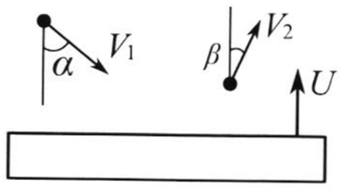
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-04

Шифр (заполняется секретарём)



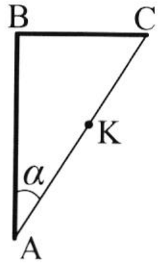
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{3}{5}\right)$ 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 аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

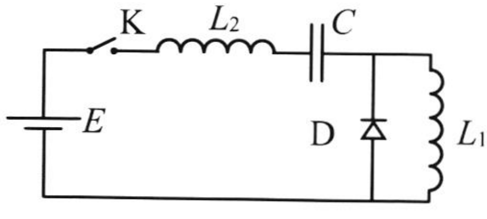
1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?



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?

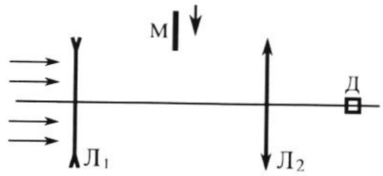
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

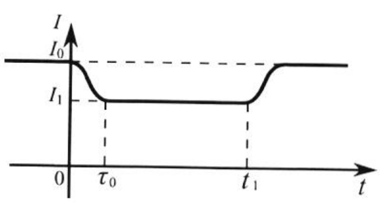


4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.

1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. 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 F_0 от $Л_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$.





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

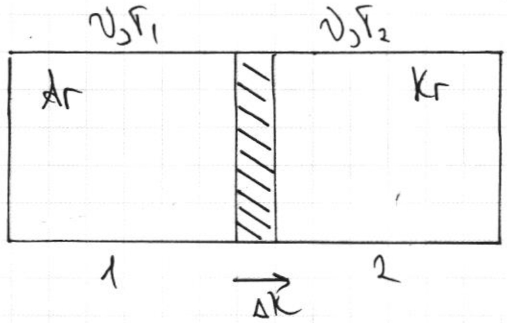
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



Дано: Ar – аргон, Kr – криптон; $T_1 = 320\,K$, $T_2 = 400\,K$; $\nu = \frac{3}{5}$ моль; $R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

Найти: 1) $\frac{V_1}{V_2}$ (V_1 – начальный объём Ar, V_2 – начальный объём Kr);

2) $T_к$ (установившаяся температура);

3) ΔQ_2 (кол-во теплоты, переданное криптоном аргону).

Решение:

1) P_1 – давление в камере 1, P_2 – давление в камере 2.

Т.к. поршень вначале не подвижен, то $P_1 = P_2$. Давление P_1 даёт Ar, P_2 – Kr. Тогда можно записать уравнение Менделеева–Клапейрона для них:

$$\left.\begin{array}{l} P_1 V_1 = \nu R T_1, \\ P_2 V_2 = \nu R T_2; \\ P_1 = P_2 \end{array}\right| \Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320\,K}{400\,K} = \frac{4}{5}.$$

2) Т.к. ~~поршень~~ сосуд теплоизолирован, а поршень пропускает тепло, то тепло от одного газа будет передаваться другому, т.е. $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ (где ΔQ_1 – тепло, полученное Ar, ΔQ_2 – Kr).

Тогда запишем первое начало термодинамики для Ar и Kr:

$\Delta Q_1 = A_1 + \Delta U_1$, ($A_1$ – работа Ar, ΔU_1 – изменение внутр. энергии Ar).

$\Delta Q_2 = A_2 + \Delta U_2$; ($A_2$ – работа Kr, ΔU_2 – изменение внутр. энергии Kr).

Продолжение задачи №2.

$A_1 = -A_2$, т.к. один газ расширяется на ΔV, а другой – сжимается на ΔV при равных давлениях.

Запишем УМК для Ar и Kr в конечных состояниях:

$$\left.\begin{aligned} P_1' &= \frac{\nu R T_K}{V_1'}, \\ P_2' &= \frac{\nu R T_K}{V_2'} \\ P_1' &= P_2'; \end{aligned}\right| \Rightarrow V_1' = V_2' \Rightarrow V_1' = V_2' = \frac{V}{2}$$, где P_1', P_2' – конечные давления Ar и Kr, V – объем сосуда;

З.к. $P_1' = \frac{2\nu R T_K}{V}$; При выравнивании температуры $P = const$, зн

$P_1' = P_1 \Rightarrow \frac{2\nu R T_K}{V} = \frac{\nu R T_1}{V_1}$; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}$ и $V_1 + V_2 = V \Rightarrow V_1 = \frac{4}{9}V$;

$\frac{2\nu R T_K}{V} = \frac{9\nu R T_1}{4V}$; $T_K = \frac{9T_1}{8} = \frac{9 \cdot 320K}{8} = 360K$.

