Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

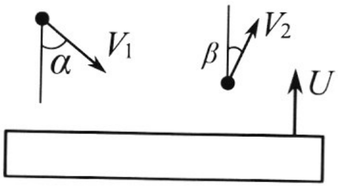
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.



1) Найти скорость V_2.

2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

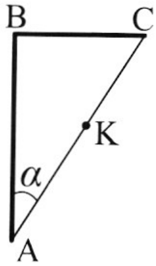
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

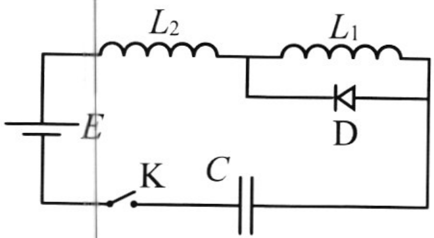
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

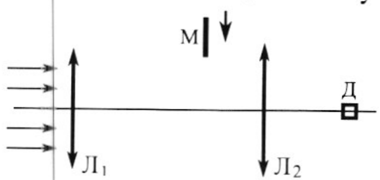


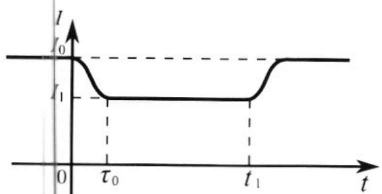
1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

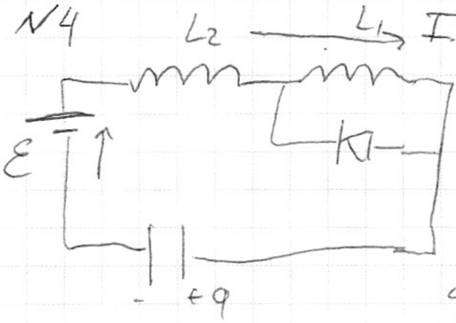
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



Рассмотрим ~~момент~~ случай когда ток идет по часовой стрелке: через Диод ток не течет. Обозначим за q заряд на конденсаторе C; $\dot q = I$ через катушки

по ЗСЭ $\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot q^2}{2} + \frac{L_1\dot q^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$ $\quad A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C$.

возьмем производную

$$\mathcal{E}\dot q = \frac{2L_2\dot q\ddot q}{2} + \frac{2L_1\dot q\ddot q}{2} + \frac{2q\dot q}{2C}$$

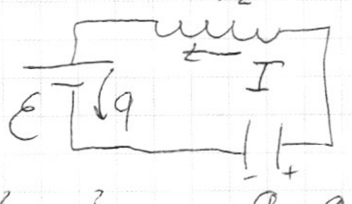
$$\mathcal{E} = \ddot q(L_1+L_2) + \frac{q}{C}$$

$$\ddot q + \frac{1}{(L_2+L_1)C}q = \frac{\mathcal{E}}{L_2+L_1} \qquad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_2+L_1)C}} \quad T_1$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{(L_2+L_1)C}$$

ток будет течь до тех пор пока q_c не станет максимальным $\mathcal{E}q_{max} = \frac{q_{max}^2}{2C}$ $\quad q_{max} = 2C\mathcal{E}$

после этого ток потечет против часовой стрелки, причем через катушку L_1 ток не пойдет.



$$A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot q^2}{2} + \frac{(q_m-q)^2}{2C} - \frac{q_m^2}{2C}$$

$$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot q^2}{2} + \frac{q^2}{2C} - \frac{2q_m q}{2C}$$ возьмем производную.

$$-\mathcal{E}\dot q = \frac{2L_2\dot q\ddot q}{2} + \frac{2q\dot q}{2C} - \frac{2q_m\dot q}{2C} \qquad -\mathcal{E} = \ddot q L_2 + \frac{q}{C} - \frac{q_m}{C}$$

$$\ddot q L_2 + \frac{q}{C} = \frac{q_m}{C} - \mathcal{E} = \frac{2C\mathcal{E}}{C} - \mathcal{E} = \mathcal{E} \qquad \ddot q + \frac{1}{L_2C}q = \mathcal{E}$$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}}$ $\quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{L_2 C}$

Ток будет течь по часовой время $\tau_1 = \frac{1}{2}T_1 = \pi\sqrt{(L_2+L_1)C}$

и против часовой время $\tau_2 = \frac{1}{2}T_2 = \pi\sqrt{L_2 C}$

$T_{общ} = \tau_1 + \tau_2 = \pi\sqrt{(L_2+L_1)C} + \pi\sqrt{L_2 C} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

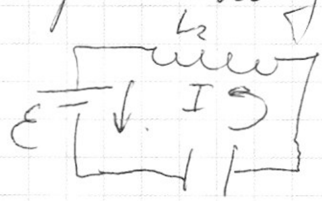
2) Когда I_{max1} $\dot{I}_1 = 0$ $U_{L_1} = U_{L_2} = 0 = L\dot{I}$ тк

ток один и тот же $\Rightarrow U_c = \mathcal{E}$ $q_c = C\mathcal{E}$

$A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_c$ $\quad \mathcal{E}q_c = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_{1m}^2}{2} + \frac{L_2 I_{1m}^2}{2}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1+L_2}{2} I_{1m}^2$ $\quad \boxed{I_{1max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}}$

3) рассмотрим случай когда течет против часовой стрелки.



