

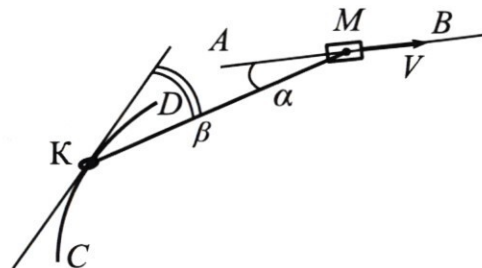
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

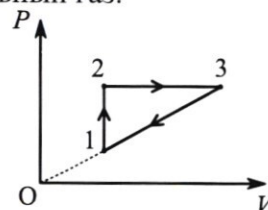
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



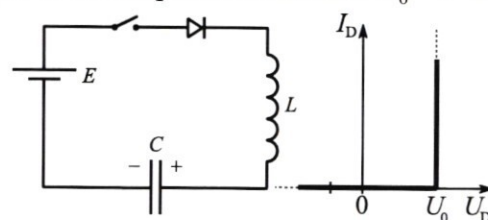
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 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.

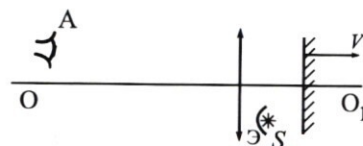
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 $F/2$ от плоскости 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

№ 2

1) По первому закону термодинамики: в процессе 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$
(т.к. $A = 0$ при $V = \text{const}$); в процессе 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$
 $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $A_{23} = p \Delta V = \nu R \Delta T$ - по закону Менделеева-Клапейрона
т.е. $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$, т.е. $\frac{Q_{23}}{C_{12}} = C_{12} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\frac{3}{2} \nu R \Delta T} = \frac{5}{3} R$; $C_{13} = \frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T} = \frac{5}{2} \nu R$
 $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$ (а на участке 3-1 температура уменьшается)

Здесь Q - переданная теплота; ΔU - изменение внутр. термич. энергии; ΔT - изменение тем-ры; ν - кол-во вещ-ва; C - молярная теплоемкость. Индексы соответствуют процессам. A - работа газа

2) $Q_{13} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$; $A_{13} = \nu R \Delta T$ (см. пункт А1) $\chi = \frac{A_{13}}{Q_{13}} = \frac{2}{5}$

3) пусть $\frac{V_3}{V_2} = n$, где V_3 и V_2 - объемы газа в состояниях 3 и 2

, тогда $\frac{V_3}{V_2} = \frac{p_2}{p_3} \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{n}$, $\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{n}$; $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_1}{V_2} = n$

т.е. $T_2 = T_1 \cdot n$; $T_3 = T_1$, где T - абсолютная температура

В: $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (n - 1) T_1$ $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R n (n - 1) T_1$

$A_{13} = \nu R (T_3 - T_1) = \nu R n (n - 1) T_1$

В процессе 1-3 $k = \frac{p}{V} = \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} = \text{const}$; $dA = p dV$

$\Rightarrow \int_{V_1}^{V_3} dA = k \int_{V_1}^{V_3} V dV \Rightarrow A_{13} = \frac{k V_3^2 - k V_1^2}{2} = \frac{p_3 V_3^2 - p_1 V_1^2}{2} = \frac{p_3 V_3 - p_1 V_1}{2}$

$= \nu R \frac{T_3 - T_1}{2} = \nu R \frac{n^2 - 1}{2} T_1$ где A_{13} - модуль работы газа в проц. 1-3

