Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

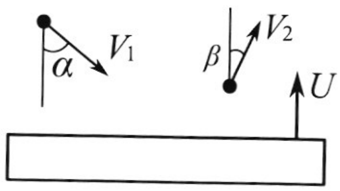
Класс 11

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.



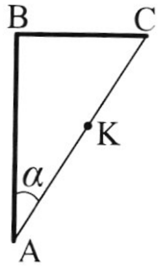
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

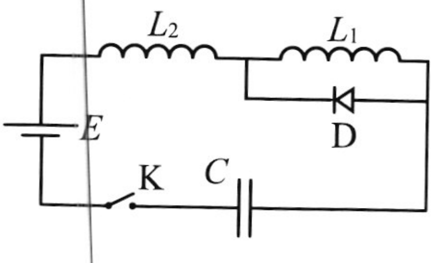
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

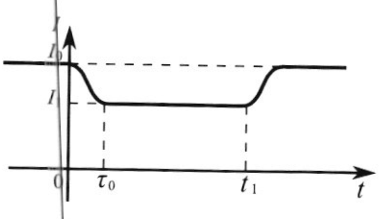
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$p_{N_2 н} V_{N_2 н} = \nu R T_1$ $\quad$ $p_н$ – давление начальное

$p_{O_2 н} V_{O_2 н} = \nu R T_2$ $\quad$ $p_к$ – конечное давление

$$p_{N_2 н} = p_{O_2 н} \Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_{N_2 н}} = \frac{\nu R T_2}{V_{O_2 н}} \Rightarrow \frac{V_{O_2 н}}{V_{N_2 н}} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_{N_2 н}}{V_{O_2 н}} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_{N_2 н}}{V_{O_2 н}} = \frac{300}{500} = 0{,}6$$

$V_{O_2} = V_1$; $V_{N_2} = V_2$; $p_{O_2} = p_1$; $p_{N_2} = p_2$

$$\left.\begin{aligned} V_{1к} \cdot p_{1к} = \nu R T_3 \\ V_{2к} \cdot p_{2к} = \nu R T_3 \end{aligned}\right. \Rightarrow \left.\begin{aligned} V_{1к} \cdot p_{1к} = V_{2к} \cdot p_{2к} \\ p_{1к} = p_{2к} \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_{1к} = V_{2к}$$

$p_1 = p_2$ в течение всего процесса. $\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ на протяжении всего процесса

$-Q_1 = Q_2 \qquad A_1 = -A_2$

$$-\left(\frac{5}{2}\nu R\Delta T_1 + A_1\right) = \frac{5}{2}\nu R \Delta T_2 + A_2 \Rightarrow \frac{5}{2}\nu R(T_к - T_1) = -\frac{5}{2}\nu R(T_к - T_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_к - T_1 = T_2 - T_к \Rightarrow 2T_к = T_1 + T_2 \Rightarrow T_к = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$T_к = \frac{300+500}{2} = 400 K$ $\quad$ Док-во $p = const$ на стр. №7–8

$V_1 + V_2 = V_0 = const$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_0 - V_2}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_0}{V_2} - 1 = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_0 T_2}{T_1 + T_2}$$

~~Ввиду медленности процесса:~~

$$p_1 = p_2 = const \Rightarrow Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + p\Delta V = \frac{5}{2}\nu R|\Delta T| + \nu R|\Delta T| = \frac{7}{2}\nu R|\Delta T| \Rightarrow$$

см. стр №6

$L_2 \frac{dI}{dt} = \varepsilon - L_1 \frac{dI}{dt}$

$\cancel{L_1 \frac{dI}{dt}}$

$L_{12} \frac{dI}{dt} = \varepsilon$

$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = \varepsilon$

$\left(\frac{2CU\varepsilon - CU^2}{L_1 + L_2}\right)' = \frac{2C\varepsilon - 2CU}{L_1 + L_2} = 0 \Rightarrow U = \varepsilon$