3)

$\Delta Q_2 = \Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_1$; $\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_1)$, $A_1 = P_1 \Delta V = P_1(V_1' - V_1) = P_1\left(\frac{V}{2} - \frac{4}{9}V\right) = \frac{P_1 V}{18}$;

$\Delta Q_2 = \Delta Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_1) + \frac{P_1 V}{18} = \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_1) + \frac{V}{18}\frac{9\nu R T_1}{4V} = \frac{3}{2}\nu R \times$

$\times (T_K - T_1) + \frac{1}{8}\nu R T_1 = \nu R\left(\frac{3}{2}T_K - \frac{3}{2}T_1 + \frac{1}{8}T_1\right) = \nu R\left(\frac{3}{2}T_K - \frac{11}{8}T_1\right) =$

$= \frac{3}{5}$ моль $\times 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}\left(\frac{3}{2}360K - \frac{11}{8}320K\right) = \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot (540 - 440)$ Дж $=$

$= \frac{831 \cdot 6}{10}$ Дж $= 498{,}6$ Дж.

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}$; $T_K = 360K$; $\Delta Q_2 = 498{,}6$ Дж.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

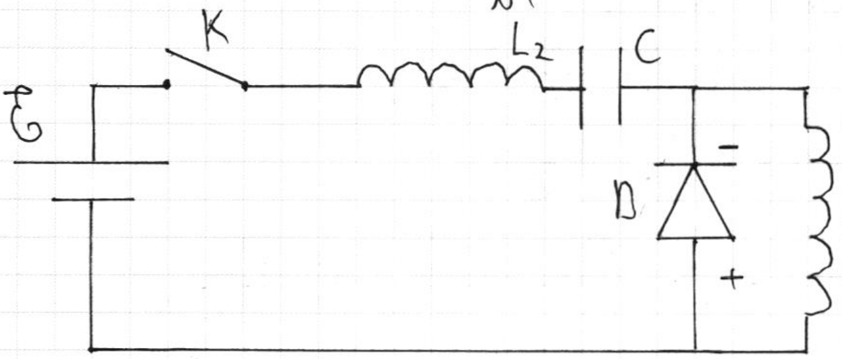
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



Дано: $\mathcal{E}$, C, $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$

Найти: 1) T; 2) I_{01}; 3) I_{02}.

Решение:

1) Т.к. диод подсоединён так, что заряд от источника через него не идёт (закрыт), а заряд от ЭДС индукции катушки L_1 идёт, то L_1 и D не будут участвовать в колебаниях.

Запишем второе правило Кирхгофа для колебательного контура:

$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + L_2 \dot{I}$; $\mathcal{E} = \frac{q}{C} + L_2 \ddot{q}$, q – заряд через $\mathcal{E}$.

$\ddot{q} + \frac{1}{CL_2}(q - \mathcal{E}C) = 0$; замена: $Q(t) = q(t) - \mathcal{E}C$;

Тогда: $\ddot{Q} = \ddot{q} \Rightarrow \ddot{Q} + \frac{1}{CL_2} Q = 0$; решением данного дифференциального уравнения является функция: $Q(t) = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$, где ω – циклическая частота колебаний и $\omega = \sqrt{\frac{1}{CL_2}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{CL}}$;

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 4\pi\sqrt{LC}$.

2) II правило Кирхгофа для контура без D:

$\mathcal{E} = \frac{q_2}{C} + L_2 \dot{I}_2 + L_1 \dot{I}_1$; q_2 – заряд через $\mathcal{E}$, I_1 – ток через L_1.

При I_1 max, т.е. $I_1 = I_{01}$, $\dot{I}_1 = 0$, зн. $L\dot{I}_{01} = 0$;

I правило Кирхгофа: $I_2 = I_1 \Rightarrow I_2 = I_{01}$ и $L_2 \dot{I}_2 = 0$.

Продолжение задачи №4.