$q_m - q$

когда I_{2max} $\dot{I}_c = 0$

$U_{2L} = 0$

$U_c = \mathcal{E}$ $\quad q_c = C\mathcal{E}$

$*q = q_m - q_c = C\mathcal{E}$

$-\mathcal{E}q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{q_m^2}{2} + \frac{L_2 I_{2m}^2}{2} = -\mathcal{E}\frac{1}{2}q_m$

$\frac{-2C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{4C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_2 I_{2m}^2}{2}$ $\quad -2C\mathcal{E}^2 = -3C\mathcal{E}^2 + L_2 I_{2m}^2$

$C\mathcal{E}^2 = L_2 I_{2m}^2$

$I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$ $\quad$ • тк $I_{2max} > I_{1max} \Rightarrow$

$I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

2) $I_{1m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

3) $I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

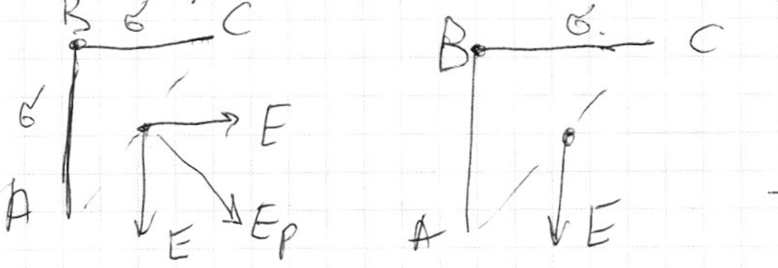
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Напряженность, создаваемая бесконечной равномерно заряженной пластиной не зависит от расстояния $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; в 1-ом случае можно найти результирующую напряженность как сумму векторов напр от BC и AB; т.к $\sigma_1 = \sigma$ по усл $\Rightarrow |\vec{E_1}| = |\vec{E_2}| = E$ имеем:

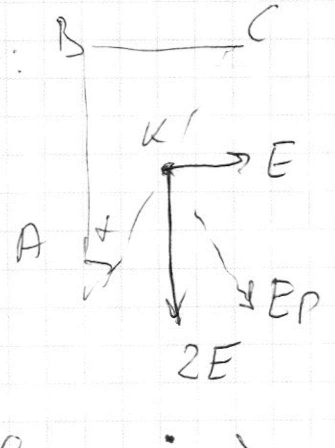


$E_p = \sqrt{E^2 + E^2} = \sqrt{2}E$

$\frac{E_p}{E} = \sqrt{2}$ т.е увеличилась в $\sqrt{2}$ раз.

2) $E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = 2E$ $\quad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = E$ т.к $\sigma_1 = 2\sigma_2$ $\left(E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)$

имеем:

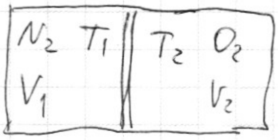


$E_p = \sqrt{E^2 + 4E^2} = \sqrt{5}E = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: 1) увеличится в $\sqrt{2}$ раз

2) $E_K = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

№2



1) в начальном состоянии давления равны $p_1 = p_2 = p$

поэтому $pV_1 = \nu RT_1$

$pV_2 = \nu RT_2$ — поделим одно на друг.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5} \qquad \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}}$$

2) тк система теплоизолирована ее энергия не меняется $U_1 + U_2 = U_3 + U_4$

$U_1 = \frac{5}{2}\nu RT_1$ – нач энерг N_2 $\quad U_2 = \frac{5}{2}\nu RT_2$ – нач энерг O_2

$U_3 = \frac{5}{2}\nu RT_к$ – конеч энерг N_2 $\quad U_4 = \frac{5}{2}\nu RT_к$ – конеч энерг O_2

$$\frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 = \frac{5}{2}\nu RT_к + \frac{5}{2}\nu RT_к \quad \Big| : \frac{5}{2}\nu R \qquad T_1 + T_2 = T_к$$

$$T_к = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400\ K \qquad \boxed{T_к = 400\ K}$$

3) $Q_{отд} = Q_{получ} = \Delta U + A_2 = \frac{5}{2}\nu R(T_к - T_1) + p(V_к - V_1) =$

$\frac{5}{2}\nu R(T_к - T_1) + \nu R(T_к - T_1) = \frac{7}{2}\nu R(T_к - T_1) =$

$\frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = \frac{3}{2} \cdot 831 \approx 1245$ дж.

