Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

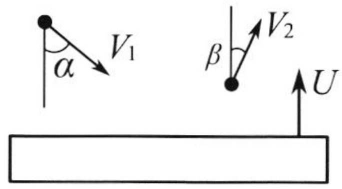
Класс 11

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.



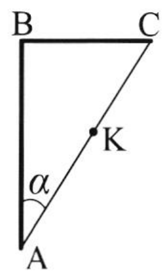
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

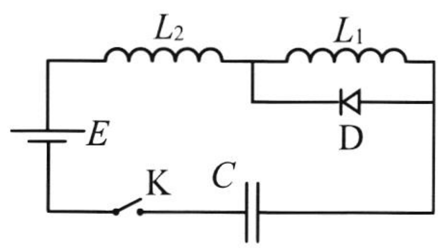
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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

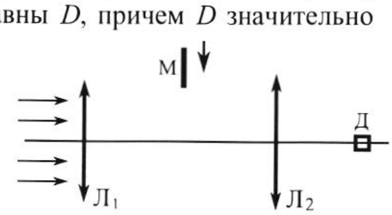
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1=3\sigma, \sigma_2=\sigma$, соответственно. Угол $\alpha=\pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

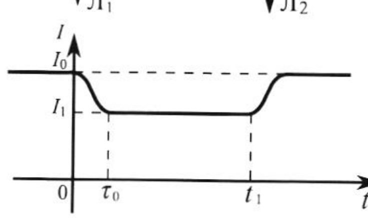
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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). $I_1 = 5I_0/9$.



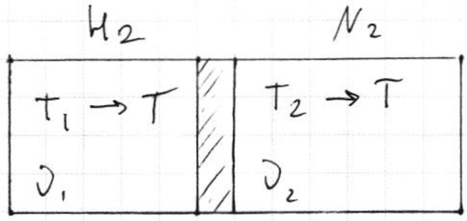


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



Система теплоизолирована, но поршень проводящий => N_2 будет передавать тепло H_2 за счёт разности температур. Нагреваясь, H_2 будет расширяться и совершать положительную работу. Процесс прекратится, когда температуры сравняются и станут равны T.

Изначально: поршень покоится => $p_1 = p_2$

$$p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1} \quad p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} \quad \Big\} \frac{\cancel{\nu_1 R} T_1}{V_1} = \frac{\cancel{\nu_2 R} T_2}{V_2} \quad \left[\nu_1 = \nu_2 = \nu \right]$$

$$(1) \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350\,K}{550\,K} = \frac{7}{11}$$

V_0 - объём сосуда: $V_0 = V_1 + V_2 = \frac{7}{11} V_2 + V_2 = \frac{18}{11} V_2 =>$

$=> V_2 = \frac{11}{18} V_0 \qquad V_1 = V_0 - V_2 = \frac{7}{18} V_0$

$$C_V = \frac{dQ}{\nu dT} = \frac{\overset{0}{\cancel{dA}} + dU}{\nu dT} = \frac{\frac{i}{2}\cancel{\nu} R \cancel{dT}}{\cancel{\nu dT}} = \frac{i}{2} R = \frac{5}{2} R => i = 5$$

Рассмотрим передачу тепла от N_2 к H_2:

dQ - тепло, полученное H_2

dV - изменение объёма H_2

dT_1 - изменение температуры H_2

dT_2 - изменение температуры N_2

$$dQ = dA_1 + dU_1 \qquad dQ = p_1 dV + \frac{5}{2}\nu R dT_1$$

$$-dQ = dA_2 + dU_2 \qquad -dQ = -p_1 dV + \frac{5}{2}\nu R dT_2$$

Поршень всегда находится в равновесии =>

$=> p_1 = p_2 = p_0 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1}$

Рассмотрим систему из 2 газов: H_2 и N_2:

сосуд теплоизолирован => $Q = 0$

Работы система не совершает $\Rightarrow A' = 0$

$\cancel{Q}^{\,0} = \cancel{A}^{\,0} + \Delta U$, где ΔU - изменение энергии системы

$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) = 0$,

T - конечная температура:

(2) $\cancel{\frac{5}{2}\nu R}(T - T_1) + \cancel{\frac{5}{2}\nu R}(T - T_2) = 0$