Тогда $\mathcal{E} = \frac{q_2}{C} \Rightarrow q_2 = \mathcal{E}C$;

Запишем ЗСЭ для контура:

$A_\mathcal{E} = \Delta W_C + \Delta W_{L_1} + \Delta W_{L_2}$, где $A_\mathcal{E}$ – работа $\mathcal{E}$, $\Delta W_C, \Delta W_{L_1}, \Delta W_{L_2}$ – изменения энергии C, L_1 и L_2 соответственно.

$A_\mathcal{E} = \mathcal{E}\Delta q = \mathcal{E} q_2 = \mathcal{E}^2 C$; $\Delta W_C = \frac{\Delta q^2}{2C} = \frac{q_2^2}{2C} = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2}$;

$\Delta W_{L_1} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} = \frac{5LI_{01}^2}{2}$; $\Delta W_{L_2} = \frac{L_2 I_{01}^2}{2} = \frac{4LI_{01}^2}{2}$;

$\mathcal{E}^2 C = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} + \frac{5LI_{01}^2}{2} + \frac{4LI_{01}^2}{2}$; $\frac{\mathcal{E}^2 C}{2} = \frac{9LI_{01}^2}{2}$; $I_{01}^2 = \frac{\mathcal{E}^2 C}{9L}$;

$I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

3) Для нахождения максимального тока в L_2 вернёмся к уравнению колебаний:

$$\begin{cases} Q(t) = Q_0 \cos(\omega t + \varphi), \quad I(t) = -Q_0 \omega \sin(\omega t + \varphi). \\ Q(t) = q(t) - \mathcal{E}C; \end{cases}$$

Для нахождения Q_0 и φ используем начальные условия:

$$\left.\begin{array}{l} q(t_0) = 0, \text{ при } t_0 = 0 c \\ I(t_0) = 0, \text{ при } t_0 = 0 c \end{array}\right| \Rightarrow \left.\begin{array}{l} -\mathcal{E}C = Q_0 \cos\varphi \\ -Q_0 \omega \sin\varphi = 0, \end{array}\right| \Rightarrow \varphi = 0 \text{ и } Q_0 = -\mathcal{E}C.$$

Тогда сила тока в контуре: $I(t) = \mathcal{E}C\omega \sin(\omega t)$

Максимальное значение силы тока в катушке L_2, когда $\sin(\omega t) = 1$,

т.е. $I_{02} = \mathcal{E}C\omega = \mathcal{E}C \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{CL}} = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

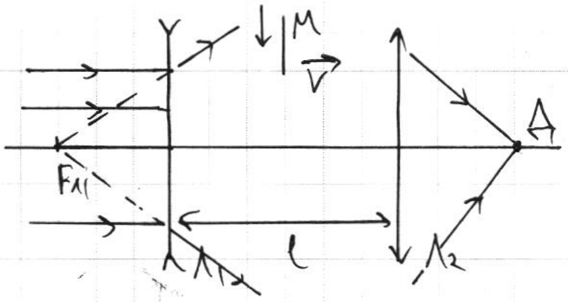
Ответ: $T = 4\pi\sqrt{LC}$; $I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$; $I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



Дано: $F_{Л1} = -2F_0$ (фокус первой линзы); $F_{Л2} = F_0$ (фокус второй линзы); $D_1 = D_2 = D$ (диаметры линз); $\mathbb{I} = const$ (интенсивность); $l = 2F_0$; $I \sim N$ (сила тока в детекторе и мощность света); $I_1 = \frac{7}{16} I_0$; τ_0

Найти: 1) d_{i2} (расстояние между $Л_2$ и Д); 2) V; 3) t_1.

Решение:

1) Параллельно падающие лучи на линзу собираются в её фокусе (в нашем случае в мнимом фокусе).

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d_{01}} + \frac{1}{d_{i1}} = \frac{1}{F_{Л1}};$$ d_{01} – расстояние от предмета до линзы, $d_{01} = \infty$; d_{i1} – расстояние от изображения до линзы.

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{d_{i1}} = \frac{1}{F_{Л1}}; \Rightarrow d_{i1} = F_{Л1} = -2F_0;$$

На линзу $Л_2$ будут падать лучи из ~~мнимого~~ источника, расположенного на $d_{02} = |d_{i1}| + l$ (расстояние между $Л_1$ и $Л_2$); $d_{02} = |d_{i1}| + l = 4F_0$.