$\eta = \frac{A_{13} - A_{12}}{Q_{13} + Q_{23}} = \frac{n(n-1) - \frac{n^2-1}{2}}{\frac{3}{2}(n-1) + \frac{5}{2}n(n-1)} = \frac{n^2 - n - \frac{n^2-1}{2}}{\frac{3}{2}n - \frac{3}{2} + \frac{5}{2}n^2 - \frac{5}{2}n} = \frac{\frac{n^2}{2} - n + \frac{1}{2}}{\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ток в катушке не идет и все энергия и мощность затрачивается только на конденсаторе

$$\frac{CU_2^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{L i_{\max}^2}{2} = \frac{C(\varphi - U_0)^2}{2} + \frac{C(\varphi - U_0 - U_1)^2}{2}$$

$$\Rightarrow U_2 = \sqrt{(\varphi - U_0)^2 + (\varphi - U_0 - U_1)^2} = \sqrt{8^2 + 3^2} = \sqrt{64 + 9} = \sqrt{73} \approx 8.54 \approx 8.6 \text{ В}$$

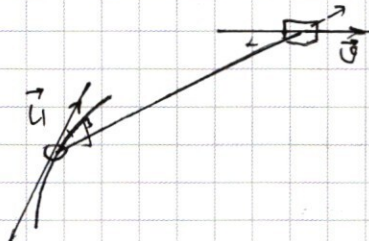
$$\approx 8.6 \left(1 + \frac{9}{64}\right)^{\frac{1}{2}} \approx 8.6 \left(1 + \frac{9}{2 \cdot 64}\right) = 8.6 \left(1 + \frac{9}{128}\right) \approx 8.6 \cdot 1.07 \approx 9.16 \text{ В}$$

$$\begin{array}{r} 900 \overline{) 128} \\ 186 \overline{) 007} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.07 \\ 8.56 \end{array}$$

Ответ 1) 30 А/с ; 2) 60 мА ; 3) 8,6 В

N1

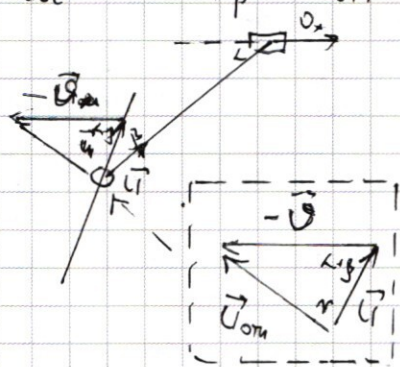


1) Если нить нерастяжима (имеет большую жесткость, то пружинные свойства и муфта и катушка не влияют на направление нити равно.

$$U_x = U \cdot \cos \alpha = U \cos \beta \Rightarrow U = \frac{U_x}{\cos \beta} = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{125}{68} \approx 1.84 \text{ м/с}$$

2) Из закона сохранения энергии с учетом $U \ll c$ и $c \ll c$ где U — скорость нити

$$\vec{U}_{\text{общ}} = \vec{U}_{\text{н}} + \vec{U}_{\text{п}} \quad \vec{U}_{\text{н}} = \vec{U} - \vec{U}$$



По теореме косинусов:

$$U_{\text{н}}^2 = U^2 + U^2 - 2UU \cos(\alpha + \beta) \text{ где } U_{\text{н}} - \text{относительная скорость}$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{4}{5}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{17 - 15}{17} = \frac{2}{17}$$

$$U_{\text{н}} \cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$$

$$U_{\text{н}}^2 = U^2 + U^2 - 2UU \cos(\alpha + \beta) = 68^2 + 125^2 - 2 \cdot 68 \cdot 125 \cdot \frac{36}{85} = 68^2 + 125^2 - 7200 = 13049$$

$$= 68^2 + 125^2 - 25 \cdot 4 \cdot 72 = 4624 + 15625 - 7200 = 13049$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 125 \\ 125 \\ \hline 625 \\ 250 \\ \hline 15625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15625 \\ 4624 \\ \hline 20249 \\ 2200 \\ \hline 13049 \end{array}$$

$$U_{\text{н}} = \sqrt{13049} \approx 114.2 \text{ м/с}$$

$$= 8.6 \left(1 + 0.3\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 100 \approx 1.15 \cdot 100 = 115 \text{ (м/с)}$$

$$U_{отн} = U^2 + U^2 - 2U \cos(\alpha + \beta) = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85} = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 36 = 5615 + 304 = 5729 \approx U_{отн} \approx 76 \text{ см/с}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 554 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 75 \\ 75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 36 \\ 120 \\ \hline 720 \\ 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$

