

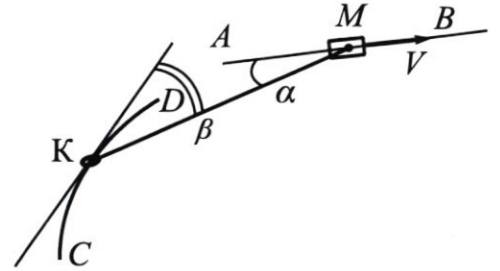
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-04

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

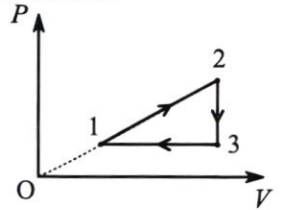
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



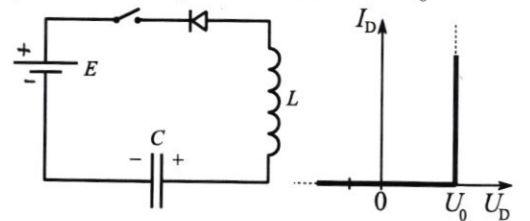
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ 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.

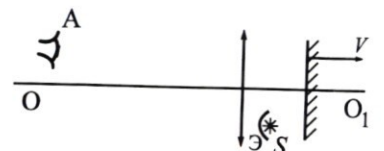


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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 2

1) ИЗОБРАЗИМ НА ГРАФИКЕ (ПРИМЕРНО) ИЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, ЧТОБЫ БЫЛО ВИДНО, ЧТО ПОНИЖЕНИЕ Т-РЫ ИДЁТ НА УЧАСТКАХ 2-3 И 3-1:

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{i/2}{(i+2)/2} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$2) \Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 1,5 \nu R (T_2 - T_1)$$

ПО ГРАФИКУ: $A_{12} = p_1(V_2 - V_1) + \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = \underline{p_1 V_2 - p_1 V_1} + \underline{0,5 p_2 V_2 - 0,5 p_2 V_1} - \underline{0,5 p_1 V_2 + 0,5 p_1 V_1} =$

$= 0,5 p_1 V_2 - 0,5 p_1 V_1 + 0,5 p_2 V_2 - 0,5 p_2 V_1$; Т.к. 12 ПРОХОДИТ ЧЕРЕЗ НАЧАЛО КООРДИНАТ: $\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow$

$\Rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2$. ПОДСТАВИМ В ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ: $A_{12} = 0,5 p_1 V_2 - 0,5 p_1 V_1 + 0,5 p_2 V_2 - 0,5 p_1 V_2 =$

$= 0,5(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 0,5(\nu R T_2 - \nu R T_1) = 0,5 \nu R (T_2 - T_1)$

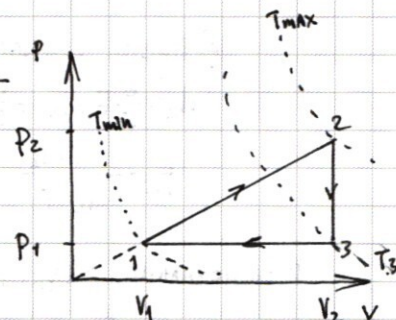
$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{1,5 \nu R (T_2 - T_1)}{0,5 \nu R (T_2 - T_1)} = 3$$

$$3) \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} - A_{13}}{A_{12} + \Delta U_{12}} = \frac{A_{12} - A_{13}}{A_{12} + 3A_{12}} = \frac{A_{12} - A_{13}}{4A_{12}} =$$

$$= \frac{A_{12} - A_{13}}{4A_{12}} = \frac{1}{4} - \frac{A_{13}}{4A_{12}} = \frac{1}{4} - \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} =$$

η МАКСИМАЛЕН, КОГДА $A_{13}/A_{12} \rightarrow 0$, Т.Е. КОГДА $A_{13} \rightarrow 0$, А $A_{12} \rightarrow \infty$.
В ЭТОМ СЛУЧАЕ $\eta \approx 0,25$ ЭТО МАКСИМАЛЬНОЕ КПД.