Формула тонкой линзы для $Л_2$:

$$\frac{1}{d_{02}} + \frac{1}{d_{i2}} = \frac{1}{F_{Л2}} \Rightarrow d_{i2} = \frac{d_{02}F_{Л2}}{d_{02} - F_{Л2}} = \frac{4F_0^2}{4F_0 - F_0} = \frac{4}{3}F_0.$$

2) $I \sim N$, $N = \frac{E}{\tau}$; $\mathbb{I} = \frac{E}{S}$, т.е. $N = \frac{\mathbb{I}S}{\tau}$;

Пусть N_0 – начальная мощность ($I_0 \sim N_0$), а N_1 – мощность во время

Продолжение задачи №5

движения всей мишени М между линзами.

Тогда $I_1 \sim N_1$ и $\frac{7I_0}{16} \sim N_1 \Rightarrow N_1 = \frac{7}{16}N_0 = \frac{7}{16}\frac{\Pi S}{\Gamma}$;

Пусть S_1 - начальная площадь, S_2 - во время движения М между линзами, тогда $N_0 = \frac{\Pi S_1}{\Gamma}$, $N_1 = \frac{\Pi S_2}{\Gamma}$;

Следовательно, $\frac{\Pi S_2}{\Gamma} = \frac{\Pi S_1}{\Gamma}\frac{7}{16}$; $\Rightarrow S_2 = \frac{7}{16}S_1$; Пусть ~~l - ширина~~

r - радиус мишени М, тогда: $S_2 = S_1 - S_M$; $S_1 = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{4}$; $S_M = \pi r^2$;

$\frac{7}{16}S_1 = S_1 - S_M$; $S_M = \frac{9}{16}S_1$; $\pi r^2 = \frac{9}{16}\frac{\pi D^2}{4}$; $r = \sqrt{\frac{9D^2}{16\cdot 4}} = \frac{3D}{8}$;

За время τ_0 мишень М проходит расстояние $l = 2r$, тогда, т.к. её скорость V постоянна: $V = \frac{l}{\tau_0} = \frac{2r}{\tau_0} = \frac{3D}{4\tau_0}$.

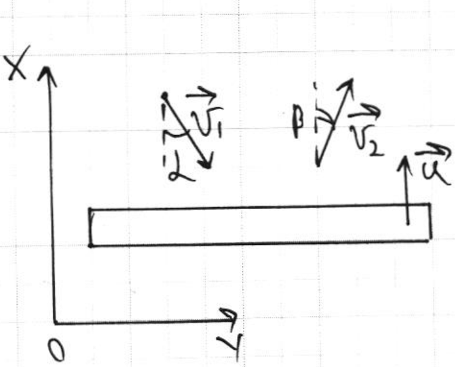
3) Ток I_1 в датчике тогда, когда мишень М полностью находится между линзами, т.е. она пройдёт $l_2 = D - 2r$ за время $t_1 - \tau_0$.

$V = \frac{l_2}{t_1 - \tau_0}$; $Vt_1 - V\tau_0 = l_2$; $t_1 = \frac{l_2 + V\tau_0}{V} = \frac{D - 2r + V\tau_0}{V} =$

$= \frac{D - \frac{3}{4}D + \frac{3}{4}D}{V} = \frac{D}{V} = \frac{D\,4\tau_0}{3D} = \frac{4}{3}\tau_0$.

Ответ: $d_{12} = \frac{4F_0}{3}$; $V = \frac{3D}{4\tau_0}$; $t_1 = \frac{4}{3}\tau_0$.

№1



Дано: $v_1 = 13\frac{м}{с}$; $\alpha(\sin\alpha = \frac{2}{3})$, $\beta(\sin\beta = \frac{3}{5})$

Найти: 1) v_2; 2) u.

Решение:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение задачи №1

1) Введём систему координат oXY в лабораторной системе отсчёта. В данном неупругом ударе не участвуют проекции скоростей v_1 и v_2 на ось Oy.

Тогда можно записать $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = \frac{2\cdot 5}{3\cdot 3}\cdot 18\frac{м}{с} = 20\frac{м}{с}$.

2) Перейдём в систему отсчёта, связанную с плитой. Тогда проекции скоростей v_1 и v_2 на Ox в данной системе отсчёта:

$$v_{1ш} = v_1\cos\alpha + u, \quad v_{2ш} = v_2\cos\beta - u;$$

ЗСИ: $p_1 = p_2 \Rightarrow m v_{1ш} = m v_{2ш}$; $\Rightarrow 2u = v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha$;

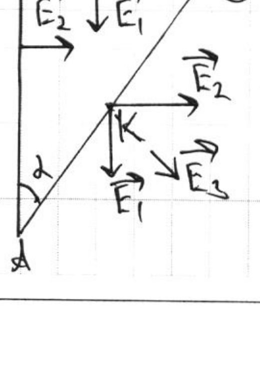
$u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$; $\sin\alpha = \frac{2}{3} \Rightarrow \cos\alpha = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$;