По теореме синусов: $\frac{U}{\sin \tau} = \frac{U_{отн}}{\sin(\alpha + \beta)}$
 $\Rightarrow \sin \tau = \frac{U_{отн}}{\sin(\alpha + \beta)} \cdot \sin \tau = \frac{U \sin(\alpha + \beta)}{U_{отн}}$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \sqrt{1 - \cos^2(\alpha + \beta)} = \sqrt{1 - \left(\frac{36}{85}\right)^2} = \frac{\sqrt{(85^2 - 36^2)(85 + 36)}}{85} = \frac{7 \cdot 11}{85} = \frac{77}{85}$$

$$\Rightarrow \sin \tau = \frac{77}{85} \cdot \frac{U}{U_{отн}} = \frac{77 \cdot 68}{85 \cdot 76} \approx \frac{4}{5}$$

Угол между $\vec{U}_{отн}$ и направлением пути $\theta = \tau + \beta$; $\sin \theta = \sin \tau \cos \beta + \sin \beta \cos \tau$

$$\sin \theta = \sin \tau \cdot \cos \beta + \sin \beta \cdot \cos \tau = \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 5} = 1$$

Угол $\theta \approx 90^\circ$, т.е. в СО мурда колыз глн мете ко окружности радиуса $\ell = \frac{5R}{3}$ со скоростью $U_{отн}$. Сила натяжения?

$$T = \frac{m U_{отн}^2}{\ell} = \frac{0,1 \cdot 50,57 \cdot 3}{1,9 \cdot 5} = \frac{171 \cdot 10^{-3}}{4,5} = 38 \cdot 10^{-3} = 38 \text{ мН}$$

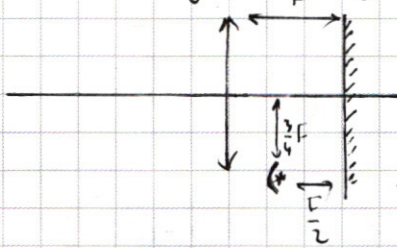
Ответ: 1) 75 см/с; 2) 76 см/с; 3) 38 мН

$$\begin{array}{r} \times 0,57 \\ 0,3 \\ \hline 0,171 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -171,45 \\ 135,38 \\ \hline 360 \end{array}$$

на
н 5

1) Зеркало формирует отраженное изображение S' , которое и ~~является~~ является источником глн мурд. Оно находится на расстоянии $\frac{3}{2}F$ от нее



По формуле тонкой линзы: (при условии $d > F$)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F}$$

$$= \frac{3F^2/2}{2F} = \frac{3F}{2} \text{ где } f - \text{расстояние от мурд}$$

до изображения (причем изображение будет слева от мурд).

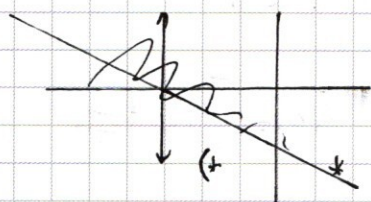
2) Изображение в зеркале глн мете со скоростью $\vec{v} = 2\vec{U}$ относ. мурд

Тогда скорость (вдоль ОО) изображения в мурд

$$f = \frac{Fd}{d-F} \Rightarrow \dot{f} = \frac{F(d-F) - Fd \cdot \dot{d}}{(d-F)^2} = -\frac{F^2}{(d-F)^2} = -F^2 \dot{d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Перпендикулярно скорости $\vec{v}_1 = \dot{H} = (\dot{r})\hat{r}$ где H - высота изображения