$2T = T_1 + T_2 \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350K + 550K}{2} = 450K$

Для H_2: $Q = A_1 + \Delta U_1$, где Q - тепло переданное от N_2

(следует из теплоизолированности сосуда; $|Q_1| = Q_2 = Q$)

$Q = A_1 + \Delta U = p_1 \Delta V + \frac{5}{2}\nu R \Delta T$

В установившемся режиме: $p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{\nu RT}{V_1} = \frac{\nu RT}{V_2}$

$V_1 = V_2 = \frac{1}{2}V_0 \Rightarrow \Delta V = \frac{1}{2}V_0 - \frac{7}{18}V_0 = \frac{1}{9}V_0$

$p_1 = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{\nu RT_1}{\frac{7}{18}V_0} = \frac{18}{7}\frac{\nu RT_1}{V_0}$

$A = p_1 \Delta V = \frac{\cancel{18}^{\,2}}{7}\frac{\nu RT_1}{\cancel{V_0}} \cdot \frac{1}{\cancel{9}}\cancel{V_0} = \frac{2}{7}\nu RT_1$

$\Delta T = T - T_1 = 450K - 350K = 100K$

(3) $Q = \frac{2}{7}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \nu R\left(\frac{2}{7}T_1 + \frac{5}{2}\Delta T\right) =$

$= \frac{6}{7}\text{моль} \cdot 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} (100K + 250K) = 2493\ \text{Дж}$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11}$;

2) $T = 450K$

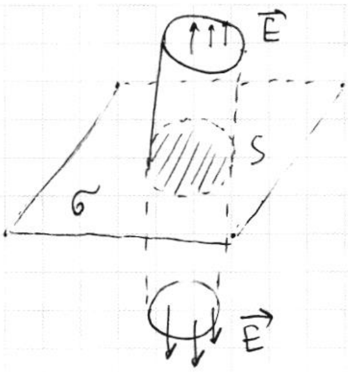
3) $Q = 2493$ Дж.

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 2

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



Рассмотрим поле бесконечной плоской пластинки:

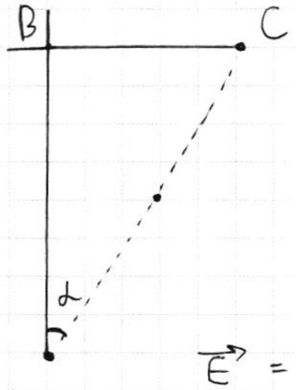
Из симметрии самой пластинки понятно, что её силовые линии поля перпендикулярны пластинке, и $|\vec{E}|$ одинаков на одинаковом расстоянии от пластинки:

выделим цилиндр, основание которого параллельны пластинке и находятся на равных расстояниях от неё:

$$\Phi = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow ES + ES = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 2E\cancel{S} = \frac{\sigma \cancel{S}}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0},$$

где σ - поверхностная плотность заряда пластин

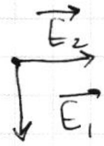
Полученный результат показывает, что поле бесконечной пластинки однородно и не зависит от расстояния до неё.



$\angle B = 90^\circ$ (т.к. $\perp$)

① $\sigma_{BC} = \sigma$ $\quad E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\sigma_{AB} = \sigma \Rightarrow$



По принципу суперпозиции (будет использоваться далее в решении:)

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB} \qquad \left.\begin{matrix}\vec{E}_{BC} \perp BC \\ \vec{E}_{AB} \perp AB\end{matrix}\right\} \Rightarrow \vec{E}_{AB} \perp \vec{E}_{BC}$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$$

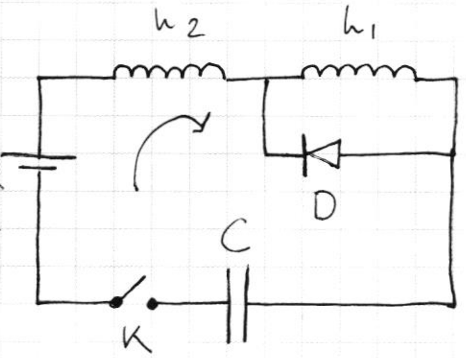
$$(1)\quad k = \frac{E}{E_1} = \frac{\frac{\cancel{\sigma}}{\cancel{2\varepsilon_0}}\sqrt{2}}{\frac{\cancel{\sigma}}{\cancel{2\varepsilon_0}}} = \sqrt{2}$$

② $\sigma_1 = 3\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$ $\qquad \vec{E} = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$; $\vec{E}_{BC} \perp \vec{E}_{AB} \Rightarrow E = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2}$

$$E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{5}{2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$$

Ответ: 1) $k = \sqrt{2}$ 2) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{5}{2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$.