$\sin\beta = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos\beta = \pm\frac{4}{5}$;

Т.к. $u > 0$, то
$$\left[\begin{array}{l} u = \frac{1}{2}\left(20\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5} - 18\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}\right) = 8 - 3\sqrt{5}\ \frac{м}{с}, \\ u = \frac{1}{2}\left(20\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5} + 18\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}\right) = 8 + 3\sqrt{5}\ \frac{м}{с}, \end{array}\right.$$

Ответ: $v_2 = 20\frac{м}{с}$; $u = 8 - 3\sqrt{5}\frac{м}{с}$ или $u = 8 + 3\sqrt{5}\frac{м}{с}$.

№3



Дано: $AB \perp BC$, $AK = KC$; 1) $\sigma_{BC} = const$ (плотность заряда BC), $\alpha = \frac{\pi}{4}$; $\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$;
2) $\sigma_{BC} = \sigma_1 = \sigma$; $\sigma_{AB} = \frac{2\sigma}{7}$; $\alpha = \frac{\pi}{9}$

Найти: 1) $\frac{E_3}{E_1}$; 2) E_K.

Продолжение задачи №3.

1) E_1 – напряжённость BC, E_2 – напряжённость AD, E_3 – напряжённость в K поле заряда AD.

$$E_1 = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}; \quad E_2 = \frac{\sigma_{AD}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0} = E_1.$$

Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $\triangle ABC$ – р/б и $E_3 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2E_1^2} = E_1\sqrt{2}$;

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{E_1\sqrt{2}}{E_1} = \sqrt{2}.$$

Ответ: $\frac{E_3}{E_1} = \sqrt{2}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

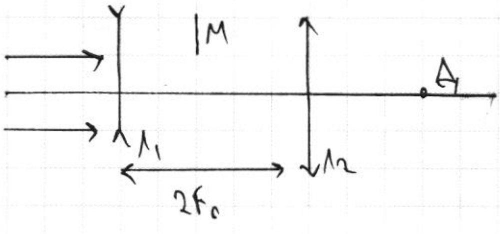
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



1) После прохождения $Л_1$ источником для $Л_2$ будет точка, куда сфокусируются падающие лучи.

$\frac{1}{d_0}+\frac{1}{d_1}=\frac{1}{F_1}$; $d_0=\infty$; $F_1=-2F_0$;

$d_1=F_1=-2F_0$;

После прохождения $Л_2$ лучи должны фокусироваться в точке D, т.е.:

$\frac{1}{d_{02}}+\frac{1}{d_{12}}=\frac{1}{F_2}$; $d_{02}=|d_1|+2F_0=4F_0$; $F_2=F_0$;

$d_{12}=\frac{d_{02}F_2}{d_{02}-F_2}=\frac{4F_0^2}{4F_0-F_0}=\frac{4F_0}{3}$;

2) $I\sim N$; I_1 или мощность минимальна в луже $\Rightarrow t_м=t_1-\tau_0$;

$I\sim N\sim v$; $N=Fv$; $I\downarrow\frac{7}{16}\Rightarrow N\downarrow\frac{7}{16}$

$N=\frac{E}{t}=\frac{I_л S}{t}$; $\frac{I_л S_2}{\cancel{t}}=\frac{7}{16}\frac{I_л S_1}{\cancel{t}}$; $S_2=\frac{7}{16}S_1$ $M=\frac{7}{16}D$ $v=\frac{M}{\tau_0}=\frac{7}{16}\frac{D}{\tau_0}$

3) $t_м=\frac{D}{v}$; $\Rightarrow t_1-\tau_0=\frac{D}{v}$; $t_1=\frac{D}{v}+\tau_0=\frac{16}{7}\tau_0+\tau_0=\frac{23}{7}\tau_0$.

