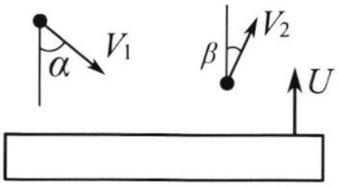
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)



1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ с вертикалью.

1) Найти скорость V_2.

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

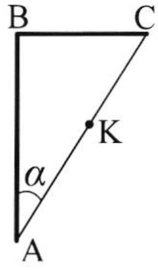
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 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 водорода и азота.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

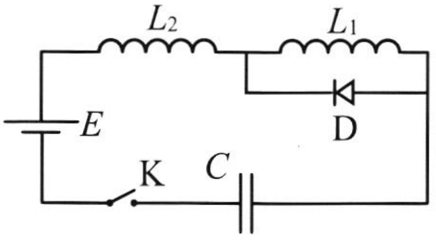
3) Какое количество теплоты передал азот водороду?



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.



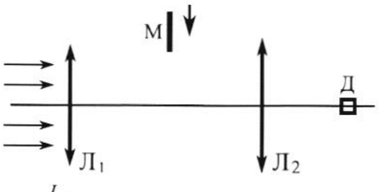
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

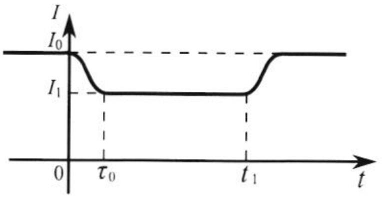
1) Найти период T этих колебаний.

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 фокусными расстояниями $3F_0$ 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). $I_1 = 5I_0/9$.





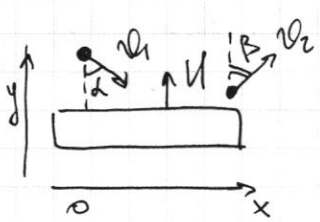
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

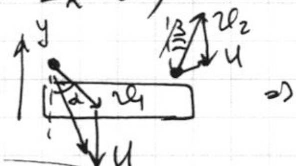
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



1) во время удара на шарик действовала только сила реакции опоры со стороны плиты, направленная $\perp$ поверхности $\Rightarrow$ т.к. из ЗСИ: $\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t \Rightarrow$ на $\vec{Ox}$: $p_{0_x} = p_{k_x} \Rightarrow$ $\vec{p} = m\vec{\vartheta} \Rightarrow p_{0_x} = m\vartheta_1 \sin\alpha$ $p_{k_x} = m\vartheta_2 \sin\beta \Rightarrow$ $m\vartheta_1\sin\alpha = m\vartheta_2\sin\beta \Rightarrow \vartheta_2 = U_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \Rightarrow \vartheta_2 = 12 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 = 18$ (м/с)

2) Удар неупругий $\Rightarrow$ происходит выделение теплоты при столкновении $\Rightarrow E_{шарика_0} > E_{шарика_к}$ $(ЗСЭ: E_0 = E_к + Q) \Rightarrow$ также для ЗСИ: $\vec{Oy}$: $|\vec{p_0}| > |p_к| \Rightarrow$ В СО плиты:



$\Rightarrow$

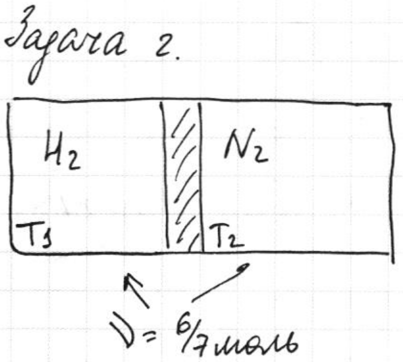
$\vartheta_1\cos\alpha + U > \vartheta_2\cos\beta - U \Rightarrow U > \frac{1}{2}(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha)$

$\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$ $\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow U > \frac{1}{2}\left(18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \Rightarrow U > 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3})$

При этом $\vartheta_2\cos\beta - U > 0$ (иначе в СО плиты скорость направлена в плиту – невозможно) $\Rightarrow U < \vartheta_2\cos\beta \Rightarrow U < 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} \Rightarrow U < 12\sqrt{2}$

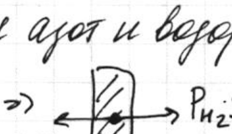
Ответ: 1) $\vartheta_2 = U_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18\ \frac{м}{с}$ 2) $\begin{cases} U > \frac{1}{2}(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha) \\ U < \vartheta_2\cos\beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U > 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \\ U < 12\sqrt{2} \end{cases}$

Задача 2.