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$ $\quad$ 2) $T_{кон} = 400\ K$

3) $Q_{отд} = 1245$ дж

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

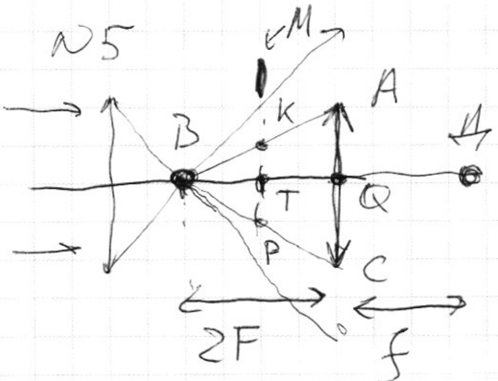
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



1) т.к свет фокусируется то по фокал. точке между линзами f

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} \cancel{+} \frac{1}{f}$ $\quad d = 2F$

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f}$ $\quad \frac{1}{f} = \frac{2-1}{2F} = \frac{1}{2F}$ $\boxed{f = 2F_0}$

2) $I_{min} = \frac{3}{4} I_{max}$ $\quad I_{max}$ достигается когда мишень $M \in KP$; $\quad S_{линз_2} = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4}$

~~Шир~~ $S_{тени\ мишени} = \frac{1}{4} S_{Л_2} = \frac{\pi D^2}{16}$

$\frac{S_{тени\ миш}}{S_M} = k^2 = \frac{4}{1}$ где k коэф подобия.

$S_M = \frac{1}{4} S_{тени\ M} = \frac{\pi D^2}{64} = \pi r_M^2$ $\quad r_M^2 = \frac{D^2}{64}$ $\quad r_M = \frac{D}{8}$

$D_M = \frac{D}{4}$; т.к от 0 до τ_0 мишень равномерно входит в KP то $V\tau_0 = \frac{D}{4}$ $\boxed{V = \frac{D}{4\tau_0}}$

3) $KP = \frac{1}{2} AC = \frac{D}{2}$ $\quad$ т.к $\frac{BT}{QB} = \frac{1}{2}$

$(KP - D_M) = V(\tau_1 - \tau_0) = \left(\frac{D}{2} - \frac{D}{4}\right) = \frac{D}{4}$

$\tau_1 - \tau_0 = \frac{D}{4V}$ $\quad \tau_1 = \frac{D}{4V} + \tau_0 = \frac{D}{\frac{4D}{4\tau_0}} + \tau_0 = 2\tau_0$

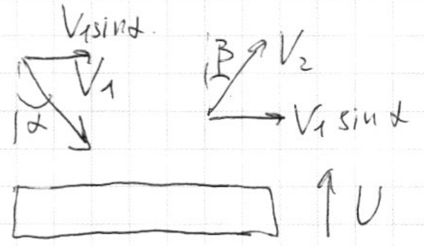
Ответ: 1) $f = 2F_0$

2) $V = \frac{D}{4\tau_0}$

3) $\tau_1 = 2\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№1



1) Т.к. по горизонтали на шарик не действовала никакая сила то скорость по гориз. не изменялась.

$V_1 \sin\alpha = \frac{1}{2}V_2$ (т.к. $\sin\beta = \frac{1}{2}$ $\beta = 30$)

$V_1 \sin\alpha = V_2 \cos 60$

$V_2 = 2V_1 \sin\alpha = 2 \cdot \frac{3}{4} \cdot 8 = \boxed{12 \text{ м/с}}$

Ответ: $V_2 = 12$ м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cancel{\mathcal{E}q = \frac{Lq^2}{2} + \frac{q^2}{2}}$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}}$ $\quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{L_2 C}$ $\quad \tau_2 = \frac{1}{2}T_2 = \pi\sqrt{L_2 C}$.

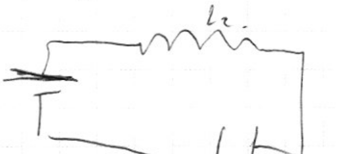
1) $\boxed{T_{общ} = \tau_1 + \tau_2 = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)} + \pi\sqrt{L_2 C}}$

2) когда I_{1max} $\dot{I} = 0$ $U_L = L\dot{I} = 0$ ток через L_1 и L_2 один и тот же. $\Rightarrow$ $U_{L2} = U_{L1} = 0$

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C}$ $\quad q_1 = C\mathcal{E}$. $\quad \mathcal{E}q_1 = \frac{(L_1+L_2)I_1^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2$.

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)I_{1max}^2}{2}$ $\quad I_{1max}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_1+L_2}$ $\quad \boxed{I_{1max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}}$

2) ~~ко~~ рассмотрим второй случай, когда ток через L_1 не течет.