4) 

$L_1 = 4L \quad L_2 = 3L$

После замыкания ключа ток пойдёт по часовой стрелке. Из-за этого через диод ток не идёт, т.е. он функционирует, как разрыв цепи.

Запишем II закон Кирхгофа:

$$\mathcal{E} - L_2\frac{dI}{dt} - L_1\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$$

q — заряд правой обкладки конденсатора

$I_1 = I_2 = I$, так как все элементы соед. последоват.

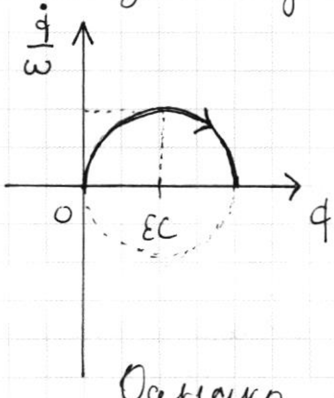
$$\frac{1}{C}q + (L_1+L_2)\ddot{q} = \mathcal{E}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_1+L_2)}q = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} \rightarrow \text{уравнение ГК}$$

$$q_0 = \frac{\mathcal{E}\cdot C\cancel{(L_1+L_2)}}{\cancel{(L_1+L_2)}\cdot 1} = \mathcal{E}C \text{ — равновесное значение}$$

После замыкания $\begin{matrix} q=0 \\ I=0 \end{matrix}$, $q_0 = \mathcal{E}C$

Фазовая диаграмма этих колебаний:



Период этих колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega} =$

$= 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{7LC}$ (1)

$\frac{\dot{q}}{\omega} = \frac{I}{\omega} \Rightarrow I_{m1} = \omega A = \omega\mathcal{E}C =$

$= \mathcal{E}C\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$ (2)

Однако, при $\begin{matrix} q=2\mathcal{E}C \\ I=0 \end{matrix}$ схема меняется. Ток должен идти против часовой, а к L_1 параллельно подсоединён идеальный диод: $U_D = 0 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow$ $\Rightarrow I_1 = const = 0$. Так, при $\dot{q} < 0$: $I_1 = 0$.

1) убеждаемся, что $I_{m1} = \max I$
2) диод D и L_1 в новой схеме играют роль соединительного провода

II закон Кирхгофа для новой схемы:

$$\mathcal{E} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\ddot{q} + \frac{1}{L_2 C} q = \frac{\mathcal{E}}{L_2}$ → уравнение ГК

$q_0 = \frac{\mathcal{E}\cdot \cancel{L_2} C}{\cancel{L_2}\cdot 1} = \mathcal{E}C \Rightarrow A = 2\mathcal{E}C - \mathcal{E}C = \mathcal{E}C$

$I = \dot{q} \Rightarrow I_{m2} = \omega A = \omega\mathcal{E}C = \mathcal{E}C\cdot\sqrt{\frac{1}{L_2 C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} =$

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

Для L_1: $[0; \frac{T}{2}]$: $I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

$[\frac{T}{2}; T)$: $I_1 = const = 0$

Для L_2: $[0; \frac{T}{2}]$: $I_{m2} = I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

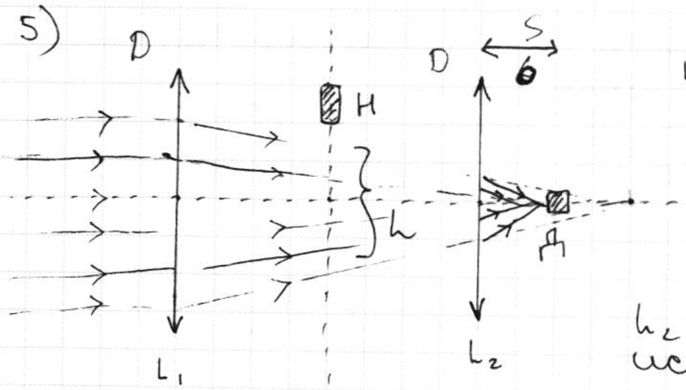
$[\frac{T}{2}; T)$: $I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$ | $I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

Ответ: 1) $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{7LC}$.