1) т.к. $C_V = \frac{5R}{2}$, для обоих газов $\Rightarrow$ 5 степеней свободы $\Rightarrow$ молекулярные азот и водород.

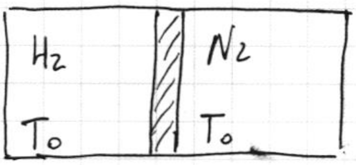
2) поршень подвижен $\Rightarrow$



при его равновесии $P_{N_2} = P_{H_2}$ $(a = 0)$

3) ~~Зако~~ Уравнение Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT \Rightarrow \begin{cases} P_{N_2}V_{N_2} = \nu_{N_2}RT_2 \\ P_{H_2}V_{H_2} = \nu_{H_2}RT_1 \end{cases}$

$\Rightarrow$ в начале $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$ 4) Когда $T_{H_2} = T_{N_2} \Rightarrow$



пусть установилась $T = T_0$ ⇒ т.к. в равновесии $P_{N_2}' = P_{H_2}'$ ⇒ $\begin{cases} P_{H_2}' \cdot V_{H_2}' = \nu R T_0 \\ P_{N_2}' \cdot V_{N_2}' = \nu R T_0 \end{cases}$ ⇒ $V_{H_2}' = V_{N_2}'$ ⇒

каждой газ занимает $\frac{1}{2}$ общего объёма. 5) Изначально $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{7}{11}$

⇒ $V_{N_2} = \frac{11}{7} V_{H_2}$ ⇒ $V_{N_2} + V_{H_2} = V_0$ (где V_0 – объём всего сосуда) ⇒

$\frac{11}{7} V_{H_2} + V_{H_2} = V_0$ ⇒ $\begin{cases} V_{H_2} = V_0 \cdot \frac{7}{18} \\ V_{N_2} = \frac{11}{18} V_0 \end{cases}$ 6) Сейчас $V_{H_2}' = \frac{1}{2} V_0$ ⇒

H_2: $\begin{cases} P_{H_2} \cdot \frac{7}{18} V_0 = \nu R T_1 \\ P_{H_2}' \cdot \frac{1}{2} V_0 = \nu R T_0 \\ P_{N_2} \cdot \frac{11}{18} V_0 = \nu R T_2 \\ P_{N_2}' \cdot \frac{1}{2} V_0 = \nu R T_0 \end{cases}$ ⇒ $\frac{P_{H_2}}{P_{H_2}'} \cdot \frac{7}{9} = \frac{T_1}{T_0}$; $\frac{P_{N_2}}{P_{N_2}'} \cdot \frac{11}{9} = \frac{T_2}{T_0}$ ⇒ (т.к. $P_{H_2} = P_{N_2}$, $P_{H_2}' = P_{N_2}'$) ⇒

⇒ $\frac{11}{9} \cdot \frac{9}{11} = \frac{T_2}{\cancel{T_0}} \cdot \frac{T_0}{T_1}$ 7) I Закон термодинамики: $Q = A_{газа} + \Delta U$

⇒ т.к. сосуд теплоизолированный ⇒ все выделяемое газами тепло не выходит наружу, а передается другому газу. Так же, т.к. температуры выравниваются медленно ⇒ 1)) $P_{H_2} = P_{N_2}$ – всегда ⇒

$A_{H_2} = -A_{N_2}$ ($\vec{F}_{H_2}$ на поршень $= -\vec{F}_{N_2}$) 2)) тепло выделяется при постоянном давлении ⇒ $Q = c_p \cdot \nu \cdot \Delta T$ ⇒ $P_{конеч.} = P_{нач.}$ (давление в сосуде не изменяется) ← иначе появилось бы ускорение поршня ⇒ для H_2: $\begin{cases} P_{H_2} \cdot \frac{7}{18} V_0 = \nu R T_1 \\ P_{H_2} \cdot \frac{1}{2} V_0 = \nu R T_0 \end{cases}$ ⇒ $\frac{7}{9} = \frac{T_1}{T_0}$ ⇒