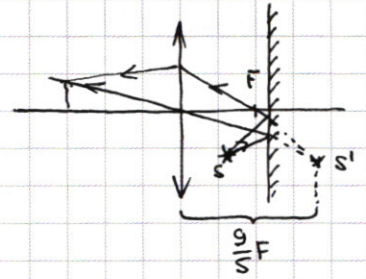
ОТВЕТЫ: 1) 0,6 2) 3 3) 0,25



ЗАДАЧА 5

1) Зеркало отражает лучи, поэтому, чтобы найти изображение, сделаем вид, что источник находится на расстоянии $d_1 = \frac{6}{5}F + \frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F = \frac{9}{5}F$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{F \cdot \frac{9}{5}F}{\frac{9}{5}F - \frac{3}{5}F} = \frac{9F^2}{4F} = \frac{9}{4}F$$



2) Пусть зеркало сместится на малую величину dx , тогда:

$$d_2 = \frac{6}{5}F + dx + \frac{6}{5}F + dx - \frac{3}{5}F = \frac{9}{5}F + 2dx$$

$$f_2 = \frac{F \cdot d_2}{d_2 - F} = \frac{\frac{9}{5}F^2 + 2Fdx}{\frac{9}{5}F + 2dx - F} = \frac{9F^2 + 10Fdx}{4F + 10dx}$$

Первоначальная высота изобр: $\frac{h_1 \cdot 15}{8F} = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow h_1 = \frac{8}{15}F \cdot \frac{9F \cdot 5}{4 \cdot 9F} = \frac{8}{3}F$

$$h_2 = \frac{8}{15}F \cdot \frac{f_2}{d_2} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{F(9F + 10dx)5}{(4F + 10dx)(9F + 10dx)} = \frac{8}{3} \frac{F^2}{(4F + 10dx)}$$

из рис. справа $\tan \alpha = \frac{\Delta h}{\Delta f} = \frac{h_2 - h_1}{f_2 - f_1} = \frac{\frac{8F^2}{3(4F + 10dx)} - \frac{8}{3}F}{\frac{9F^2 + 10Fdx}{4F + 10dx} - \frac{9}{4}F} =$

$$= \frac{\frac{8F^2 - 8F^2 - 20Fdx}{3(4F + 10dx)}}{\frac{9F^2 + 10Fdx - 9F^2 - 22.5Fdx}{4F + 10dx}} = \frac{-20F \cdot dx}{(-12.5F \cdot dx)3} = \frac{20}{37.5} = \frac{8}{15}$$

3) Пусть перемещение зеркала было совершено за $t \Rightarrow v = \frac{dx}{t}$

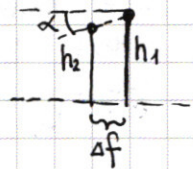
$$v_{\text{изображение}} = v_1 = \frac{\sqrt{\Delta h^2 + \Delta f^2}}{t}$$

из н.2 $\Delta h = \frac{8}{15}F \Rightarrow \sqrt{\Delta h^2 + \Delta f^2} = \Delta f \sqrt{\frac{23}{15}} = \frac{1 - 12.5F \cdot dx}{4F + 10dx} \sqrt{\frac{23}{15}}$

т.к. dx - малая величина $\frac{12.5F \cdot dx}{4F + 10dx} \sqrt{\frac{23}{15}} = \frac{12.5dx}{4} \sqrt{\frac{23}{15}}$

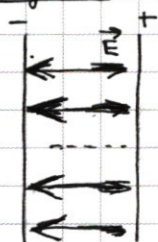
$$v_1 = \frac{31.25 \sqrt{23} \cdot dx}{\sqrt{15} \cdot t} = \frac{31.25 \sqrt{23}}{\sqrt{15}} \cdot v$$

Ответ: 1) $\frac{9}{4}F$ 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$ 3) $v_1 = \frac{31.25 \sqrt{23}}{\sqrt{15}} v$



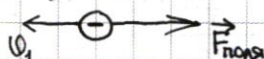
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА 3



1) По ЗСЭ: $E_k = A_{поля}$
 $\frac{m\omega_1^2}{2} = \frac{qEd}{2} \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{qEd}{m} \Rightarrow \gamma = \frac{\omega_1^2}{\omega^2} = \frac{5}{8}$

2) В силу симметрии $T = 2t_{остановки}$



По IIЗН:

$$ma = F_{поля}$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{u\gamma}{d} = \frac{5\omega_1^2}{8d}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

из кинематики:

$$0 = \omega_1 - at_{ост} \Rightarrow t_{ост} = \frac{\omega_1}{a} = \frac{\omega_1 d}{u\gamma} = \frac{8d}{5\omega_1} \Rightarrow T = \frac{4d}{\omega_1}$$

3) $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow \sigma = 2\epsilon_0 E$

$$|q| = \sigma S = 2\epsilon_0 \frac{U}{d} \cdot d^2 = 2\epsilon_0 U d$$

Пусть пластина улетит на большое расстояние R . Тогда мы можем рассматривать обкладки конденсатора как точечные заряды.