$\frac{I_л S_2}{\cancel{t}}=\frac{7}{16}\frac{I_л S_1}{\cancel{t}}$

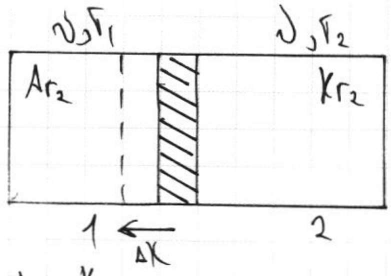
$S_2=\frac{7}{16}S_1$

$S_2=S_1-M$

$\frac{7}{16}S_1=S_1-M$;

$M=\frac{9}{16}S_1$

№2



1) $P_1=P_2$; т.к.; $P_1V_1=\nu RT_1$;

$P_2V_2=\nu RT_2$;

$\frac{\nu RT_1}{V_1}=\frac{\nu RT_2}{V_2}\Rightarrow\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{320K}{400K}=\frac{32}{40}=\frac{4}{5}$

2) Kr_2: $\Delta Q_2=A_2+\Delta U_2$;

Ar_2: $\Delta Q_1=A_1+\Delta U_1$; т.к. нагрев приводит тепло, то $\Delta Q_1=\Delta Q_2$;

$A_2+\Delta U_2=A_1+\Delta U_1$; $\Delta U_2=\frac{3}{2}\nu R(T_K-T_2)$; $\Delta U_1=\frac{3}{2}\nu R(T_K-T_1)$;

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$A_2 = P_2 \Delta V = P_2 \Delta V$; $A_1 = P_1 \Delta V$;

$\frac{3}{2}\nu R(T_k - T_2) + P_2 \Delta V = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1) + (-P_1 \Delta V)$;

$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$P_1 V_k = \nu R T_k$ $\Big| \Rightarrow P\Delta V = \nu R(T_k - T_1)$ $\frac{5}{2}\cancel{\nu R}(T_k - T_2) = \frac{1}{2}\cancel{\nu R}(T_k - T_1)$;

$5T_k - 5T_2 = T_k - T_1$;

$P(V) = \frac{\nu R T}{V}$;

$4T_k = 5T_2 - T_1$; $T_k = \frac{5T_2 - T_1}{4} =$

$\Delta Q = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_2) + A$

$= \frac{5 \cdot 400 - 320}{4} = 500 - 80 = 420$;

$\frac{4\nu R T_2}{5V}\left(\frac{5}{3}V - \frac{V}{2}\right)$

$5T_k - 5T_2 = T_1 - T_k$; $6T_k = 5T_2 + T_1$;

$\frac{3}{2}$

$\frac{3}{2}\nu R$ $- \frac{\nu R T_2}{n}$

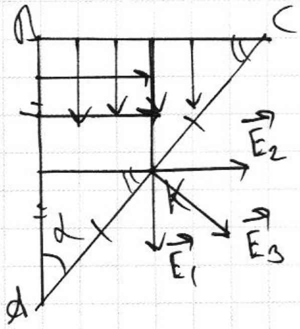
$\cancel{T_k = \frac{5T_2 + T_1}{6} = \frac{5 \cdot 400 + 320}{6}} =$

$\frac{3}{2}\cancel{\nu R}(\cancel{T_k} - T_2 - \cancel{T_k} + T_1) = \frac{\cancel{\nu R} T_2}{5}$

$15T_1 - 15T_2 = 2T_2$

№3

$15T_1 = 17T_2$



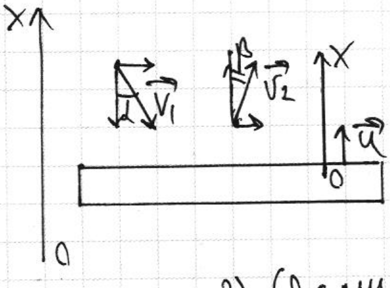
1) $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$;

$E_3 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma\sqrt{2}}{2\varepsilon_0}$ $\sigma = \frac{q}{S}$

$E \cos\frac{\pi}{4} = \frac{\sigma\sqrt{2}}{2\varepsilon_0}\frac{2}{\sqrt{2}} = 2E_1$;

2) $\sigma_1 = \sigma$; $\sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$; $\alpha = \frac{\pi}{9}$; S

№1



1) ЗСИ; $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$;

$V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = 18\frac{м}{с}\frac{2}{3}\frac{5}{3} = 20\frac{м}{с}$

2) СО с плитой;

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$;

$V_{ш1} = V_1\cos\alpha - u$; $V_{ш2} = V_2\cos\beta + u$;

~~$-mV_{ш1} = mV_{ш2}$; $V_{ш1} = -V_{ш2}$; $V_1\cos\alpha - u = -u - V_2\cos\beta$;~~

$\cos\beta = \frac{4}{5}$;