$T_0 = \frac{9}{7} T_1 = \frac{9}{7} \cdot 350 = 450 (K)$

8) $Q = A + \Delta U$ для H_2: $A = P_{H_2} \cdot \Delta V$; $\Delta V = \frac{1}{2} V_0 - \frac{7}{18} V_0 = \frac{1}{9} V_0$

$P_{H_2} \cdot \frac{1}{2} V_0 = \nu R T_0$ ⇒ $P_{H_2} = \frac{2 \nu R T_0}{V_0}$ ⇒ $A = \frac{2 \nu R T_0}{V_0} \cdot \frac{V_0}{9} = \frac{2 \nu R T_0}{9}$; $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$

т.к. $c_v = \frac{5}{2} R = \frac{i}{2} R$ ⇒ $i = 5$ ⇒ $\Delta U = \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T_1)$ ⇒ $\cancel{Q_{N_2} = A_{N_2} + \Delta U_{N_2}}$

т.к. $Q_{H_2} + Q_{N_2} = 0$ ⇒ $Q_{N_2} = -Q_{H_2}$ ⇒ т.к. $Q_{N_2\,отданное} = -Q_{N_2} = Q_{H_2}$ ⇒

$Q_{N_2\,отданное} = \frac{2 \nu R T_0}{9} + \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T_1) = \frac{\nu R}{18}(49 T_0 - 45 T_1) = \frac{\frac{6}{7} \cdot 8{,}31}{18} \cdot (49 \cdot 450 - 45 \cdot 350) = \frac{8{,}31}{21} \cdot 50 \cdot 7 \cdot 9 (7 - 5) = 8{,}31 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 3 = 2493$ (Дж) $= \nu R T_1$ ← ($T_0 = \frac{9}{7} T_1$)

$c_p = c_v + R = \frac{7}{2} R$

$Q_N = \frac{7}{2} \nu R (T_0 - T_1) = \nu R T_1 = 2493$ Дж

Ответ: 1) $T_{H_2} / T_{N_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{11}$ 2) $T_{уст} = \frac{9}{7} T_1 = 450$ K

3) $Q_{N\,отд} = \cancel{\frac{\nu R}{18}(\ldots T_1)}$ $\nu R T_1 = 2493$ Дж

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

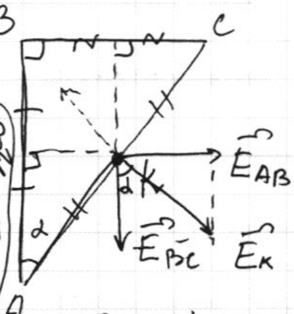
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3. 1) $E_{\text{бесконечной пласт.}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, $\sigma = \frac{q}{S} \Rightarrow \sigma_{BC}$;



$\Rightarrow E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0} \Rightarrow$ поле зарядки пластины AB, так же $\sigma_{BC} \Rightarrow E_{AB} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$ 2) $\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} \Rightarrow$

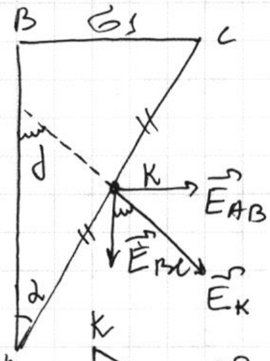
$\vec{E_K} = \vec{E_{AB}} + \vec{E_{BC}} \Rightarrow$ т.к. $\vec{E_{BC}} \perp \vec{E_{AB}}$ $((BC) \perp (AB))$

$\Rightarrow E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = E_{BC} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow E_K / E_0 = \sqrt{2}$

(точка K ∈ серединам к (AB) и (BC) $\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$)

точка K (равноудалена от краёв пластины)

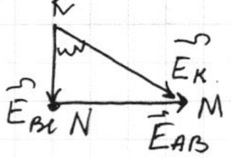
2)



$E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow$ т.к.