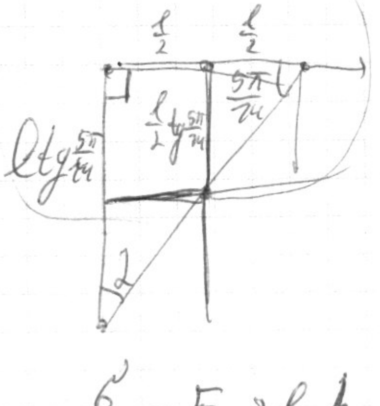
$\varepsilon^2 C - \frac{C\varepsilon^2}{2} = \frac{C\varepsilon^2}{2}$

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

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

$\frac{7}{2} \nu R \Delta T = \frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 200 = 8{,}31 \cdot 1{,}5$

$8{,}31 \cdot 1{,}5 = 4155 + 831 = 1246{,}5$



$\frac{7\pi}{24} - \frac{2\pi}{24} = \frac{5\pi}{24}$

$E_1 = \frac{\sigma \cdot \alpha}{\varepsilon_0 (2 + \pi \operatorname{tg} \frac{5\pi}{24})} = \frac{4}{2 + \pi \operatorname{tg} \frac{5\pi}{24}}$

$E_2 = \sigma_0$

$\sigma_1 = \alpha \cdot \sigma$

$\frac{\sigma_1 \cdot l}{\varepsilon_0} = E 2l + \pi \left(\frac{l}{2}\right) \cdot 2 = (2l + \pi l \operatorname{tg} \frac{5\pi}{24}) E$

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 2l\alpha$

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E \cdot 2l \cdot h$

$\frac{\sigma \cdot l \cdot h}{\varepsilon_0} = E \cdot (2l + l\pi \operatorname{tg} \frac{5\pi}{24}) h$

$\alpha = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0 l}$

$\frac{4\varepsilon_0 l}{\sigma}$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 (2 + \pi \operatorname{tg} \frac{5\pi}{24})}$

№4

Сначала ток течёт через обе катушки, затем только через L_2.

~~T=…~~ $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$, где T_1 – период при L_2 и L_1 в цепи, а T_2 – период при L_2 в цепи.

$T_1 = 2\pi\sqrt{L_{12}C}$; $T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C}$

$L_{12} = L_1 + L_2$

$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)\cdot C}}{2} + \frac{2\pi\sqrt{L_2 C}}{2} = \pi\sqrt{C}(\sqrt{L_1+L_2} + \sqrt{L_2}) =$

$= \pi\sqrt{C}\cdot(\sqrt{L+2L} + \sqrt{L}) = \pi\sqrt{CL}(\sqrt{3}+1)$

ЗСЭ:

$\frac{(L_1+L_2)I_{m1}^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \varepsilon q = \varepsilon C U$ (достигается при $t = \frac{T_1}{4}$)

$\frac{(L_1+L_2)I_{m1}^2}{2} = CU(\varepsilon - \frac{U}{2})$

$I_{1m}^2 = \frac{2CU(\varepsilon - \frac{U}{2})}{L_1+L_2} = \frac{2CU\varepsilon - CU^2}{L_1+L_2}$

$I_{1m} = max \Rightarrow I_{1m}^2 = max \Rightarrow \frac{dI_{1m}^2}{dU} = \frac{2C\varepsilon - 2CU}{L_1+L_2} = \frac{2C}{L_1+L_2}(\varepsilon - U) \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{dI_{1m}^2}{dU} = 0$ при $U = \varepsilon \Rightarrow I_{1m} = max$ при $U = \varepsilon$ (и такое значение будет достигнуто во время $\frac{T_1}{4}$).