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

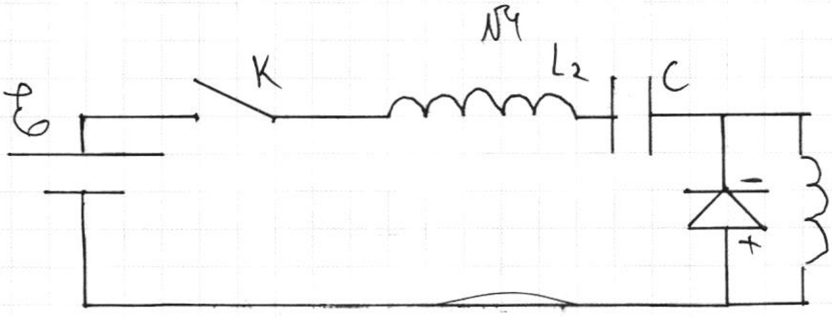
(Нумеровать только чистовики)

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

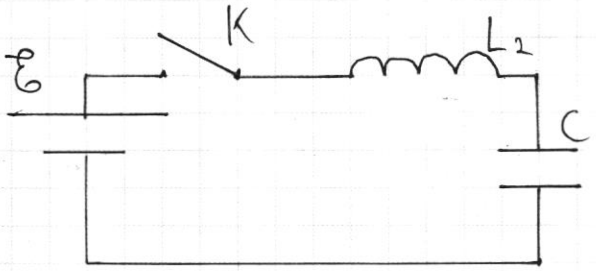
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



$L_1 = 5L,\ L_2 = 4L,\ C,\ \mathcal{E}$



1) Т.к. колебания в L_2, то Д и L_1 можно отбросить.

II правило Кирхгофа:

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

$\ddot{q} + \frac{1}{L_2 C}(q - \mathcal{E}C) = 0;$ замена: $Q(t) = q(t) - \mathcal{E}C;$ $\ddot{Q} + \frac{1}{L_2 C} Q = 0;$

Решение: $Q(t) = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$, где $\omega = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}} = \sqrt{\frac{1}{4LC}};$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{4LC} = 4\pi\sqrt{LC}.$

2) $I_{01} - max \Rightarrow \dot{I}_{01} = 0;$ $\mathcal{E} = L_2 \dot{I}_2 + \frac{q_2}{C};$ $\cancel{\mathcal{E} = \frac{q_{01}}{C}}$

$\mathcal{E}\Delta q = \frac{\Delta q^2}{2C} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$

$\mathcal{E}C$ $\quad \Delta q = C\mathcal{E}$

$W_K = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2}$

$\mathcal{E}^2 C = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2};$

$\frac{\mathcal{E}^2 C}{2} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2};$ $I_{01} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{L_1}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

$Q(t=0) = q - \mathcal{E}C = Q_0 \cos\varphi;$

$I(0) = -Q_0\omega \sin\varphi = 0;\ \varphi = 0;$

$Q_0 = -\mathcal{E}C,\ I_{max} = \mathcal{E}C\omega = \frac{\mathcal{E}C}{2}\frac{1}{\sqrt{LC}} =$

$= \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$\mathcal{E} = \cancel{3,38 \cdot 10^{-9}}$

$3,12 \cdot 10^{-12}$

$9 \cdot 10^{-9}$

☑ черновик ☐ чистовик

Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

№2

2) $P_1' = P_2'$; $\frac{\nu R T_K}{V_1'} = \frac{\nu R T_K}{V_2'} \Rightarrow V_1' = V_2'$;

$P_1' = \frac{2\nu R T_K}{V}$; $P_1 = \frac{\nu R T_1}{\frac{4}{9}V} = \frac{9\nu R T_1}{4V}$

$P_1 = \frac{9\nu R T_1}{4V}$, $p' = \frac{2\nu R T_K}{V}$

$\Delta U_2 - A_1 = \Delta U_1 + A_1$; $A_1 =$

$\frac{3}{2}\nu R(T_K - T_2) - \nu R(T_K - T_2) = \frac{5}{2}\nu R(T_K - T_1)$;

$T_K - T_2 = 5T_K - 5T_1$; $T_K = \frac{5T_1 - T_2}{4} = \frac{5\cdot \cancel{320}^{80} - \cancel{440}^{110}}{4} = 400 - 110 = 390$;

$A = \frac{1}{2}\Delta P \Delta V = \frac{1}{2}\left(\frac{9\nu R T_1}{4V} - \frac{2\nu R T_K}{V}\right)\left(\frac{V}{2} - \frac{4}{9}V\right)$;