$\vec{E_{AB}} \perp \vec{E_{BC}} \Rightarrow E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{9\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} =$

$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+9} = \frac{\sqrt{10}\sigma}{2\varepsilon_0}$; найдём направление $\vec{E_K}$ относит AB: $\triangle KMN$:



$\sin\angle NKM = \frac{NM}{KM} = \frac{E_{AB}}{E_K} = \frac{\sigma \cdot 2\varepsilon_0}{2\varepsilon_0 \cdot \sqrt{10}\sigma} = \frac{1}{\sqrt{10}}$

$\angle NKM = \angle(\vec{E_K}; \vec{BA}) \Rightarrow$

Ответ: 1) $\frac{E_K}{E_0} = \sqrt{2}$

2) $E_K = \frac{\sqrt{10}\sigma}{2\varepsilon_0}$; $\angle(\vec{E_K}; BA) = \arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{10}}\right)$

Задача 4.

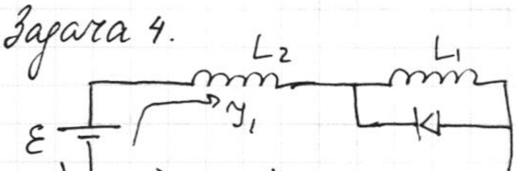
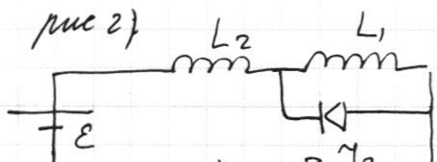


рис 1)

рис 2)



← здесь ток через $L_1 = 0$ (идёт через диод)

1) После замыкания, т.к. $U_{C_0} = 0 \Rightarrow$ ток по часовой стрелке (рис 1) $\Rightarrow$ диод закрыт $\Rightarrow$ 2) II правило Кирхгофа: $\mathcal{E} = L_2 \cdot \frac{dI_1}{dt} + L_1 \frac{dI_1}{dt} + U_C$

$U_C = q_1 / C$; $\frac{dI_1}{dt} = \ddot{q}_1 \Rightarrow \mathcal{E} = (L_2 + L_1)\ddot{q}_1 + \frac{q_1}{C} \Rightarrow \ddot{q}_1 + q_1 \cdot \frac{1}{C(L_2+L_1)} - \frac{\mathcal{E}}{L_2+L_1} = 0$

$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$. 3) т.к. период колебания заряда в данной цепи = период колебания тока ($I_1 = \dot{q}_1$) => $T_L = \sqrt{C(L_1+L_2)}\,2\pi$

левая обкладка конденсат.

$= 2\pi\sqrt{C\cdot 7L}$ 4) $q_1(t) = -\mathcal{E}C + Q_0\cos(\omega t)$, т.к. при $t=0$

$q_1 = 0$ ($U_C = 0$) => $Q_0 = \mathcal{E}C$ => $q_1(t) = -\mathcal{E}C + \mathcal{E}C\cdot\cos\left(\frac{1}{\sqrt{C\cdot 7L}}\cdot t\right)$ => (T/4)

$\dot{q}_1(t) = I_1(t) = -\mathcal{E}\cdot C\cdot\frac{1}{\sqrt{C\cdot 7L}}\cdot\sin\left(\frac{1}{\sqrt{7CL}}\cdot t\right)$ => $I_1 = max$, при $\sin(\omega t) = +1$ (знак „–" – просто направ.)

=> $|I_{1max}| = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{7LC}} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{7L}}$ 5) т.к. из ЗСЭ: $E_0 + A_{ист} =$

$= I^2\left(\frac{L_2}{2}+\frac{L_1}{2}\right)$ => при $\frac{I^2L_1}{2}\to 0$ => $\frac{I^2L_2}{2}\uparrow$, => рассмотрим случай, когда после конечной зарядки конденсатора ($q_1(T/2) =$ $= -2\mathcal{E}C$ – заряд на левой обкладке) => ток пойдёт против часовой стрелки => $I_{L_1} = 0$ (рис г) => II правило Кирхгофа:

$\mathcal{E} = U_C + L_2\cdot\frac{dI_2}{dt}$; $U_C = U_0 - q_2/C$; $U_0 = \frac{|q_1(T/2)|}{C} = 2\mathcal{E}$ =>

$\mathcal{E} = 2\mathcal{E} - \frac{q_2}{C} + L_2\cdot\ddot{q}_2$ ($-L_2\ddot{q}_2$, т.к. ток против часовой) =>