$h = \frac{3}{4}F$ - расстояние от S' до оси OO_1

$$r = \frac{F}{F-d} \Rightarrow \dot{r} = \frac{F}{(F-d)^2} \dot{d}$$

$$\tan L = \frac{v_1}{v_0} \Rightarrow L = \arctan \frac{v_1}{v_0} = \arctan \left(\frac{F(\dot{r})h}{r^2 \dot{d}} \right) = \arctan \frac{F \dot{d} h (F-d)^2}{(F-d)^2 F^2 \dot{d}}$$

$$= \arctan \frac{h}{F} = \arctan \frac{3}{4}$$

$$3) v = v_1^2 + v_0^2 = \left(\frac{F^2}{(F-d)^2} \dot{d} \right)^2 + \left(\frac{Fh}{(F-d)^2} \dot{d} \right)^2 = \frac{F^2}{(F-d)^2} \dot{d}^2 \sqrt{1 + \left(\frac{h}{F} \right)^2} = \frac{F^2}{(F-d)^2} \dot{d}^2 \sqrt{\frac{16+9}{16}}$$

$$= \frac{5}{4} \frac{F^2}{(F-d)^2} \dot{d}^2 = \frac{5}{4} r^2 \dot{d}^2 = \frac{5}{4} \left(\frac{F}{F-d} \right)^2 \dot{d}^2 = \frac{5}{4} \cdot 4 \dot{d}^2 = 5 \dot{d}^2 = 100$$

Отв. 1) $3F$; 2) $\arctan \frac{3}{4}$; 3) 100

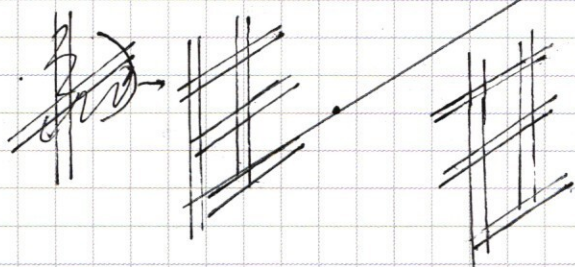
N3

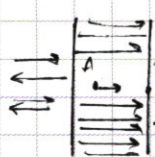
Обкладки конденсатора - сетки, то они состоят из перпендикулярно расположенных проводов, которые можно считать бесконечно длинными. Тогда одна такая пара: из теоремы Гаусса

$$2\pi r \epsilon E = \frac{\Delta q}{\epsilon} \Rightarrow E = \frac{\Delta q}{2\pi r \epsilon \ell}$$

где r - расстояние до провода; ℓ - длина провода; Δq - его заряд.

На рисунке перпендикулярно обкладкам показаны видные только вертикальные провода. Численность потенциал системы




 №3
 Напряженность поле внутри конденсатора $E = \frac{Q}{\epsilon S}$
 Напряжение между точкой старта A и точкой финиша B
 $U = \frac{Q}{\epsilon S} \cdot d$, сила гравитации на заряде $F_g = mg = \text{const}$

ускорение: $a = \frac{F_g}{m} = \frac{mg}{m} = g$. Из кинематики: $\frac{3}{4}d = \frac{1}{2}at^2$

~~$0,1 \cdot \frac{3}{4}d = \frac{1}{2}at^2$~~
 $\frac{3}{4}d = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{3}{2} \frac{d}{t^2} = \epsilon_0 E g$

$\Rightarrow E = \frac{3}{2} \frac{d}{t^2} g$; ~~$0,1 \cdot \frac{3}{4}d = \frac{1}{2}at^2$~~ $\frac{3}{4}d = \frac{at^2}{2}$ $\Rightarrow a = \frac{3}{2} \frac{d}{t^2}$ $\Rightarrow E = \frac{3}{2} \frac{d}{t^2} \frac{g}{\epsilon_0}$