как мы уже знаем $q_0 = 2C\mathcal{E}$.

$-\mathcal{E}\left(\frac{1}{2}q_0\right) = \frac{\left(\frac{1}{2}q_0\right)^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2C} + \frac{L_2 I_m^2}{2}$

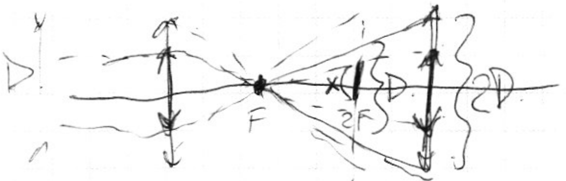
$-\frac{2C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{4C^2\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_2 I_m^2}{2}$

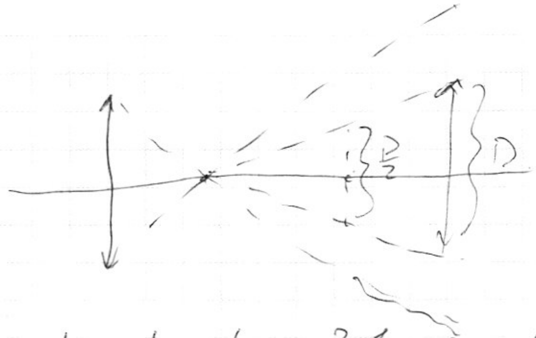
$-2C\mathcal{E}^2 = -3C\mathcal{E}^2 + L_2 I_m^2$ $\quad L_2 I_m^2 = C\mathcal{E}^2$.

$I_m^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_2}$ $\quad I_m = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

$I_{2max} > I_{1max} \Rightarrow \boxed{I_{2max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}}$

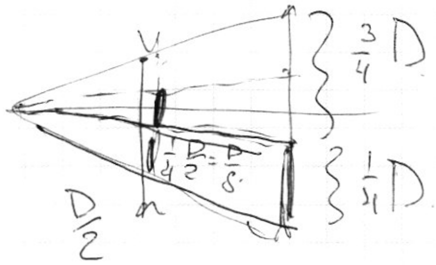
N1





$\frac{1}{F_0}=\frac{1}{2F}+\frac{1}{f}= \quad \frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}-\frac{1}{2F_0}=\frac{2-1}{2F_0}=\frac{1}{2F_0}$ $\boxed{f=2F_0}$

$I_0=I_{max}$ $\quad I_{min}=\frac{3}{4}I_0$ $\quad x=\frac{1}{4}\frac{D}{2}=\frac{D}{8}$ $\quad x=\frac{D}{8}$ - длина М.



$(\tau_1-\tau_0)=$

$\left(\frac{D}{2}-\frac{D}{8}\right)=V(\tau_1-\tau_0)$

$Vt_0=\frac{D}{8}$ $\quad \boxed{V=\frac{D}{8t_0}}$

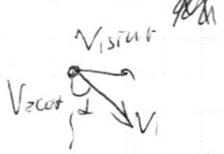
$\left(\frac{4D}{8}-\frac{D}{8}\right)=V(\tau_1-\tau_0)$ $\quad \frac{3D}{8V}=\tau_1-\tau_0$

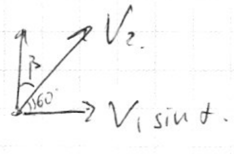
$D_M=\frac{D}{8}$ $\quad S_M=\pi r_M^2=\pi\frac{D^2}{16^2}$ $\quad \boxed{\tau_0+\frac{3D}{8V}=t_1}$

$r_M=\frac{D}{16}$

$S_{np}=4S_M=\frac{\pi D^2}{4\cdot 16}$

$S_л=\frac{\pi D^2}{4}$





$V_2=2V_1\sin\alpha=\frac{6}{4}V_1=\frac{3}{2}V_1=12$ м/с.

$\boxed{V_2=12 \text{ м/с}}$

$r_M=\frac{D}{8}$

$S_M=\pi\frac{D^2}{64}$

$S_{np}=\frac{\pi D^2}{16}$

$S_л=\frac{\pi D^2}{4}$

831×15: 4155, 831, 12465

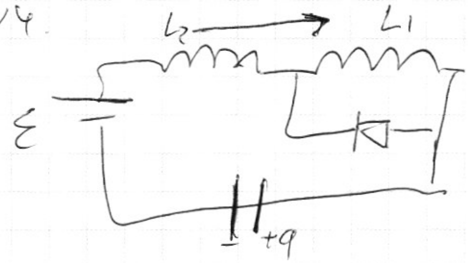
$12465 : 14 = 890,3$; 112, 126, 126, 50

$14 \times 9 = 126$ $\quad 14 \times 8 = 112$ $\quad 14 \times 3 = 42$

14×890: 1260, 112, 12460

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



рассмотрим случай, когда ток идет по часовой стрелке: через Диод ток не течет. Обозначим за q заряд конденсатора. $\dot{q} = I$ через катушки.