правая обкладка

$L_2\cdot\ddot{q}_2 + \frac{q_2}{C} - \mathcal{E} = 0$ => $\ddot{q}_2 + \frac{q_2}{L_2C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0$ => $q_2 = \mathcal{E}C + Q_0\cos(\omega_2 t)$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2C}}$; при $t=0$ => $q_2 = 2\mathcal{E}C$ => $q_2 = \mathcal{E}C + \mathcal{E}C\cos(\omega_2 t)$ =>

$I_2 = \dot{q}_2 = -\mathcal{E}C\cdot\frac{1}{\sqrt{L_2C}}\sin(\omega_2 t)$ => $I_{2max} = (\sin(\omega_2 t) = +1) =$ (T/4)

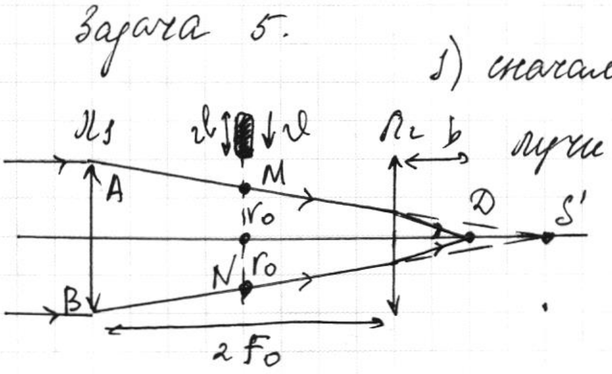
$= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}} > \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{7LC}$

2) $I_{1max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

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

Задача 5.



1) сначала свет проходит через Л1 и т.к лучи параллельно опт. оси => соберутся в (·)S', на фокусном расстоянии от линзы (= $3F_0$) => расстояние от S' до Л2 = $3F_0 - 2F_0 = F_0$ =>

2) формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$,

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

d – расстояние от S' до $Л_2 = -F_0$ (источник - мнимый)

b – расстояние между линзой и фотокатодом; $f = F_0 \Rightarrow$

$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{2}{F_0} \Rightarrow b = F_0/2$ 3) ток сначала падает, а потом в течение времени $= t_1 - \tau_0$ остается $= const \Rightarrow$ ток перестаёт падать, когда мишень полностью влетела в область хода лучей (отрезок MN на рисунке) и теперь при ее движении площадь перегораживаемого ей света $= const$. т.к. ток начал ↓ сразу $\Rightarrow$ при $t = 0$ нижний конец мишени был в (·) $M \Rightarrow$ если $2l$ – длина (диаметр) мишени $\Rightarrow 2l = \tau_0 \cdot v$. $I_{ток} \sim P_{света}$. ~~...~~ $\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_K}$,

где S_0 – площадь сечения пучка на расстоянии F_0 от $Л_1$; $S_K = S_0 - \pi l^2$, πl^2 – площадь мишени. ~~...~~ ($P_{света} = \frac{Q_{света}}{\Delta t}$ $Q_{света} \sim S \Rightarrow P_{света} \sim S$) $\Rightarrow$

$I_{тока} \sim S \Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_K} \Rightarrow \frac{S_0 - \pi l^2}{S_0} = \left(\frac{9}{5}\right)^{-1} \Rightarrow 1 - \frac{\pi l^2}{S_0} = \frac{5}{9} \Rightarrow$

$l = \sqrt{\frac{4}{9} \cdot \frac{S_0}{\pi}} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{S_0}{\pi}}$; из подобия $\Delta ABS'$ и $MNS' \Rightarrow \frac{D}{2r_0} = \frac{3F_0}{2F_0} \Rightarrow$

$r_0 = \frac{D}{3}$, где r_0 – радиус пучка площадью $S_0 \Rightarrow S_0 = \pi r_0^2 \Rightarrow$