$(I_{1m}^2)'$: $+$ до ε, $-$ после; U

I_{1m}^2: $\nearrow$ ε $\searrow$

$I_{1m}^2 = \frac{2C\varepsilon^2 - C\varepsilon^2}{L_1+L_2} = \frac{C\varepsilon^2}{L_1+L_2} = \frac{C\varepsilon^2}{2L+L} = \frac{C\varepsilon^2}{3L}$

$I_{1m} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}$ см. стр. №6

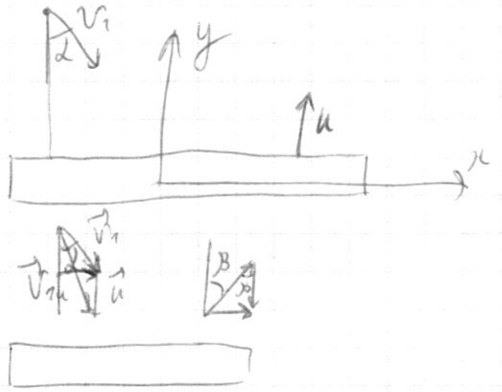
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

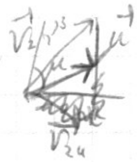
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$V_1\cos\alpha + U = V_{1uy}$

$V_2\cos\beta - U = V_{2uy}$

x: $V_2\sin\beta = V_1 \cancel{\cos\alpha}\sin\alpha$

$V_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}V_1 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}}\cdot 8 = \frac{3}{2}\cdot 8 = 12$

$p_1V_x + p_1V_{x1} = p_0V_1 + p_0V_{01}$

T_x $\quad p_1(V_x+V_{x1}) = p_0(V_1+V_{01})$

$p_0V_1 = \nu RT_1$

$p_1V_x = \nu RT_x = \nu R(T_1+\Delta T) =$

$= p_0V_1 + \nu R\Delta T$

$\nu R\Delta T = p_0V_1\ p_1V_{x1}$

$$\frac{V_1\cos\alpha + U}{V_1\sin\alpha} = \frac{V_2\cos\beta - U}{V_2\sin\beta}$$

$$\frac{1}{tg\alpha} + \frac{U}{V_1\sin\alpha} = \frac{1}{tg\beta} - \frac{U}{V_2\sin\beta}$$

$$U\left(\frac{1}{V_1\sin\alpha} + \frac{1}{V_2\sin\beta}\right) = \frac{tg\alpha - tg\beta}{tg\alpha\cdot tg\beta}$$

$$U = \frac{tg\alpha - tg\beta}{(tg\alpha\cdot tg\beta)}\cdot\frac{V_2\sin\beta\sin\alpha\cdot V_1}{V_2\sin\beta + V_1\sin\alpha}$$

$12\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\cdot 8$

$9\cdot 4$

$\frac{36}{12\cdot\frac{1}{2} + 8\cdot\frac{3}{4}} = \frac{36}{6+6} = \frac{36}{12} = 3$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt7}{4}$ $\qquad \cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt3}{2}$

$tg\alpha = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{\sqrt7}{4}} = \frac{3}{\sqrt7}$ $\qquad tg\beta = \frac{\frac12}{\frac{\sqrt3}{2}} = \frac{1}{\sqrt3}$

$$\frac{\frac{3\sqrt3-\sqrt7}{\sqrt{21}}}{\frac{3}{\sqrt7}\cdot\frac{1}{\sqrt3}} = \frac{3\sqrt3-\sqrt7}{3} = 3\sqrt3 - 7$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 продолжение

ЗСЭ:

$$\frac{L_2 I_{m_2}^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = \mathcal{E} q_1 = \mathcal{E} C U_1$$

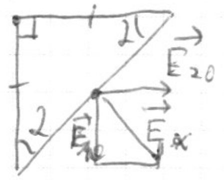
Аналогично предыдущему $I_{m_2} = max$ при $U_1 = \mathcal{E}$ (такое значение будет достигаться во время $\frac{T_2}{4}$)

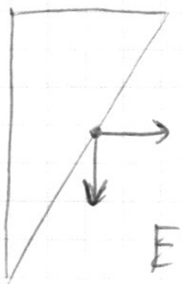
$$\Rightarrow I_{m_2}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{L}$$

$$I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$; $I_{1M} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$; $I_{2M} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

№3





η — ?

E_{x1} — ?