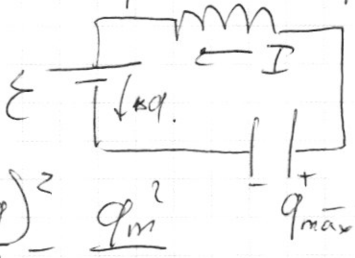
по ЗСЭ $\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{L_1\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$ возьмем производную

$\mathcal{E}\dot{q} = \frac{2L_2\dot{q}\ddot{q}}{2} + \frac{2L_1\dot{q}\ddot{q}}{2} + \frac{2q\dot{q}}{2C}$ $\quad \mathcal{E} = \ddot{q}(L_2+L_1) + \frac{q}{C}$

$\ddot{q} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}q = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}$ $\quad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}$ $\quad T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

ток будет течь до тех пор пока q_c не станет максимальным. $\mathcal{E}q_{max} = \frac{q_{max}^2}{2C}$ $\quad q_{max} = 2C\mathcal{E}$.

в этот момент ток потечет против часовой стрелки. причем через катушку L_1 ток не пойдет.



$A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C$.

$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{(q_m - q)^2}{2C} - \frac{q_m^2}{2C}$

$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} - \frac{2q_m q}{2C}$ – берем производную.

$-\mathcal{E}\dot{q} = \frac{2L_2\dot{q}\ddot{q}}{2} + \frac{2q\dot{q}}{2C} - \frac{2q_m\dot{q}}{2C}$ $\quad -\mathcal{E} = L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} - \frac{q_m}{C}$

$L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} = \frac{q_m}{C} - \mathcal{E} = \mathcal{E}$ $\quad \ddot{q} + \frac{1}{L_2C}q = \frac{\mathcal{E}}{L_2}$ $\quad \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2C}}$

$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{L_2C}$;

ток будет течь по часовой время $\tau_1 = \frac{1}{2}T_1$

и против часовой время $\tau_2 = \frac{1}{2} T_2$.

итого $T_{общ} = \tau_1 + \tau_2 = \pi\sqrt{(L_2+L_1)C} + \pi\sqrt{L_2 C} =$

~~$\pi\sqrt{3LC}+\pi$~~ $\pi\sqrt{3LC} + \pi\sqrt{LC} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

1) $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{3}+1)$

2) когда I_{1max} $\dot{I}_1 = 0$ т.е. $U_L = L\dot{I} = 0$ $U_{1L} = U_{2L} = 0$

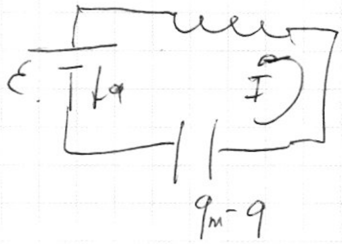
т.к. ток один и тот же. $\Rightarrow U_C = \mathcal{E}$. тогда

$U_C = \mathcal{E}$ $q_c = C\mathcal{E}$ $A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C =$

$\mathcal{E} q_c = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_{m1}^2 + L_2 I_{2m}^2}{2}$ $\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)}{2} I_{1m}^2$ $I_{1m}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_1+L_2}$.

$\boxed{I_{1m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}}$

3) ~~когда~~ рассмотрим случай когда ток течет против часовой стрелки



когда I_{2max} $\dot{I}_2 = 0$ $U_{2L} = 0$.

$U_C = \mathcal{E}$ $\Delta q = \frac{1}{2} q_m = \frac{1}{2} \cdot 2C\mathcal{E} = C\mathcal{E}$.

$-\mathcal{E} q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{q_m^2}{2C} + \frac{L_2 I_{2m}^2}{2} = -\mathcal{E}\frac{1}{2} q_m$.

$-\frac{2C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{4C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_2 I_{2m}^2}{2}$

$-2C\mathcal{E}^2 = -3C\mathcal{E}^2 + L_2 I_{2m}^2$.

$L_2 I_{2m}^2 = C\mathcal{E}^2$.

$\boxed{I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}}$

т.к. $I_{2m} > I_{1m} \Rightarrow I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

Ответ 1) $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{3}+1)$

2) $I_{1max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

3) $I_{2max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано

N_2 O_2

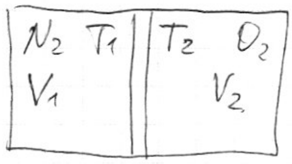
$\nu_1=\nu_2=\nu=\frac{3}{7}$ моль

$T_1=300K$ $T_2=500K$

$C_V=\frac{5}{2}R$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ? 2) $T_к$ - ?