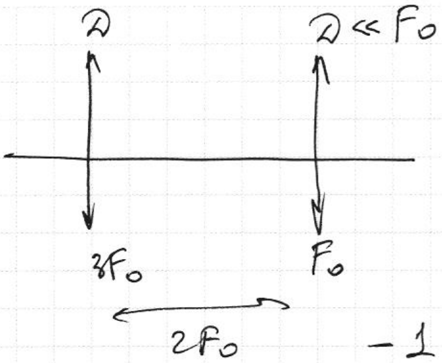
$S_0 = \frac{D^2}{9} \cdot \pi \Rightarrow l = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{D^2 \cdot \pi}{9\pi}} = \frac{2D}{9} \Rightarrow v = \frac{2l}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$; 4) время t_1 – время когда мишень начала выходить из пучка (нижний конец мишени в (·) N) $\Rightarrow v(t_1 - \tau_0) = MN - 2l = 2(r_0 - l) = 2 \cdot \frac{D}{9} \Rightarrow$

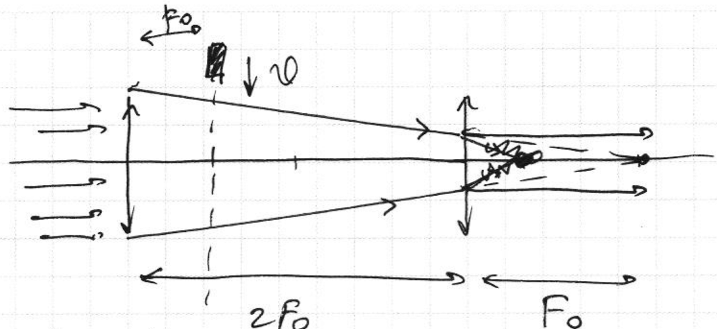
$t_1 = \frac{2D}{9v} + \tau_0 = \frac{2D \cdot 9\tau_0}{9 \cdot 4D} + \tau_0 = 1{,}5\tau_0$

Ответ: 1) $d = F_0/2$ 2) $v = \frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $t_1 = 1{,}5\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)





$$-\frac{1}{f_0}+\frac{1}{d}=\frac{1}{f_0}\Rightarrow\frac{1}{d}=\frac{2}{f_0}\Rightarrow d=\frac{f_0}{2}$$

$\Delta\varphi=\frac{\Delta W}{\Delta t}$ $\quad\frac{\Delta\varphi}{S}=E\Rightarrow W\sim S$ $\quad p=\frac{F}{S}$ $\quad p=\frac{Q}{\Delta t}\Rightarrow p\sim Q$

Q $\quad 3\sqrt{6}$

$+m v_1\cos\alpha+um+um+m v_2\cos\beta=N\cdot\Delta t$

$2u+(v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta)=N\Delta t/m$ $\quad 2u=N\Delta t-(v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta)$

$\cancel{Q=\frac{m}{2}(v_1^2-v_2^2)=}$ $\quad A-Q=\frac{m}{2}\cdot(v_2^2-v_1^2)$ $\quad A=N\cdot S$ $\quad S=\Delta t\cdot u\Rightarrow$

$N\cdot\Delta t\cdot u-Q=\frac{m}{2}(v_2^2-v_1^2)$ $\quad 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$ $\quad 6\sqrt{3}+6\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}$

$m(2u^2+u(v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta))-Q=\frac{m}{2}(v_2^2-v_1^2)$ $\quad 324-144=180$

$2u^2+u\cdot6(\sqrt{3}+2\sqrt{2})-Q/m=\frac{1}{2}\cdot180$

$2u^2+u\cdot6(\sqrt{3}+2\sqrt{2})-90\geq0$ $\quad D/4=9\cdot(3+8-6\sqrt{6})+90\cdot2=$

$=9(11-6\sqrt{6}+20)=9(31-6\sqrt{6})$ $\quad\frac{-6(\sqrt{3}+2\sqrt{2})+3\sqrt{31-6\sqrt{6}}}{2}$

$6\sqrt{2}-3\sqrt{3}$ $\quad\frac{9}{7}-1=\frac{2}{7}$ $\quad\frac{6}{7}\cdot8{,}31\cdot350=$

$12\sqrt{2}$

$=300\cdot8{,}31=2493$

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

$\frac{(2\mathcal{E})^2\cdot C}{2}-\mathcal{E}\cdot2\mathcal{E}C=\frac{1}{\sqrt{7LC}}\cdot\frac{I}{4}$