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

E находится как в пункте 2, но при $\operatorname{tg}\alpha = 1$ очевидно, что $E_{10} = E_{20}$

1) $E_{10} = E_{20}$

$\vec{E}_x = \vec{E}_{10} + \vec{E}_{20} \Rightarrow E_x = E_{10}\sqrt{2} \Rightarrow \frac{E_x}{E_{10}} = \sqrt{2} = \eta$

2) $E_{x_1}^2 = E_{BC}^2 + E_{AC}^2 \Rightarrow E_{x_1} = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AC}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{1}{2\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\sigma_2^2 + \sigma_1^2} = \frac{1}{2\varepsilon_0} \cdot \sqrt{2^2\sigma^2 + \sigma^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}$

Ответ: $\eta = \frac{E_x}{E_1} = \sqrt{2}$; $E_{x1} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}$

См. продолж. на стр. №8-9.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

$y=\frac{D}{2}-2\cdot\frac{D}{8}=\frac{D}{2}-\frac{D}{4}=\frac{D}{4}$ №5 продолжение

$\tau_0\cdot v=2r$ (τ_0 — время с момента частичного входа мишени в область света, попадающего во вторую линзу до момента полного входа в эту область). τ (всего S_x)

$v=\frac{2r}{\tau_0}=\frac{2\cdot\frac{D}{8}}{\tau_0}=\frac{D}{4\tau_0}$

$v(t_1-\tau_0)=y=\frac{D}{4}\Rightarrow t_1=\frac{y}{v}+\tau_0=\frac{\frac{D}{4}}{v}+\tau_0=\frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{4\tau_0}}+\tau_0=$

$=2\tau_0$

Ответ: $F=2F_0$; $v=\frac{D}{4\tau_0}$; $t_1=2\tau_0$.

№1

Перейдем в инерциальную систему отсчета, где стенка не движется, тогда: $\vec{u}_1=-\vec{u}$

После отскока горизонтальные составляющие скоростей v_{1x} и v_{2x} (их проекции на ось Ox) останутся неизменными $\Rightarrow$

$\Rightarrow v_{1x}\cdot\cos\mu=v_{2x}\cdot\cos\eta$ (т.к. плита воздействует с силой, у которой проекция на ось Ox $F_x=0$).

Но при добавлении к $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ скорости $\vec{u}_1$, которая на ось Ox дает проекцию $=0$, то проекции v_{1x} и v_{2x} на ось Ox будут равны проекциям v_1 и $v_2\Rightarrow v_1\cdot\sin\alpha=v_{1x}\cdot\cos\mu=v_{2x}\cos\eta=$

$=v_2\sin\beta\Rightarrow v_2=\frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}$

$v_2=8\cdot\frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}}=\frac{8\cdot3}{2}=12$ м/с

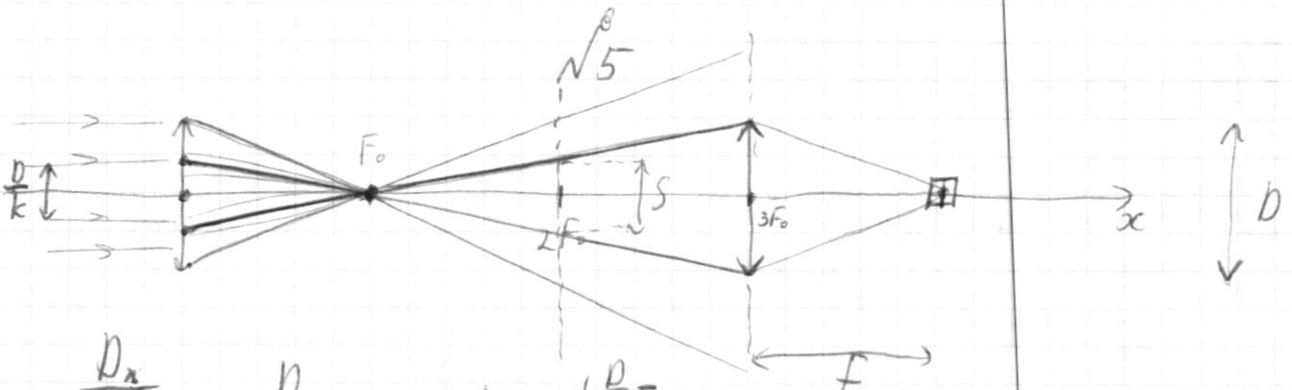
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\frac{\frac{D}{2k}}{F_0} = \frac{D}{2F_0} \Rightarrow k=2 \Rightarrow \frac{D}{2}$ — ширина пучка доходящего до второй линзы.