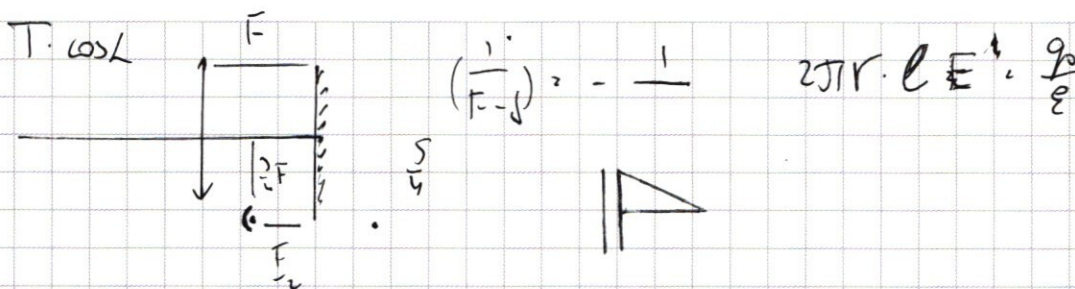
$Q = E \epsilon S = \frac{3}{2} \frac{d \epsilon S}{t^2 g}$

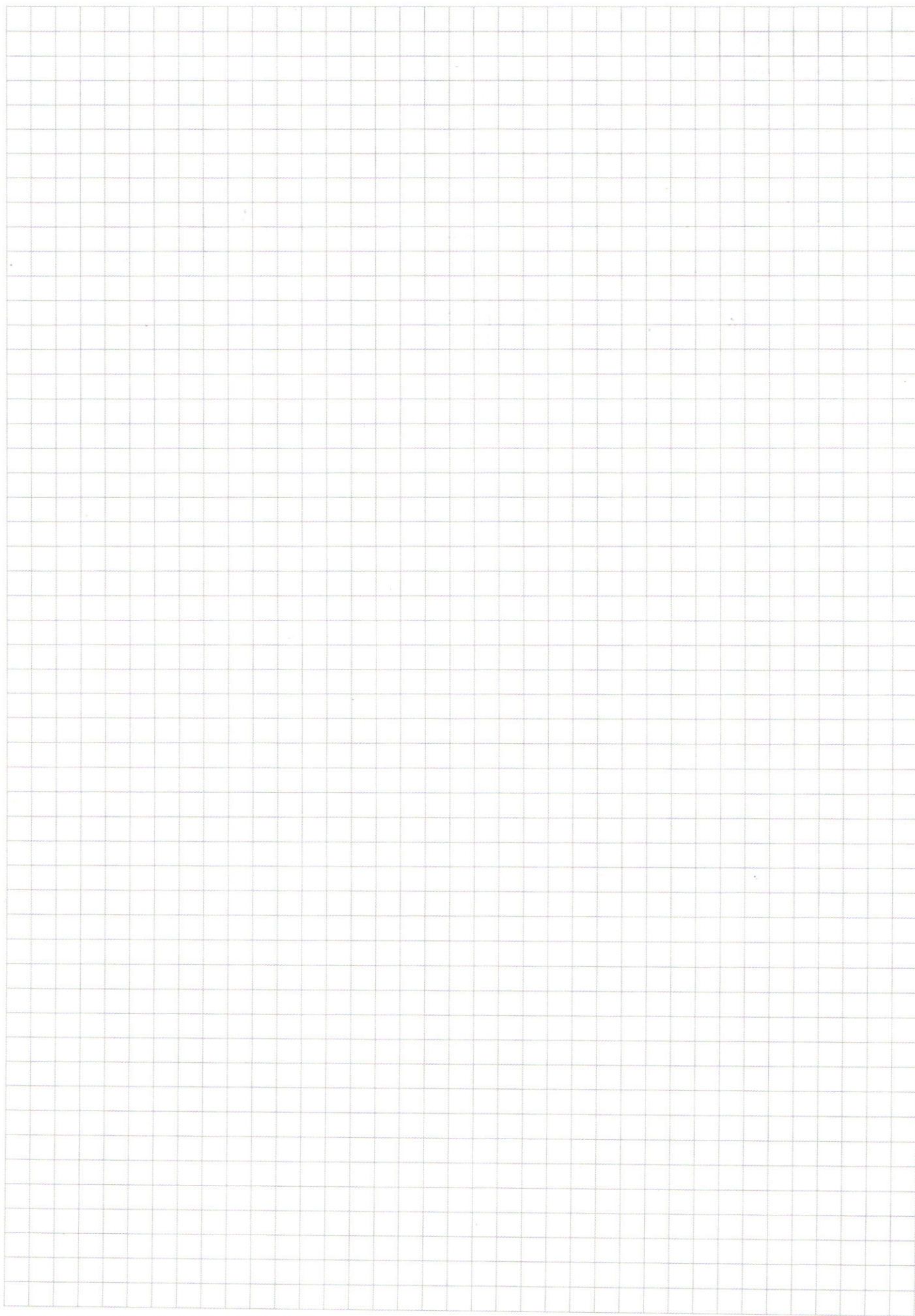
(при условии $d \ll \sqrt{S}$)