2) $I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$.

3) $I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

5)



1) найдём S:

для L_1: $\frac{1}{\cancel{L}} + \frac{1}{d} = \frac{1}{3F_0}$

$L \to \infty$ $\quad d = 3F_0$

$L_1L_2 = 2F_0 \Rightarrow$ для линзы L_2 сформировался мнимый источник на расстоянии $a = d - 2F_0 = 3F_0 - 2F_0 = F_0$

для L_2: $-\frac{1}{a} + \frac{1}{б} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{б} = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{F_0} = \frac{2}{F_0} \Rightarrow б = \frac{F_0}{2}$

По условию свет фокусируется в Д $\Rightarrow S = б = \frac{F_0}{2}$ (1)

Известно, что $I \sim P = \frac{dW}{dt}$, где dW - переносимая светом энергия. Перекрывая часть светового

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

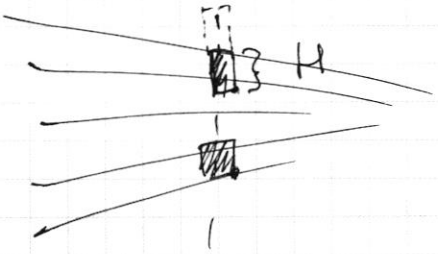
потока, пластинка уменьшает ~~[illegible]~~ падающую на Д мощность, тем самым уменьшая ток.

Пусть h - ширина потока в месте, где перемещается пластинка.

Из подобия: $\frac{D}{3F_0} = \frac{h}{2F_0} \Rightarrow h = \frac{2}{3}D$

На графике $I(t)$ сначала уменьшается, потом = const, и снова увеличивается.

Первый участок соответствует началу заезда пластинки, когда часть загораживаемого потока меняется



Заходя в поток, она загораживает $\frac{I_0 - I_1}{I_0} = 1 - \frac{I_1}{I_0} = \frac{4}{9}$ части потока.

значит, что $\frac{H}{\frac{2}{3}D} = \frac{3H}{2D} = \frac{4}{9} \Rightarrow 27H = 8D$

$$H = \frac{8}{27}D$$

Свою длину пластинка проходит за τ_0:

$$v = \frac{H}{\tau_0} = \frac{8D}{27\tau_0} = \frac{8D}{27\tau_0}$$

За время $t_1 - \tau_0$ $I = const \Rightarrow$ вся пластинка в световом потоке: $v(t_1 - \tau_0) = h - H$

$$t_1 - \tau_0 = \frac{\frac{2}{3}D - \frac{8}{27}D}{v} = \frac{\frac{10}{\cancel{27}}D \cdot \cancel{27}\tau_0}{8D} = 1,25\tau_0$$

$$t_1 = 1,25\tau_0 + \tau_0 = 2,25\tau_0.$$

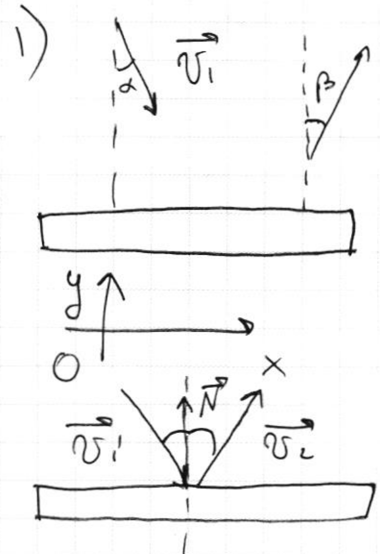
Ответ: 1) $s = \frac{F_0}{2}$. 3) $t_1 = 2,25\tau_0$.

2) $v = \frac{8D}{27\tau_0}$.

