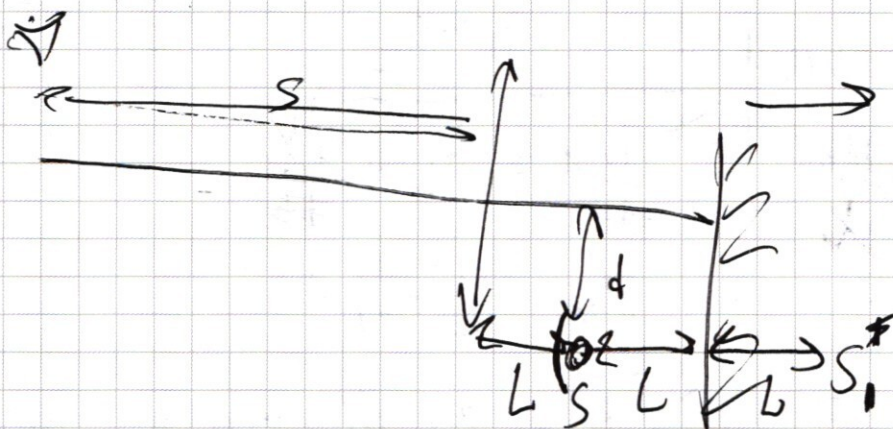
V

найти:

S

L

V_1



$$1) \frac{1}{S} + \frac{1}{3L} = \frac{1}{F}$$

$$S = \frac{3FL}{3L - F} = \frac{9F \cdot \frac{3}{4}}{9F - 4F} = \frac{9}{5} F$$

2) найти V_1 — скорость S_1

следит в со. зеркала

$$V_{KO} \approx V$$

$$V_1 = 2V$$

Гориз. найти Γ продольное

$$1) \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$2) \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F}$$

вынести и
перенести

$$\frac{q_1 - q_2}{b_2 - b_1} =$$

$$\left| \frac{b_2 - b_1}{a_1 - a_2} \right| = \frac{b}{a} \cdot \frac{b_1}{a} = S \Gamma \approx \Gamma_{\perp}^2$$

прямой за
отдельное
время $\frac{dx}{dt}$

$$\frac{dX_{\parallel}}{dt} = F_{\perp}^2 V \frac{dX_{\perp}}{dt}$$

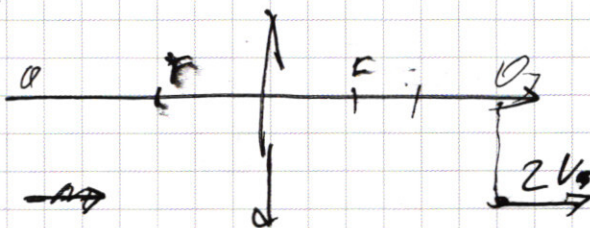
$$V_{\parallel} = \Gamma_{\perp}^2 \cdot V_{\perp} =$$

продольное
поперечное

$$= \frac{S^2}{36} V_{\perp} = 2 \cdot \frac{81}{5 \cdot 9 \cdot 9} \cdot 16 \cdot V = \frac{32}{5} V \approx 6,4 V$$

$$\pm g = \frac{1}{F} \cdot \frac{dX_{\perp} \cdot \Gamma}{dX_{\perp} \Gamma^2} = \frac{1}{F_{\perp}} = \frac{4/9}{5/9} = \frac{4}{5}$$

так $\Gamma_{\perp}$ зависит от
расстояния и есть
скорость $\perp$ ОО



Ответ: $S = \frac{9}{5} F$; $V_{\parallel} = 6,4 V$; $\pm g = \frac{4}{5}$