Поле за пределами конденсатора равно 0, т.е. поле между пластинами не выходит, т.е. $Q_2 = 0$, $\frac{3}{2} \frac{d}{t^2}$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} \frac{d}{t^2}$; 2) $\frac{3}{2} \frac{d \epsilon S}{t^2 g}$ 3) $\frac{3}{2} \frac{d}{t^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



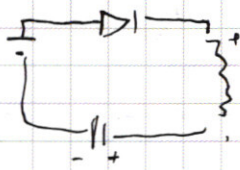


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

$$q'(n) = \frac{5n+3-5(n-1)}{(5n+3)^2}$$

$$= \frac{5-1-5}{0,1} = 30 \text{ A/C}$$



$$-j\omega CL = j\omega L \Rightarrow j\omega = -\frac{j\omega}{CL} \Rightarrow j\omega = -j\omega CL$$

$$-\frac{j\omega}{CL} = + \frac{E-U_0}{L} = j\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$q = (E-U_0)C - CL j\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$j = i = CL j\omega \sin(\omega t + \varphi_0) \quad \varphi_0 = 0$$

$$q(0) = \frac{U_1}{E} \cdot q, \text{ т.е. } (E-U_0)C - CL j\omega \Rightarrow j\omega =$$

$$q = (E-U_0)C - C(E-U_0-U_1) \cos(\omega t + \varphi_0) \cos \omega t$$

$$i = C \frac{C}{\sqrt{CL}} (E-U_0-U_1) \sin \omega t$$

$$U_L = E - U_0 - U_1 = (i) L \Rightarrow (i) = \frac{E-U_0-U_1}{L}$$

$$E = U_0 + (j\omega) L = \frac{q}{C}$$

$$j\omega L = \frac{q}{C} + \frac{E-U_0}{L} \cdot j\omega = j\omega \cdot \frac{q}{C} \Rightarrow j\omega = j\omega CL$$

$$-j\omega CL = j\omega \Rightarrow j\omega = -\frac{j\omega}{CL} \Rightarrow j\omega = -j\omega CL$$

$$\frac{128}{896} \times 1,07 = 0,09$$

$$\frac{8}{8,56} \times 1,07 = 0,9$$

$$\frac{E-U_0-U_1}{L} = \frac{27}{27}$$

$$30 \cdot 4,5 = 135$$

$$\sin \omega t = \cos \omega t$$

$$U_L = \frac{E \cos \omega t}{\cos \omega t} = \frac{15,5}{17,4}$$

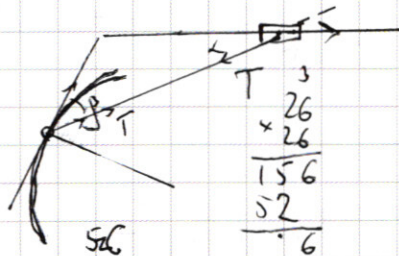
$$\frac{9}{4} \cdot \cos$$

$$Q_{adC} = Q_{отт} + Q_{up}$$

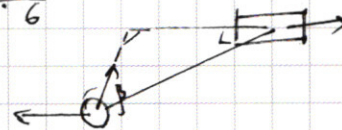
$$Q_{отт} = Q_{adC} - Q_{up}$$

$$1440 \cdot 3 = 4320$$

$$\begin{array}{r} 76 \\ \times 76 \\ \hline 456 \\ 532 \\ \hline 5726 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 26 \\ \times 26 \\ \hline 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array}$$