$\frac{1}{2F_0}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}-\frac{1}{2F_0}=\frac{1}{2F_0} \Rightarrow f=2F_0$ (источник света для второй линзы находится в фокусе первой линзы).

$\frac{\frac{D}{2}}{F_0}=\frac{S}{F_0} \Rightarrow S=\frac{D}{2}$ — путь, во время которого мишень закрывала часть пучка от τ_0 до t_1. ~~путь пройденный мишенью от τ_0 до τ_1.~~

$\frac{I_0}{I_1} = \frac{\pi\left(\frac{\frac{D}{2}}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{\frac{D}{2}}{2}\right)^2-S_x} = \frac{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2}{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2-S_x}$, где S_x — площадь мишени. $S_x=\pi r^2$

Ток пропорционален площади доходящей части пучка $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{I_0}{\frac{3}{4}I_0}=\frac{4}{3} \Rightarrow \frac{4}{3}=\frac{\pi\frac{D^2}{16}}{\frac{\pi D^2}{16}-S_x} \Rightarrow \frac{\pi D^2}{4}-4S_x=3\pi\frac{D^2}{16} \Rightarrow$

$\Rightarrow 4S_x=\frac{4\pi D^2}{16}-\frac{3\pi D^2}{16}=\frac{\pi D^2}{16} \Rightarrow S_x=\frac{\pi D^2}{16\cdot 4}=\frac{\pi D^2}{64}=\pi r^2 \Rightarrow r^2=\frac{D^2}{64} \Rightarrow r=\frac{D}{8} \Rightarrow$

$\Rightarrow y=S-2r$ — путь пройденный центром мишени за $(t_1-\tau_0)$

См. прод. на стр. №5

№4 продолжение 2

$\Rightarrow \frac{LI_{2m}^2}{2}+\frac{CU_1^2}{2}-\frac{4\varepsilon^2 C}{2}=\varepsilon C U_1 - C\cdot 2\varepsilon^2$

$\frac{LI_{2m}^2}{2}=2\varepsilon^2 C-2C\varepsilon^2+\varepsilon C U_1-\frac{CU_1^2}{2}$

$\frac{LI_{2m}^2}{2}=\varepsilon C U_1-\frac{CU_1^2}{2}=W_L$

$I_{2m}=max \Rightarrow \frac{LI_{2m}^2}{2}=max \Rightarrow W_L=max$

$\cancel{W_L'}\ \frac{dW_L}{dU_1}=\varepsilon C-\frac{2CU_1}{2}=\varepsilon C-CU_1$

$\frac{dW_L}{dU_1}=0$ при $U_1=\varepsilon$ (что может быть достигнуто при $t=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{4}+Tn$, где $n\in\mathbb{Z}$

W_L' $\quad + \quad \bullet \quad - \quad$ U_1

W_L $\quad \nearrow \quad \varepsilon \quad \searrow$

$\Rightarrow W_L(\varepsilon)=max \Rightarrow \frac{LI_{2m}^2}{2}=\varepsilon C\cdot\varepsilon-\frac{C\varepsilon^2}{2}=\frac{C\varepsilon^2}{2}\Rightarrow I_{2m}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$

~~Ответ~~ $I_{2m}>I_{1m}\Rightarrow I_{2M}=I_{2m}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$

Ответ: $I_{2M}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$; $I_{1m}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}$; $T=\pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

№2 продолжение 2

Докажем, что во время процесса во обоих частях сосуда $p=const$.