* так как интенсивность света одинакова в сечении, $I(\tau_0) = I(t_1)$, что считается при расчёте v и t, *

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

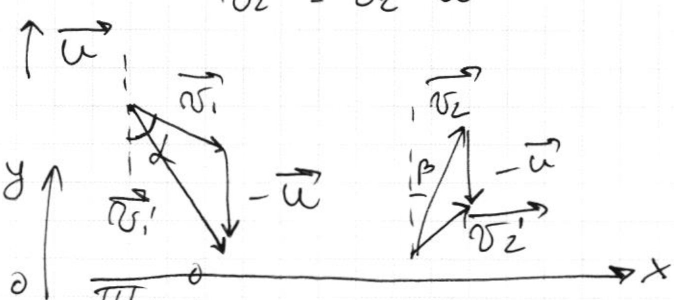
1)



Перейдём в С.О. плиты:

$\vec{v_1}' = \vec{v_1} - \vec{u}$

$\vec{v_2}' = \vec{v_2} - \vec{u}$



Так как пластина гладкая, трения нет $\Rightarrow \frac{dp_x}{dt} = 0$, $\vec{N} \parallel Oy$

В с.о. плитки $\vec{v_1}'$ и $\vec{v_2}'$ – скорости до и после удара. $\frac{dp_x}{dt} = 0 \Rightarrow p_x = const$

Ox: $\cancel{m}v_1'{}_x = \cancel{m}v_2'{}_x$

$v_1'{}_x = v_1 \sin\alpha$ $\quad v_2'{}_x = v_2 \sin\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta}$ (1)

$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{12 \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 12 \frac{м}{с} \cdot \frac{3}{2} = 18 \frac{м}{с}$

Движение стоит рассматривать в с.о. пластины, так как она очень массивна.

После удара в этой с.о. $v_2'{}_y \geq 0$, иначе шарик как бы "застрянет" в плите

$v_2'{}_y = v_2 \cos\beta - u \geq 0 \Rightarrow u \leq v_2 \cos\beta$

$\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

(2) $u \leq v_2 \cos\beta = \cancel{18}^{6} \frac{м}{с} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\cancel{3}} = 12\sqrt{2} \frac{м}{с} \Leftrightarrow u \leq 12\sqrt{2} \frac{м}{с}$

Так $|\vec{v_2}| > |\vec{v_1}|$; $2\vec{u} - \vec{v_1} > 0 \Rightarrow$ 1) $u > 0$

при $u = 0$ $\sin\alpha = \sin\beta$; $v_1 = v_2 \Rightarrow u > 0$.

Рассмотрим минимальное значение u:

ЗСЭ использовать не можем, т.к. удар неупругий, и количество ~~выделенной~~ энергии, превратившейся в тепло или излучение нам неизвестно.

Удар неупругий $\Rightarrow$ в с.о. пластинки шарик энергию теряет $\Rightarrow |\vec{v_1}'| > |\vec{v_2}'|$

$v_{1y}' = v_1 \cos\alpha + u$ $\qquad$ $v_{1x}' = v_1 \sin\alpha$

$v_{2y}' = v_2 \cos\beta - u$ $\qquad$ $v_{2y}' = v_2 \sin\beta$

$$v_1' = \sqrt{v_{1x}'^2 + v_{1y}'^2} = \sqrt{v_1^2 \sin^2\alpha + v_1^2\cos^2\alpha + u^2 + 2v_1\cos\alpha u} =$$

$$= \sqrt{v_1^2 + u^2 + 2uv_1\cos\alpha}$$

$$v_2' = \sqrt{v_{2x}'^2 + v_{2y}'^2} = \sqrt{v_2^2\sin^2\beta + v_2^2\cos^2\beta + u^2 - 2uv_2\cos\beta} =$$

$$= \sqrt{v_2^2 + u^2 - 2uv_2\cos\beta}$$

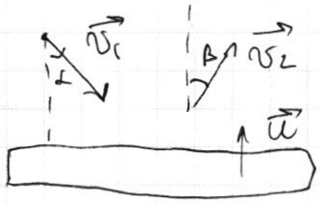
$|\vec{v_1}| > |\vec{v_2}| \Leftrightarrow v_1^2 > v_2^2$