$$\cos(L-17) = \cos L \cos 17 - \sin L \sin 17 = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17}$$

$$\sqrt{17^2 - 15^2} = \sqrt{(17-15)(17+15)} = 8$$

$$\begin{array}{r} 25 \cdot 3600 \\ 85 - 36 \\ 49 \cdot 121 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 125 \\ \hline 625 \\ 250 \\ 125 \\ \hline 15625 \end{array}$$

$$5825 + 304 = 6129$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ \times 68 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$48 + 6 \cdot 54 = 324$$

$$\begin{array}{r} 107 \\ \times 107 \\ \hline 749 \\ 1070 \\ \hline 11449 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 117 \\ \times 117 \\ \hline 819 \\ 117 \\ \hline 13689 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 113 \\ \times 113 \\ \hline 339 \\ 113 \\ \hline 12769 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 408 \\ \times 408 \\ \hline 15624 \\ 15624 \\ \hline 168288 \end{array}$$

$$117$$

$$\sqrt{1,3} \cdot 100 = 11,3$$

$$T \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$15 \cdot 8,152 = 122,28$$

$$10 \cdot 15 = 150$$

$$60 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 20 \cdot 15 = 1200$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ $\frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$
 $A = p \Delta V = \nu R \Delta T$ $\frac{A}{Q} = \frac{2}{5}$ $100^\circ - 20^\circ - 80^\circ$
 $Q = A = A_{23} - A_{13}$ $A_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$
 $A_{13} = \int A = p dV$ $p = kV$ $\int A = kV dV$ $A = k \frac{V_3^2 - V_1^2}{2}$
 $= \frac{p_3 V_3 - p_1 V_1}{2} = \nu R \frac{T_3 - T_1}{2}$ $Q_{\text{нагр}} = 2 \cdot \frac{Q}{A} = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}} = A$
 $Q_{\text{нагр}} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1)$ $p = p_2 = \frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_1 V_1}{T_1} = n$
 $V_2 = \frac{p_3}{p_1} V_3 = \frac{p_1}{p_3} V_1 \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} = n$ $T_3 = n T_2 = n^2 T_1$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} = n$
 $T_2 = n T_1$ $T_3 = n^2 T_1$
 $A_{23} = \nu R n^2 (n-1) T_1$ $A_{13} = \nu R \frac{n^2-1}{2} T_1$ $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (n-1) T_1$
 $Q_{13} = \frac{5}{2} n (n-1) T_1$
 $\eta = \frac{n^2 - n - \frac{n^2-1}{2}}{\frac{5}{2} n^2 - \frac{5}{2} n + \frac{3}{2} n - \frac{3}{2}} = \frac{\frac{n^2}{2} - n + \frac{1}{2}}{\frac{5}{2} n^2 - n - \frac{3}{2}} = \frac{n^2 - 2n + 1}{5n^2 - 2n - 3}$
 $\eta'(n) = \frac{(2n-2)(5n^2-2n-3) - (n^2-2n+1)(5n-2)}{(5n^2-2n-3)^2}$
 $2(n-1)(n-1)(n+\frac{3}{5}) - (n-1)^2 5n(10n-2) = 0$
 $2(n-1)^2 (n+\frac{3}{5} - 5n \cdot 2) = 0$ $-4n + \frac{13}{5} = 0 \Rightarrow n = \frac{13}{20}$
 $\frac{13}{20} (n-1)^2$ $\frac{n-1}{5(n+\frac{3}{5})} = \frac{n-1}{5n+3}$
 $5(n-1)(n+\frac{3}{5}) = 5(n+\frac{3}{5})$
 $\eta'(n) = \frac{n-1}{5n+3}$