$2\mathcal{E}^2C-\mathcal{E}\cdot q-\frac{q^2}{2C}=E$

$x_0=\frac{\mathcal{E}C}{-1}=-\mathcal{E}C\Rightarrow E=2\mathcal{E}^2C+\mathcal{E}^2C-\frac{(2\mathcal{E}-U)^2C}{2}=$

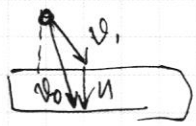
$=\frac{\mathcal{E}^2C}{2}=2{,}5\mathcal{E}^2C\Rightarrow LI^2=5\mathcal{E}^2C\Rightarrow I=\sqrt{\frac{5\mathcal{E}^2C}{L}}=\mathcal{E}\cdot\sqrt{5C}$

$12\sqrt{2}-6\sqrt{2}+3\sqrt{3}=6\sqrt{2}+3\sqrt{3}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

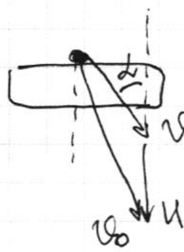
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$v_0^2 = v_1^2 + u^2 + 2 v_1 u \cos\alpha$

$v^2 = v_2^2 + u^2 - 2 v_2 u \cos\beta$



$v_0^2 \geq v^2$ ~~$v_1^2 + v_2^2$~~

$6 \cdot 2\sqrt{2} - 6\sqrt{3}$

$v_2^2 - v_1^2 \leq 2u(v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta)$

$6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$

$324 - 144 \leq 2u \cdot (6\sqrt{3} + 12\sqrt{2})$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

324
144
180

$15 \leq u(\sqrt{3} + 2\sqrt{2})$

$\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

90

$u \geq \frac{15}{\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}$

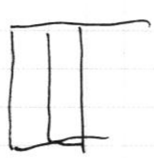
$\frac{5R}{2}$ $\quad 8,31 \times 3 = 24,93$

15

$\frac{V_{N_2}}{V_{H_2}} = 1$

$4T_0 + 48(T_0 - T_1)$

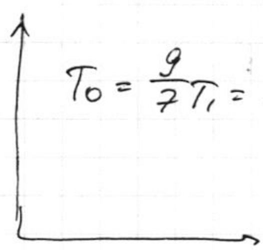
$v_2 \cos\beta = 12\sqrt{2}$ $\quad v_1 \cos\alpha = 6\sqrt{3}$



$\frac{7}{18} V_0 \cdot P_0 = \nu R T_1$

$\frac{1}{2} V_0 \cdot P = \nu R T_0$

$\Rightarrow \frac{7 P_0}{9 P} = \frac{T_1}{T_0}$



$T_0 = \frac{9}{7} T_1 = 450K$

$\frac{11}{18} V_0 \cdot P_0 = \nu R T_2$

$\frac{1}{2} V_0 \cdot P = \nu R T_0$

$\Rightarrow \frac{11 P_0}{9 \cdot P} = \frac{T_2}{T_0}$

$2\sqrt{2} \vee \sqrt{3}$

$A_{N_2} = -A_{H_2}$ $\qquad \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} + Q_{H_2} + Q_{N_2} = 0$

$Q_{H_2} = \Delta U_{H_2} + A_{H_2}$ $\qquad Q_{N_2} = \Delta U_{N_2} + A_{N_2} \Rightarrow Q_{N_2} + Q_{H_2} = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}$

$Q_{N_2} =$

$dQ_{N_2} = C_V \cdot \frac{\nu R T}{V}$ $\qquad Q = C_V \cdot \nu \cdot \Delta T$

$C_V \cdot \nu \cdot (T_0 - T_2) + C_V \cdot \nu \cdot (T_0 - T_1) =$

$\frac{15(\sqrt{3} + 2\sqrt{2})}{5}$

$\frac{5}{2} R \cdot \frac{6}{7} \cdot ((T_0 - T_1) + T_0 - T_2)) = ((T_0 - T_1) + T_0 - T_2)) \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{7}$

$v_2 \cos\beta - u < v_1 \cos\alpha + u$ $\qquad 2u > 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3})$

$Q_{N_2} = A_{N_2} + \Delta U_{N_2} = P_0 \cdot \Delta V + \Delta T.$

$49 \cdot \frac{9}{7} T_1 =$

$63 - 45 = 18$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)