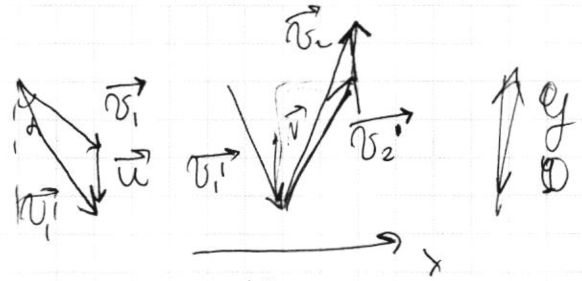
$v_1^2 + \cancel{u^2} + 2uv_1\cos\alpha > v_2^2 + \cancel{u^2} - 2uv_2\cos\beta$

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

$$u > \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)} \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$Ox:\ \frac{\Delta p}{\Delta t} = \cancel{N\Delta}\,0 \Rightarrow m v'_{1x} = m v'_{2x}$$

$$\cancel{m} v_1 \sin\alpha = \cancel{m} v_2 \sin\beta$$

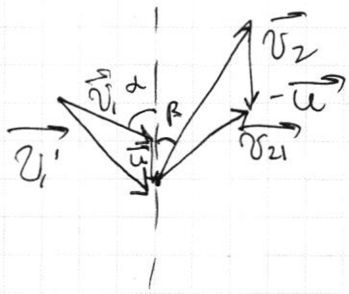
$$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$$

$$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\,\frac{м}{с} \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18\,\frac{м}{с}$$

$$Oy:\ m v'_{2y} - (-m v'_{1y}) = N\Delta t \qquad v'_{2y} = v_2\cos\beta - u$$

$$m(v'_{2y} + v'_{1y}) = N\Delta t \qquad v'_{1y} = v_1\cos\alpha + u$$

$$m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) = \underline{N\Delta t}$$

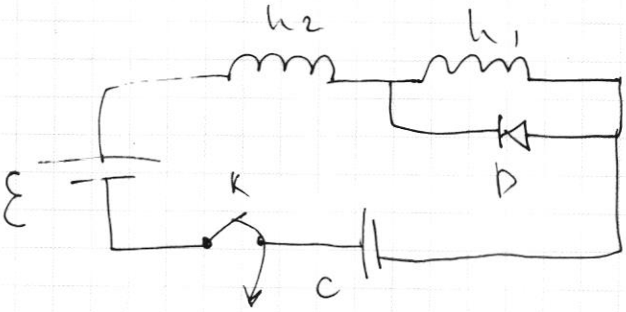


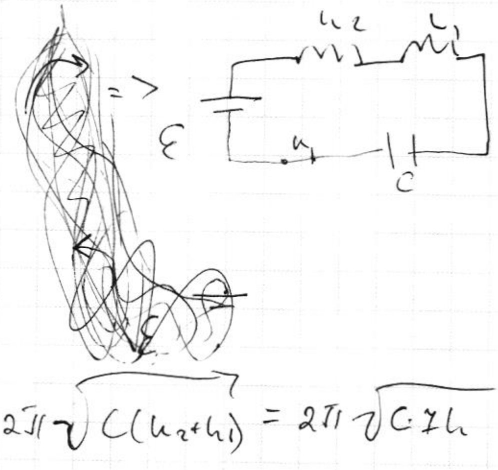
$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{u}$$

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_{21} + \vec{u}$$

$$\Delta K = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2} = FS = Nu\,dt =$$

$$v_2^2 - v_1^2 \qquad = \cancel{m}2(v_1\cos\beta + v_2\cos\beta)u$$

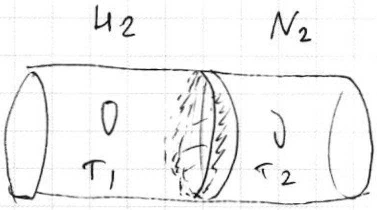




$$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + L_2\frac{di}{dt} + L_1\frac{di}{dt}$$

$$\frac{1}{C}q + (L_2 + L_1)\ddot{q} = \mathcal{E} \qquad T = 2\pi\sqrt{C(L_2+L_1)} = 2\pi\sqrt{C\,7L}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_2+L_1)}q = \frac{\mathcal{E}}{L_2 L_1} \qquad q_0 = \mathcal{E}C\,\cancel{(\ldots)}$$



$C_V = \frac{dQ}{\nu dT} = \frac{\cancel{p dV}^{0} + \frac{i}{2}\nu R dT}{\nu dT} = \frac{i}{2}R = \frac{5}{2}R \Rightarrow i = 5$