Пусть в некоторый момент будет $p=p_x$, $V_1=V_x$, $V_2=V_{x1}$ (до установления равновесия)

$p_н V_н = \nu R T_1$

$p_н V_{н1}=\nu R T_2$

$p_x V_x=\nu R T_{11}=\nu R(T_1+\Delta T)=\nu R\Delta T+\nu R T_1=\nu R\Delta T+p_н V_н$

$p_x V_{x1}=\nu R T_{21}=\nu R(T_2-\Delta T)=\nu R T_2-\nu R\Delta T \Rightarrow \nu R\Delta T=\nu R T_2-p_x V_{x1}$

$p_x V_x=\nu R\Delta T+p_н V_н=\nu R T_2-p_x V_{x1}+p_н V_н=p_н V_{н1}-p_x V_{x1}+p_н V_н\Rightarrow$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 продолжение 1

Чтобы шарик отскочил ~~$v_{2x}\sin\varphi > 0$~~ $v_{2x}\sin\varphi > 0$ или же

$V_2\cdot\cos\beta > u$ $\cos\beta=\sqrt{1-\sin^2\beta}=\sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2}=\sqrt{\frac{3}{4}}=\frac{\sqrt{3}}{2}$

$u < 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$ м/с $\Rightarrow$ $u < 6\sqrt{3}$ м/с. см. продолжение на стр. 8.

~~Ответ: $u < 6\sqrt{3}$ м/с; $V_2 = 12$ м/с~~

№2 продолжение 1

$\Rightarrow Q=\frac{7}{2}\nu R\Delta T$

$Q=\frac{7}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot(500-400)=1{,}5\cdot 8{,}31\cdot 100=1{,}5\cdot 831=1246{,}5$ Дж

Ответ: $\frac{V_{N_2 н}}{V_{O_2 н}}=0{,}6$; $T_к=400$ K; $Q=1246{,}5$ Дж

№4 продолжение 1

После прохождения $t=\frac{T_1}{2}$ ток начнет течь в обратном направлении (т.е. только через L_2), в тот момент на конденсаторе будет $U=2\mathcal{E}$ и тока в цепи не будет. В течении этой части периода не может быть достигнут максимум тока для L_1 ($\Rightarrow I_{1m}$ – максимум тока на L_1), т.к. через него ток не течет, но может быть достигнут для L_2 (т.е. I_{2}^{m} может быть $> I_{1m}$ и тогда $I_{2M}=I_{2m}$).

ЗСЭ:

$$\frac{LI_{2m}^2}{2}-\frac{L\cancel{I_0^2}^{\,0}}{2}+\frac{CU_1^2}{2}-\frac{C(2\mathcal{E})^2}{2}=\mathcal{E}\Delta q=\mathcal{E}C(U_1-2\mathcal{E}) \Rightarrow$$

$$\cancel{V_1 = \frac{V_0 T_1}{T_2}} = \frac{V_0 \cdot V_2}{V_1}$$

$$p_0 = \frac{\nu R \cdot 500}{\frac{5}{8} V_0} = \frac{800\nu R}{V_0}$$

$\frac{5}{3}$ 5 $$p_1 = \frac{\nu R \cdot 400}{\frac{V_0}{2}} = \frac{800\nu R}{V_0}$$