По ЗСЭ:

$$\frac{m\omega_1^2}{2} = k \frac{q_1 q_2}{R^2} - \frac{k q_1 q_2}{R+d} + \frac{m\omega_0^2}{2}$$

$$\omega_1^2 = 2kq_1 \gamma \left(\frac{R+d-R}{R^2+Rd} \right) + \omega_0^2$$

$$\omega_0^2 = \omega_1^2 - 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot 2\epsilon_0 U d \cdot \gamma \left(\frac{d}{R(R+d)} \right) \quad \text{т.к. } d \ll R \quad R+d \approx R$$

$$\omega_0^2 = \omega_1^2 - \frac{U \gamma}{R} \frac{d^2}{R^2}$$

т.к. $R \rightarrow \infty \quad \frac{d^2}{R^2} \rightarrow 0$, поэтому $\omega_0 \approx \omega_1$

Ответ: 1) $\frac{5\omega_1^2}{8\omega^2}$ 2) $T = \frac{4d}{\omega_1}$ 3) ω_1

* $0,8d = \omega_1 t - \frac{t^2 \cdot 5\omega_1^2}{16d}$
 $0 = \omega_1^2 - \frac{5\omega_1^2 \cdot 8d}{4d \cdot 10} = \omega_1^2 - \omega_1^2 = 0$
 $t = \frac{-\omega_1 \cdot 8d}{-5\omega_1^2} = \frac{8d}{5\omega_1}$

ЗАДАЧА N1

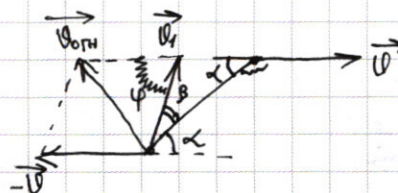
1) За t брусок проедет $S_1 = vt$, а кольцо - $S_2 = \pi R \cdot \Delta$, где Δ - малый угол
 т.к. $S_1 = S_2$ (трое в натяжении) $\Delta = \frac{vt}{\pi R}$
 скорость кольца $v_k = \omega R = \frac{\Delta R}{t} = \frac{vR}{\pi R} = \frac{v}{\pi}$

2) По т. косинусов:

$$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \varphi$$

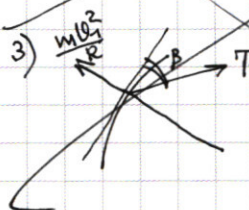
По рисунку видно, что $\varphi = \beta + \alpha$

$$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos(\alpha + \beta)$$



$$v_{отн} = v \sqrt{1 + \pi^2 - 2\pi \left(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \right)} = \frac{v}{\pi} \sqrt{1 + \pi^2 - 2\pi \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)} =$$

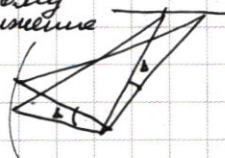
$$= \frac{v}{\pi} \sqrt{1 + \pi^2 - 2\pi \left(\frac{32 - 45}{85} \right)} = \frac{v}{\pi} \sqrt{1 + \pi^2 + \frac{26}{85}\pi}$$



По II з.Н: $\frac{mv_1^2}{R} = T \sin \beta \rightarrow T = \frac{mv_1^2}{R \sin \beta}$

$$T = \frac{m \cdot v^2 \cdot 17}{\pi^2 \cdot R \cdot 15} \approx \frac{0,4 \cdot 4 \cdot 17}{10 \cdot 1,9 \cdot 15} \approx 300$$

Пусть Δ - малый угол смещения. Δ - малое, поэтому будем рассматривать дугу как хорду по кр.