3) $U_{отд}$ - ?

1) 

в начальном состоянии давления равны $p_1=p_2=p$ поэтому

$pV_1=\nu RT_1$

$pV_2=\nu RT_2$ — разделим одно на другое

$\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{300}{500}=\frac{3}{5}$ $\boxed{\frac{V_1}{V_2}=\frac{3}{5}}$

2) т.к система теплоизолирована ее энергия не меняется $U_1+U_2=U_3+U_4$

$U_1=\frac{5}{2}\nu RT_1$ - нач. энер N_2 $U_2=\frac{5}{2}\nu RT_2$ - нач. энер. O_2

$U_3=\frac{5}{2}\nu RT_к$ - конеч. энерг. N_2 $U_4=\frac{5}{2}\nu RT_к$ - кон. энерг O_2

$\frac{5}{2}\nu RT_1+\frac{5}{2}\nu RT_2=\frac{5}{2}\nu RT_к+\frac{5}{2}\nu RT_к$ $\Big|:\frac{5}{2}\nu R$ $T_1+T_2=2T_к$

$T_к=\frac{T_1+T_2}{2}=\frac{300+500}{2}=400°K$ $\boxed{T_к=400°K}$

3) ? $Q_{отд}=Q_{получ.}$

$|U_{отд}|=U_3-U_4=\frac{5}{2}\nu RT_2-\frac{5}{2}\nu RT_к=$

$=\frac{5}{2}\nu R(T_2-T_к)=\frac{5}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100$

$U_{отд}=\frac{15\cdot 831}{14}\approx 890{,}3$ дж.

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2}=\frac{3}{5}$ 2) $T_к=400K$

3) $U_{отд}=890{,}3$ дж.

$Q_п=\Delta U+A_2$

$Q_о=\Delta U+A_2$

$\Delta U=\frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$A=$

$p_1V_1=\nu RT_1.$

$p_2V_2=\nu RT_2$

$pV_3=\nu RT_3$

$pV_3=\nu RT_3.$

$p_1 3V=\nu R3T$

$p_1 4V=\nu R4T.$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$Q_{отд} = Q_n = \Delta U + A_r = \frac{5}{2}\nu R(T_к - T_1) + p_1(V_к - V_1) =$

$\frac{5}{2}\nu R(T_к - T_1) + \cancel{\frac{2}{2}}\nu R(T_к - T_1) = \frac{7}{2}\nu R(T_к - T_1) =$

$\frac{7}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100 = \frac{3}{2}\cdot 8{,}31 = \frac{3}{2}\cdot 831 \approx 1245$ Дж.

$830 : 2 = 415 \qquad 415\cdot 3 = 1245$

Ответ: $\boxed{Q_{отд} = 1245 \text{ Дж.}}$

№3

Дано

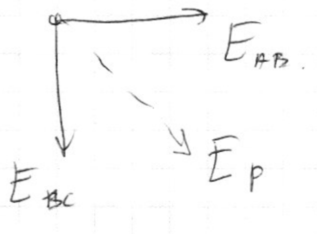
1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$)

1) ~~Вект~~ напряженность, создаваемая бесконечной равномерно заряж. пластиной не зависит от расстояния $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

в 1-ом случае можно найти результирующую напряженность как векторную сумму напряженностей от BC и AB

т.к. $\sigma_1 = \sigma_2$ то модули $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = E$

имеем:

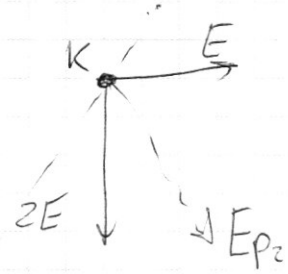


$E_P = \sqrt{E^2 + E^2} = \sqrt{2}\,E$

$\frac{E_P}{E_{BC}} = \frac{\sqrt{2}E}{E} = \sqrt{2}$ т.е увелич. в $\sqrt{2}$ раза.

2) $E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = 2E \qquad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E$

имеем



$E_{P_2} = \sqrt{4E^2 + E^2} = \sqrt{5}\,E = \sqrt{5}\,\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Ответ: 2) $\frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E_{P_2}$ 1) увеличится в $\sqrt{2}$ раз

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

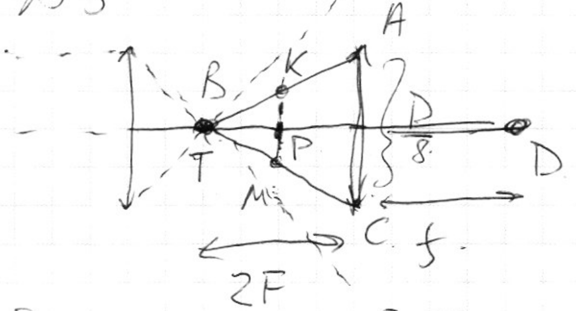
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



1) ~~Так~~ т.к. свет фокусируется то по ф. тонкой линзы найдем f.