$\Delta T_1 = -\Delta T_2$

$\cancel{T_1 - T_x} = T_x - T_1 = T_x - T_2$

$\frac{831}{+3{,}5}$ 4155

$\frac{831}{1246{,}5}$

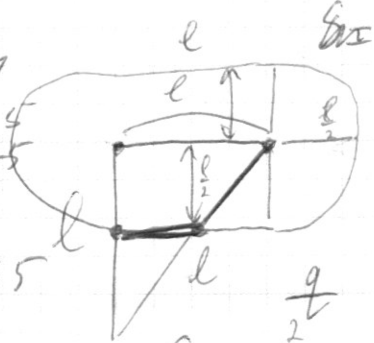
$r = \frac{D}{8}$

$\nu \tau_0 = S - 2r = \frac{D}{2} - \frac{D}{8} \cdot 2 = \frac{D}{4}$

$\frac{\pi l}{2} \cdot 2 = \pi l$

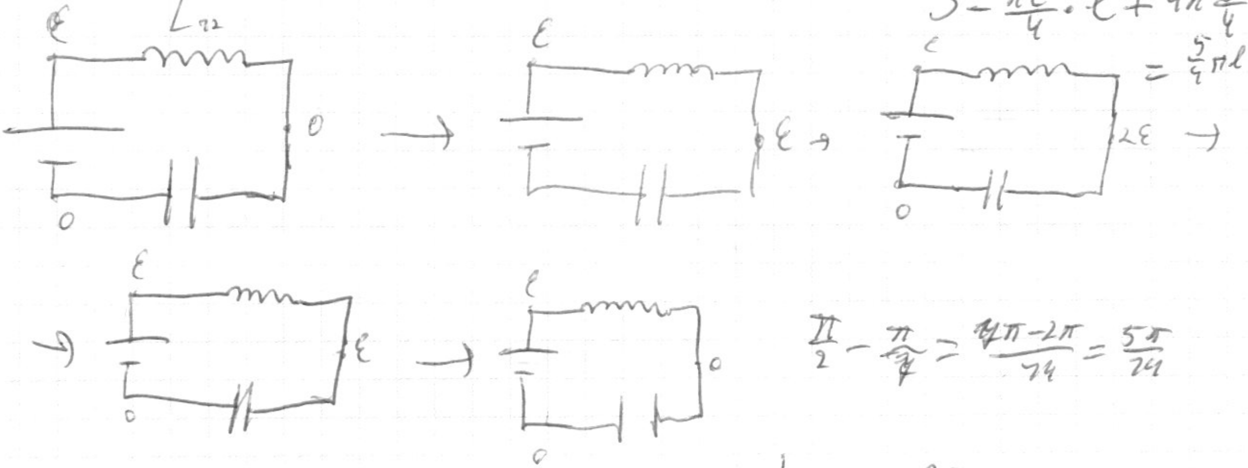
$\frac{S}{h} = \frac{\pi l + 2l}{}$

831 $+1{,}4$ 415 831 12465



$\frac{q}{l}$

$S = \frac{\pi l^2}{4} \cdot l + 4\pi \frac{l^2}{4} = \frac{5}{4}\pi l^2$



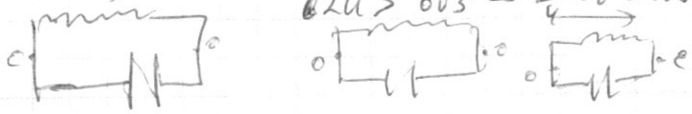
$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{7} = \frac{7\pi - 2\pi}{14} = \frac{5\pi}{14}$

$V_1 \cos\alpha + u > V_2 \cos\beta - u$

$2u > V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha$

$2u > 6\sqrt{3} - \frac{\sqrt{7}}{4} \cdot 8 = 6\sqrt{3} - 2\sqrt{7}$

$\frac{3L \cdot I_{1m}^2}{2}$



$W_0 = \frac{C_4 \varepsilon^2}{2}$

$W_1 = \frac{Cu^2}{2}$

$\frac{Cu^2}{2} - \frac{C_4\varepsilon^2}{2} + C\varepsilon(\varepsilon - u) + \frac{L I_{2m}^2}{2} = 0$

$-2C\varepsilon^2 + C\varepsilon^2 - C\varepsilon u + \frac{Cu^2}{2} + \frac{L I_{2m}^2}{2} = 0$

$C\varepsilon^2 + C\varepsilon u - \frac{Cu^2}{2} = \frac{L I_m^2}{2}$

$C\varepsilon u - \frac{Cu^2}{2}$

$C\varepsilon - Cu \cdot \frac{2}{2} \Rightarrow u = \varepsilon$

$C\varepsilon - \frac{2Cu}{2} = 0$

$C\varepsilon = Cu \Rightarrow u = \varepsilon$

☑ 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 продолжение 3

$p_x V_x + p_x V_{1x} = p_н V_{н1} + p_н V_н$

$V_1 + V_2 = const \Rightarrow V_x + V_{1x} = V_{н1} + V_н$

$p_x (\cancel{V_x + V_{1x}}) = p_н (\cancel{V_{н1} + V_н})$

$p_x = p_н \Rightarrow$ в процессе $p = const$.