$A = \frac{\nu R}{V}\left(\frac{9T_1}{8} - T_K\right)V\left(\frac{1}{2} - \frac{4}{9}\right) = \nu R \frac{1}{8}\cancel{\frac{9-8}{18}} = \cancel{\nu R \frac{1}{8}\frac{1}{18}}$; $\frac{\nu R}{18}\frac{9T_1 - 8T_K}{8}$

$\Delta U_2 = \Delta U_1 + 2A$; $\frac{3}{2}\cancel{\nu R}(T_K - T_2) = \frac{3}{\cancel{2}}\cancel{\nu R}(T_K - T_1) + \frac{9T_1 - 8T_K}{\cancel{4}_2}\frac{\cancel{\nu R}}{18}$

$3\cancel{T_K} - 3T_2 = \cancel{3T_K} - 3T_1 + \frac{T_1}{4} - \frac{8T_K}{36}$;

$\frac{9\nu R T_1}{4V} = \frac{2\nu R T_K}{V}$;

$\frac{4\cancel{8}T_K}{\cancel{36}_9} = 3T_2 - \frac{11T_1}{4}$; $T_K = \frac{27T_2}{4} - \frac{99T_1}{16} = \frac{27\cdot\cancel{440} - 99\cdot\cancel{320}}{\cancel{16}}$

$T_K = \frac{9T_1}{8} =$

$= \frac{\cancel{320}^{40}\cdot 9}{\cancel{8}} = 360$ V

1, 99, 20, 1980; 440, 2280, 1980, 720

$\frac{9\nu R T_2}{5V} = \frac{2\nu R T_K}{V}$; $T_K = \frac{9T_2}{10} = \frac{9\cdot 4\cancel{40}}{\cancel{10}}$

$\frac{1}{8} - \mathrm{k}$

$\frac{8}{\frac{4}{3}}$

$\frac{3}{2}\nu R(T_K - T_2) + P_2\Delta V = \Delta Q$

$P_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} = \frac{9\nu R T_2}{5V}$; $\Delta V = \frac{V}{2} - \frac{5V}{9} = \left(\frac{9-10}{18}\right)V = -\frac{1}{18}V$;

$A_2 = -\frac{9\nu R T_2}{5\cdot \cancel{18}_2} = -\frac{\nu R T_2}{10}$; $\Delta Q = \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_2) - \frac{\nu R T_2}{10} =$

$= \nu R\left(\frac{3}{2}(T_K - T_2) - \frac{T_2}{10}\right) = \nu R\left(\frac{3}{2}T_K - \frac{16T_2}{10}\right) = \frac{3}{5}\cdot 8{,}31\left(\frac{3}{\cancel{2}}\cdot\cancel{360}^{180} - \frac{16\cdot 4\cancel{40}}{\cancel{10}}\right)$

$\frac{\overset{3}{180}\cdot 3}{540}$ $\frac{\overset{3}{16}\cdot 40}{640}$ $\frac{831\cdot 3}{5} = \frac{831\cdot 6}{10}$ $\frac{831\cdot 6}{4986}$,

$540 - 440$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

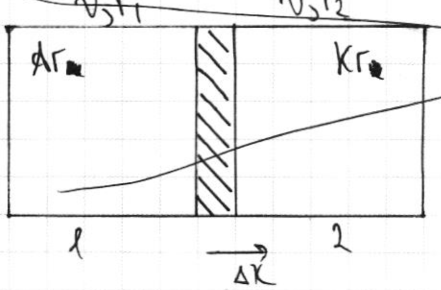
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

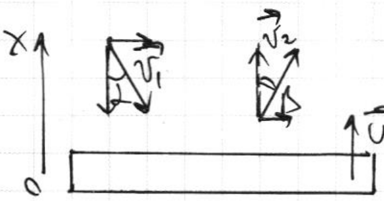
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



~~Дано: Ar_2 – аргон, Kr_2 – криптон~~



$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$;

$v_1 \cos\alpha + u \quad v_2 \cos\beta - u$

$mv_{1ш} = mv_{2ш} \quad v_1 \cos\alpha + u = v_2 \cos\beta - u$;

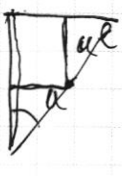
$2u = v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha$

$16 - 6\sqrt{3}$

$8 - 3\sqrt{3}$

$\frac{\cancel{2} \cdot 4}{16\,\cancel{8}} - \frac{\cancel{12}\sqrt{3}}{6\,\cancel{2}}$

$16 - 6\sqrt{3}$



$\frac{a}{b} = tg\alpha$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)