$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f}$ $\frac{1}{f} = \frac{2-1}{2F}$ $\boxed{f = 2F}$

2) т.к. $I_{min} = \frac{3}{4} I_{max}$ а I_{max} достигается когда мишень M & KP то ⇒ ~~длина~~ ~~КС~~ диаметр.

$S_{лн} = \pi r_л^2 = \pi \frac{D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4}$

$S_{проекции\ мишени}$ $\frac{1}{4} S_л = \frac{\pi D^2}{16}$

$\frac{S_{проек}}{S_M} = k^2 = \frac{4}{1}$ $S_M = \frac{1}{4} S_{проек} = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 16} = \frac{\pi D^2}{64}$

$S_M = \pi r_M^2$ $r_M^2 = \frac{D^2}{64}$ $r_M = \frac{D}{8}$ $D_M = \frac{D}{4}$

за время 0 до τ_0 мишень полностью окажется на KP $V\tau_0 = D_M = \frac{D}{4}$

$$\boxed{V = \frac{D}{4\tau_0}}$$

3) $KP = \frac{1}{2} AC = \frac{1}{2} D$ $\left(\frac{1}{2} D - D_M\right) = V(\tau_1 - \tau_0)$

$\frac{2D}{4} - \frac{D}{4} = \frac{D}{4} = V(\tau_1 - \tau_0)$ $\tau_1 - \tau_0 = \frac{D}{4V}$

$$\boxed{\tau_1 = \tau_0 + \frac{D}{4V}}$$

Ответ: $\tau_1 = \tau_0 + \frac{D}{4V} = \tau_0 + \frac{D}{4\frac{D}{4\tau_0}} = \tau_0 + \frac{D \cdot 4\tau_0}{4D} = 2\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$m\Delta v = F\Delta t$

$D_м = \frac{D}{4}$ $r_м = \frac{D}{8}$ $S_м = \frac{\pi D^2}{64}$ $S_{тен} = \frac{\pi D^2}{16.}$

$S_п = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{\pi D^2}{16.}$ $V\tau_0 = D_м$ $V = \frac{D_м}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}$

$\left(\frac{D}{2} - \frac{D}{4}\right) = V(\tau_1 - \tau_0)$ $\frac{D}{4} = \frac{D}{4\tau_0}(\tau_1 - \tau_0)$ $\frac{\tau_1 - \tau_0}{\tau_0} = 1$

$\tau_1 = 2\tau_0.$

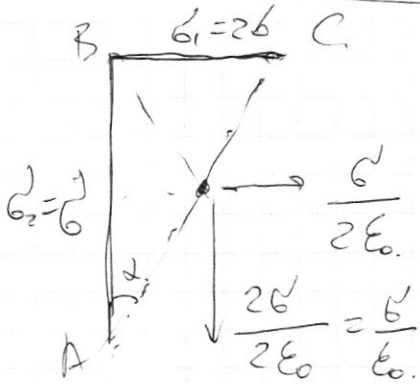
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

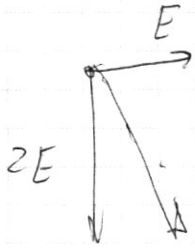
$$E_p = \sqrt{E^2+E^2} = \sqrt{2E^2} = E\sqrt{2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}\varepsilon_0}.$$

$$\frac{|E_p|}{|E_1|} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}\varepsilon_0} : \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\cancel{\sigma}}{\sqrt{2}\cancel{\varepsilon_0}} \cdot \frac{2\cancel{\varepsilon_0}}{\cancel{\sigma}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}.$$

$$\boxed{\frac{|E_p|}{|E_0|} = \sqrt{2} \quad \text{увеличится в } \sqrt{2} \text{ раз}}$$



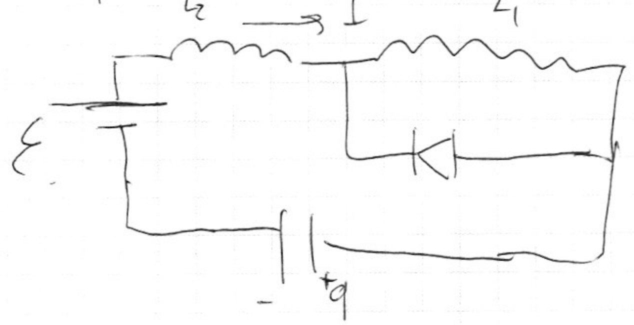
$$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E$$