1) $S_{кольца} = \pi R \cdot \Delta$, $S_M = \pi \cdot \Delta \cdot d$

По т. косинусов:

$$d^2 = R^2 + \frac{289}{225}R^2 - \frac{34}{15}R^2 \cos(90^\circ - \beta)$$

$$d^2 = R^2 \left(1 + \frac{289}{225} - \frac{34}{15} \cdot \frac{15}{17} \right)$$

$$d = R \sqrt{1 + \frac{64}{225} - 1} = R \sqrt{\frac{8}{15}}$$

За малое t $S_M = vt \Rightarrow t = \frac{\pi \cdot \Delta \cdot R \cdot 8}{15v}$; $S_{кольца} = v_k t \Rightarrow v_k = \frac{\pi R \cdot \Delta}{t} = \frac{\pi R \cdot \Delta \cdot 15v}{\pi \cdot \Delta \cdot 8R} =$
 $= \frac{15}{8}v = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ м/с}$

2) По т. косинусов (рис. сверху)

$$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \varphi = \frac{225}{64}v^2 + v^2 - \frac{15}{4}v^2 \cos \varphi$$

У рисунка видно, что $\varphi = \alpha + \beta$

$$v_{отн} = v \sqrt{\frac{289}{64} - \frac{15}{4}(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} = v \sqrt{\frac{289 - 240 \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)}{64}} =$$

$$= \frac{v}{8} \sqrt{289 - 240 \cdot \left(\frac{32 - 45}{85} \right)} = \frac{v}{8} \sqrt{289 + \frac{240 \cdot 13}{85}} = \frac{v}{8} \sqrt{289 + \frac{48 \cdot 13}{17}}$$

3) По II з.Н: $\frac{mv^2}{R} = T \sin \beta \Rightarrow T = \frac{17mv^2}{15R} = \frac{17 \cdot 15 \cdot 0,4 \cdot 15^2}{64 \cdot 16 \cdot 1,9} =$

Ответы: 1) $v_k = \frac{15}{8}v = 3,75 \text{ м/с}$ 2) $v_{отн} = \frac{v}{8} \sqrt{289 + \frac{48 \cdot 13}{17}}$ 3) $T = \frac{17mv_k^2}{15R}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

1) Из-за того, что диод имеет пороговое напряжение U_0 , в цепи ~~в~~ напряжение на нём всегда U_0 (иначе ток не течёт). Тогда для начального момента по правилу Кирхгофа:

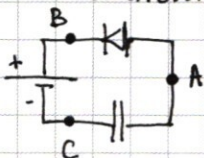
$$U_1 - \varepsilon = U_0 + LI_1' \Rightarrow I_1' = \frac{U_1 - \varepsilon - U_0}{L} = \frac{9 - 6 - 1}{0,4} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ А/с}$$

2) Макс. ток будет тогда, когда ~~на~~ напряжение на конденсаторе будет равно ε (конд. и источник будут как бы "компенсировать" друг друга, и ток в цепи ~~и~~ исчезнет, но катушка будет вначале поддерживать этот ток). При этом энергия, которую потерял конд. будет сосредоточена в катушке:

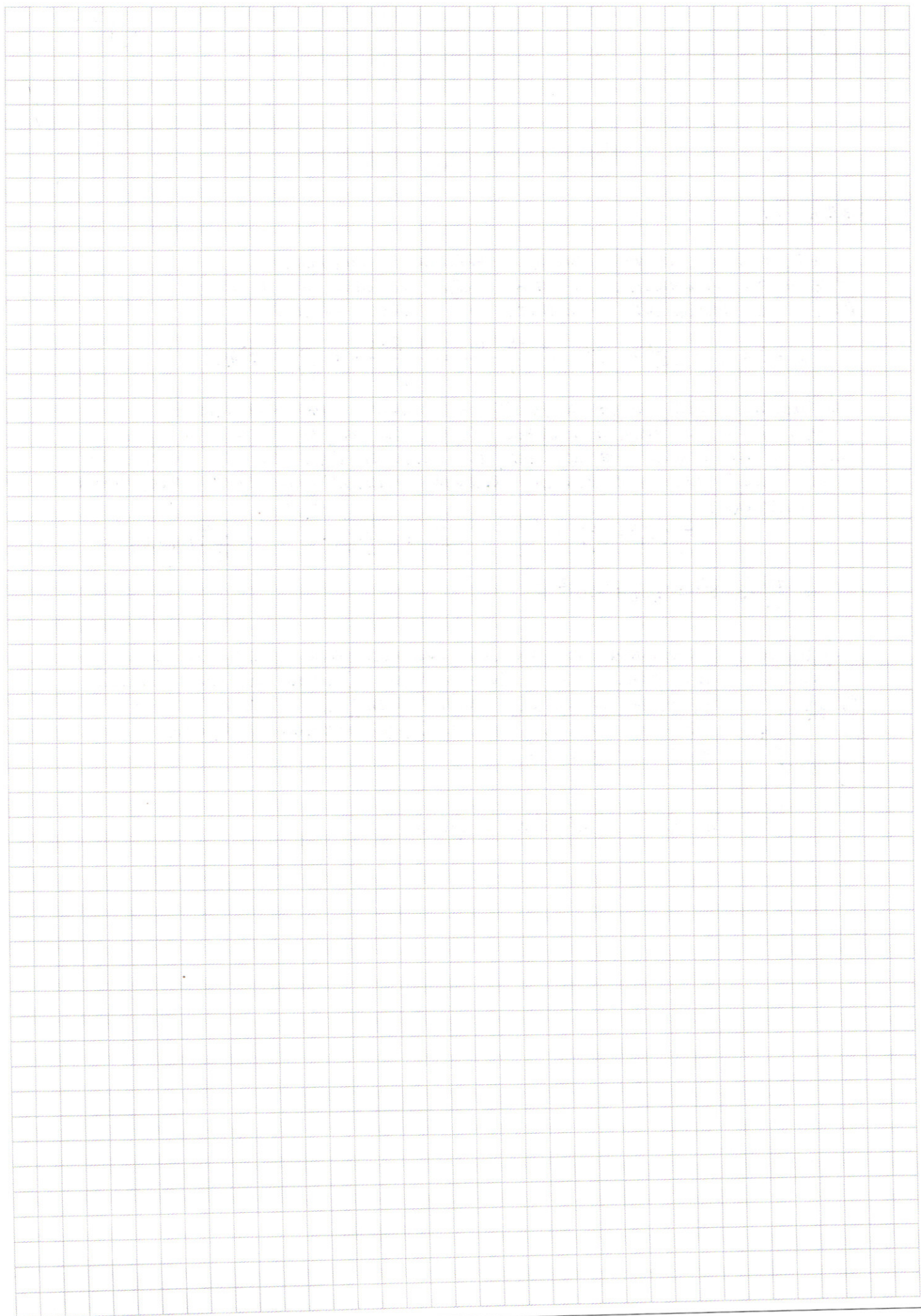
$$\frac{C}{2} (U_1^2 - \varepsilon^2) = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{C}{L} (U_1^2 - \varepsilon^2)} = \sqrt{\frac{10^{-8}}{4 \cdot 10^{-4}} (81 - 36)} =$$

$$= \frac{10^{-2}}{2} 3\sqrt{5} = 1,5\sqrt{5} \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

3) Режим установился $\Rightarrow$ можно рассматривать катушку как обычный провод ~~и~~, ток в цепи не идёт (потому что заряженный конд. - диэлектрик). Тогда пусть в точке А $\varphi_A = 0$, тока нет $\Rightarrow \varphi_B = \varphi_A = 0$. В точке С (связи источника) $\varphi_C = -\varepsilon$
 $U_2 = \varphi_A - \varphi_C = \varepsilon = 6 \text{ В}$



Ответ: 1) 5 2) $1,5\sqrt{5} \cdot 10^{-2}$ 3) 6 В

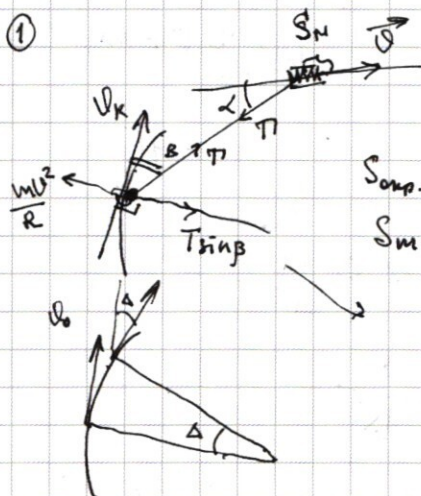


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

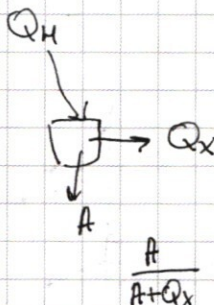
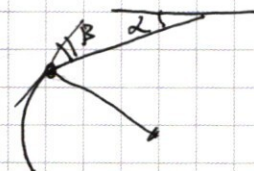
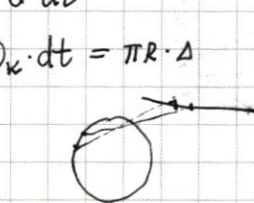