Также если один из газов охладится на ΔT, то другой нагреется на ΔT, т.к. $-Q_1 = Q_2$; $A_1 = -A_2$.

№1 продолжение 1.

Так как неупругий, то проекция (её модуль) скорости на ось Oy не может увеличиться $\Rightarrow v_1 \cos\alpha + u > v_2 \cos\beta - u \Rightarrow 2u > v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha \Rightarrow u > \frac{v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha}{2}$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{4}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{7}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

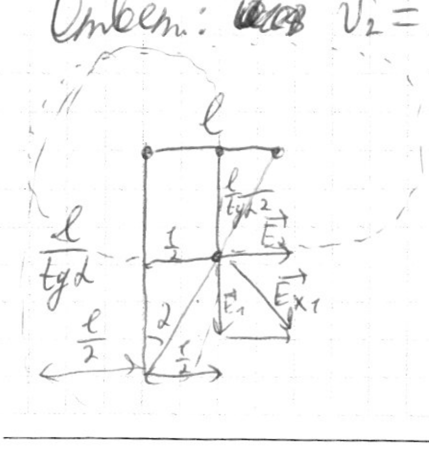
$u > \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2}$ м/с

$u > \frac{6\sqrt{3} - 2\sqrt{7}}{2}$ м/с

$u > 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с. $(3\sqrt{3} - \sqrt{7} > 0$, т.к. $\sqrt{3} > 1 \Rightarrow 3\sqrt{3} > 3$, $\sqrt{7} < 3)$

Ответ: $v_2 = 12$ м/с; $(3\sqrt{3} - \sqrt{7})$ м/с $< u < (6\sqrt{3})$ м/с

№3 продолжение



2) $\frac{\sigma \cdot l \cdot h}{\varepsilon_0} = E_1 \cdot S = E_1 \cdot h \cdot \left(2l + \frac{l}{tg\alpha \cdot 2} \cdot 2\pi\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E_1 \cdot \left(2 + \frac{2\pi}{tg\alpha}\right) \Rightarrow E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \left(2 + \frac{\pi}{tg\alpha}\right)}$

см. продолж. стр №9

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$\cancel{E_2}\; E_2 \cdot S_2 = \dfrac{\sigma \cdot h \cdot \frac{l}{tg\alpha}}{\varepsilon_0}$ (площадь слоя на $\frac{l}{tg\alpha}$, который содержит т.к.)

$$\frac{\sigma h \cdot l}{\varepsilon_0\, tg\alpha} = E_2 \cdot \left(2\frac{l}{tg\alpha} + \pi \cdot 2 \cdot \frac{l}{2}\right)h = E_2 \cdot \left(\frac{2l}{tg\alpha} + \pi l\right)h$$

$$E_2 = \frac{\sigma l}{\varepsilon_0\, tg\alpha\left(\frac{2l}{tg\alpha} + \pi l\right)} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0(2 + \pi\, tg\alpha)}$$

$$E_{x1} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\varepsilon_0(2 + \pi\, tg\alpha)}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon_0\left(2 + \frac{\pi}{tg\alpha}\right)}\right)^2} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{(2 + tg\alpha)^2} + \frac{1}{\left(2 + \frac{\pi}{tg\alpha}\right)^2}}$$

Ответ: $\eta = \sqrt{2}$; $E_{x1} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\dfrac{1}{(2 + tg\alpha)^2} + \dfrac{1}{\left(2 + \frac{\pi}{tg\alpha}\right)^2}}$.