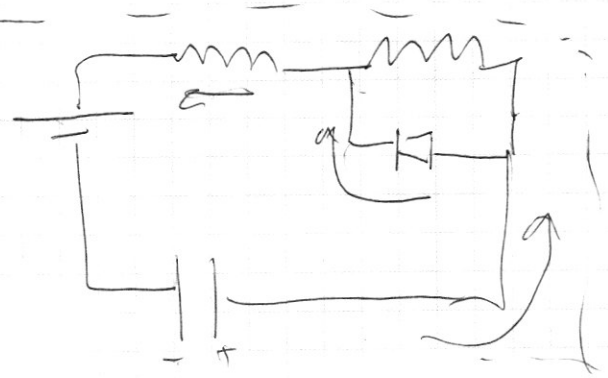


$$E_{p_2} = \sqrt{4E^2+E^2} = \sqrt{5}E = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

$$\boxed{E_{p_2} = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

N4





$$\mathcal{E}q = \frac{L_1\dot{q}^2}{2} + \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$\mathcal{E}\dot{q} = \frac{\cancel{2}L_1\dot{q}\ddot{q}}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{2}L_2\dot{q}\ddot{q}}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{2}q\dot{q}}{\cancel{2}C}$$

$$\mathcal{E} = L_1\ddot{q} + L_2\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$\ddot{q}(L_1+L_2) + \frac{q}{C} = \mathcal{E}.$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{(L_1+L_2)C} = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}} \qquad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

$$\tau_1 = \frac{1}{2}T_1 = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

$$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{(q_0-q)^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2C}.$$

$$-\mathcal{E}q = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2-2q_0q}{2C} = \frac{L_2\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} - \frac{2q_0q}{2C}$$

$$-\mathcal{E}\dot{q} = \frac{\cancel{2}L_2\dot{q}\ddot{q}}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{2}q\dot{q}}{\cancel{2}C} - \frac{\cancel{2}q_0\dot{q}}{\cancel{2}C}$$

$$\frac{q_0}{C} - \mathcal{E} = L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} \qquad \mathcal{E}q_0 = \frac{q_0^2}{2C}. \qquad q_0 = 2\mathcal{E}C.$$

$$L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E} \qquad \ddot{q} + \frac{q}{L_2C} = \frac{\mathcal{E}}{L_2}$$

МФТИ

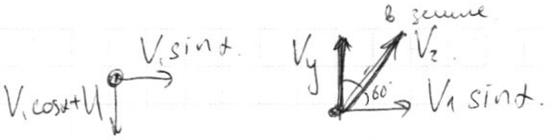
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

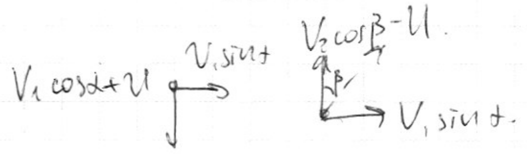
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\sin\beta = \frac{1}{2}$ $\beta = 30°$

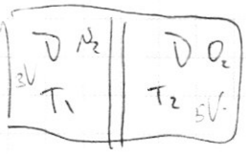
$V_2 \cos 60° = V_1 \sin\alpha$

$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\cos 60°} = V_1 \frac{3}{4} \cdot \cancel{\frac{2}{1}} = \frac{3}{8} V_1 = 3$ м/с



M 9U.

№ 2.



1) $p_1 V_1 = \nu R T_1$

$p_1 V_2 = \nu R T_2$

$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}}$

~~$p_1 3V = \nu R 3T$~~
~~$p_1 5V = \nu R 5T$~~

$U_1 + U_2 = U_3 + U_4$

$U_1 = \frac{5}{2}\nu R T_1$ $U_2 = \frac{5}{2}\nu R T_2$ $U_3 = \frac{5}{2}\nu R T_3$ $U_3 = \frac{5}{2}\nu R T_3$

$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = \frac{5}{2}\nu R T_3 + \frac{5}{2}\nu R T_3$

$T_1 + T_2 = 2T_3$ $T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = \boxed{400\ K}$

$U_{1N_2} = \frac{5}{2}\nu R T_2$ $U_{2N_2} = \frac{5}{2}\nu R T_3$

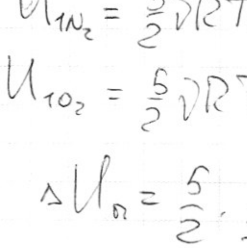
$U_{1O_2} = \frac{5}{2}\nu R T_1$ $U_{2O_2} = \frac{5}{2}\nu R T_3$

$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R (T_3 - T_1) = \frac{5}{2}\nu R \cdot 100 K$

$\Delta U_п = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = \frac{15 \cdot 831}{14}$ Дж

$\boxed{\Delta U_п = \Delta U_о = \frac{15 \cdot 831}{14}}$

№ 3.



$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2S\varepsilon_0}$

т.к. пластины бесконечные то модуль напряженности E не зависит от расстояния, его можно найти, как сумму суперпозиции.

$|E_1| = |E_2| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = |E|$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)