$$\sum_k dt S_k = v \cdot dt$$

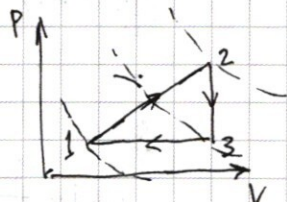
$$S_k = v_k \cdot dt = \pi R \cdot \Delta$$

$$S_{\text{суп.}} = 2\pi R$$

$$S_k = 2\pi R \cdot \frac{\Delta}{2\pi} = \pi R \cdot \Delta$$



②



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

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

$$\Delta U = 1,5UR(T_2 - T_1)$$

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

$$\eta = 1 - \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}} = 1 - \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{0,5(p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1)}{2UR(T_2 - T_1)} = \frac{p_2 V_2 + p_1 V_1 - 2p_1 V_2}{4UR_0 T_{12}}$$

$$p_2 V_2 = UR T_2$$

$$= 1 - \frac{Q_1}{Q_{12}}$$

$$= \frac{p_2 V_2 + p_1 V_1 - 2p_1 V_2}{4p_2 V_2 - 4p_1 V_1}$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{A_{12} + \Delta U_{12}}$$

$$\eta_{\text{max}} \Rightarrow \Delta U_{12 \text{ min}} = 1,5UR(T_2 - T_1)$$

$$= \frac{0,5(p_2 V_2 + p_1 V_1 - 2p_1 V_2)}{p_1 p_2 V_2 + p_1 V_1 - p_1 V_2 + 1,5 p_2 V_2 + 1,5 p_1 V_2} = \frac{0,5 p_2 V_2 + 0,5 p_1 V_1 - p_1 V_2}{2 p_2 V_2 + 2 p_1 V_2 - p_1 V_2} =$$

$$= \frac{0,5 p_2 V_2 - p_1 V_2}{2 p_2 V_2 - p_1 V_2}$$

$$\frac{A_{12} - A_{13}}{4 A_{12}} =$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{A_{13}}{A_{12}} = \frac{p_1 V_1}{p_1 V_2}$$

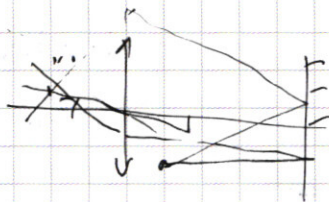
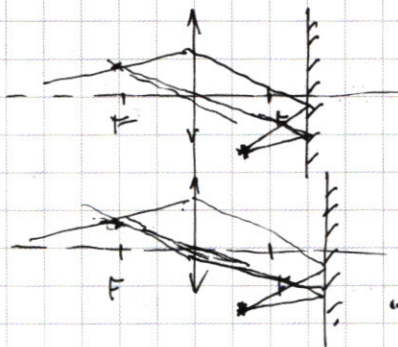
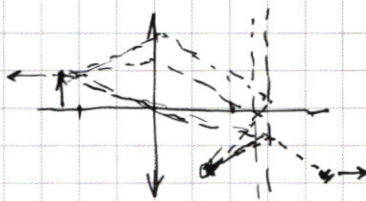
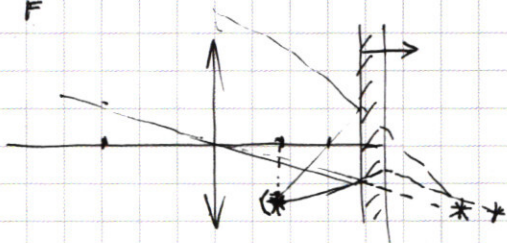
$$Q_x = Q_{23} + Q_{31} = 1,5UR T_3 - 1,5UR T_2 + 1,5UR T_2 - 2,5UR T_3 =$$

$$= 2,5UR T_3 - 1,5UR T_2 - 1,5UR T_2 = 2,5UR T_3 - 3UR T_2$$

$$\frac{UR(T_3 - T_1)}{0,5UR(T_2 - T_1)}$$

$$\frac{T_2 - 2T_3 + T_1}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

5 F



$$10\left(\frac{4}{10}F + dx\right) = 4F$$

$$A = Eqd$$

$$\frac{200}{375} = \frac{40}{75} = \frac{8}{15}$$

$$LI' = \Delta E$$

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

$$E = \frac{u}{d}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$A = \frac{1}{2} u q = \frac{m \omega_1^2}{2}$$

$$\frac{12,5}{4} = \frac{12,5}{4} = 3,125$$

$$0,8d = \frac{\omega_1^2}{2a}$$

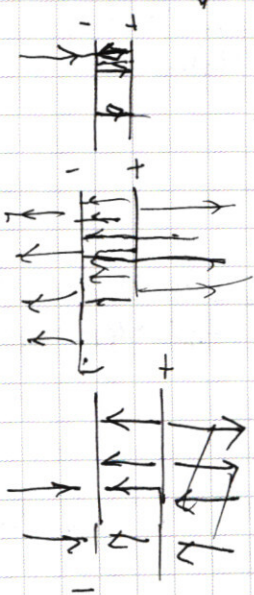
$$d = \frac{5 \omega_1^2}{8a}$$

$$A_{\text{nonres}} = \frac{m \omega_0^2}{2}$$

$$A_{\text{nonres}} = \int_0^\infty A_{\text{nonres}} = \frac{Eq}{2} \int_0^\infty dx = \frac{Eq}{2}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$= \frac{5}{8}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$S_1 = vt$
 $S_2 = \pi R \cdot \Delta$
 $v = \omega R = \frac{\Delta R}{t} = \frac{\omega R}{\pi R} = \frac{\omega}{\pi}$

$\Delta = \frac{vt}{\pi R}$
 $\Gamma(A') = B$

$\Delta E = U_0 + LI'$
 $LI' =$

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 $q_- = \sigma \cdot S = 2\epsilon_0 \frac{U}{d} S = 2\epsilon_0 U d$
 $q_+ = 2\epsilon_0 U d$
 $F_k =$

$\frac{m\omega_2^2}{2}$
 $A = q(\varphi_0 - \varphi_b) = q\varphi_0$
 $W_p = k \frac{q_1 q_2}{R}$
 $\frac{m\omega_2^2}{2} = \Delta W_{p1} + \frac{m\omega_2^2}{2}$
 $\Delta W_{p1} = k \frac{q_1 q_2}{R} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+d} \right) = k q_1 q_2 \left(\frac{R+d-R}{R^2+Rd} \right) =$
 $= k q_1 q_2 \frac{d}{R(R+d)} = \frac{d}{R^2}$
 $\Delta F_k = k q_1 q_2 \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{(R+d)^2} \right) =$
 $= \frac{2Rd + d^2}{R^2(R+d)^2}$
 $FR = m$
 $W_{p.4.} =$

$0,8d = \frac{4\omega_1^2 \cdot c^1}{5\omega_1^2}$
 $0 = -0,8d + \omega_1 t - \frac{5\omega_1^2 t^2}{16d}$
 $0 = \omega_1^2$

$\frac{48.3}{13.8}$
 $\frac{48.3}{13.8}$
 $\frac{48.3}{13.8}$

$\frac{m\omega_1^2}{2} = \Delta W + \frac{m\omega_0^2}{2}$
 $\Delta W =$
 $\omega_1^2 = \frac{\omega_1^2}{2\pi} \frac{d^2}{R^2} =$
 $= \omega_1^2 \left(\frac{2\pi R^2 - d^2}{2\pi R^2} \right)$

$\frac{48.3}{13.8}$
 $\frac{48.3}{13.8}$
 $\frac{48.3}{13.8}$

$$\eta = \frac{A_{12} - A_{13}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} - A_{13}}{4A_{12}} = 0,25 - \frac{A_{13}}{4A_{12}}$$

$$A_{13} = 4A_{12}$$

~~т.е.~~

$$\frac{A_{13}}{A_{12}} \rightarrow 0 \quad \left(\frac{A_{13}}{A_{12}} \right)$$