$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow$ $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = V_1 \frac{T_2}{T_1} =$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350K}{550K} = \frac{7}{11}$ (1)

$Q = \Delta U_1 + A'$

$-Q = \Delta U_2 - A'$

$\frac{5}{2}\nu R(T_1 - T) + \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T) = 0$

$2T = T_1 + T_2$

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350K + 550K}{2} = 450K$ (2)

$p_1 \frac{V_0}{2} = \nu R T$ (1)

$p_1 \frac{V_0}{2} = \nu R T$ (2)

$p = \frac{\nu R T}{V_1} = \frac{\nu R T}{V_2} \Rightarrow V_1 = V_2$

$N_2 \to H_2 \to Q = A_1 + \Delta U_1$ $\nu R\left(\frac{5}{2}\Delta T\right) + \frac{i}{7} + 1) =$

$-Q = A_2 + \Delta U_2$

$-Q = -A_1 + \Delta U_2$

$= \frac{6}{7} \cdot 8{,}31\,(250 + 100)$ 350 400 8

$V_0 = V_1 + V_2 = V_1\left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right) = V_1\left(\frac{T_1 + T_2}{T_1}\right) = V_1 \cdot \frac{900}{350} = \frac{18}{7} V_1$

$V_1 = \frac{7}{18} V_0$ $V_2 = \frac{11}{18} V_0$

$\cancel{p\,d\frac{7}{18}V}$

$-dQ = -p_2 dV - \frac{5}{2}\nu R dT$

$dQ = p_1 dV + \frac{5}{2}\nu R dT$

$\frac{9}{4} + \frac{1}{4}$ $\frac{q^2}{\varepsilon_0}$

$p_1 = p_2 \Rightarrow \underline{p = const}$

$\frac{10}{4}$ $\frac{q^2}{\varepsilon_0}$ $\frac{5}{2}$ $\frac{q^2}{\varepsilon_0}$

$p = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$A_1 = p\Delta V = \frac{\nu R T_1}{V_1} \cdot \Delta V = \frac{\nu R T_1}{7 V_0} \cdot 18 \cdot \frac{1}{9} V_0 = \frac{2}{7}\nu R T_1$

$\Delta V = \frac{9}{18}V_0 - \frac{7}{18}V_0 = \frac{1}{9}V_0$ $V_1 = \frac{7}{18}V_0$ $\Delta U_1 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1)$

$Q = \Delta U_1 + A = \frac{5}{2}\nu R T - \frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{2}{7}\nu R T_1 =$ $\frac{4}{14} - \frac{35}{14} = -\frac{31}{14}$

$-\frac{31}{14} \cdot \frac{6}{7} \cdot R \cdot 350 = \frac{31 \cdot 150}{7} \cdot R + \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{7} R \cdot 450 =$

7

$312 \,|\, 7$ 44 28 32 -28 4

$\cancel{250 \cdot \frac{6}{7} R + \frac{12}{7} \cdot 350R}$

$\times 150$ 11 R

$\frac{50}{7}R(300 + 12)$

$\times 150$ $\times 15$ $1650R$

$\frac{6}{7}R\,350$

$= \frac{R}{7} \cdot (31 \cdot 150 + 15 \cdot 450) =$

$= \frac{150R}{7}(31 + 45)$

76

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

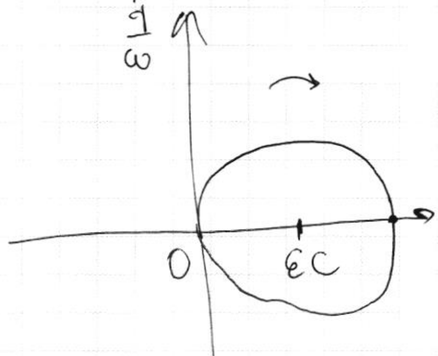
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

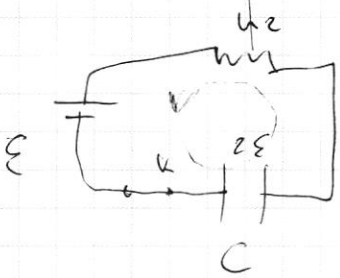
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\frac{I_m}{\omega} = \mathcal{E}C$

$I_m = \mathcal{E}C\omega = \mathcal{E}C\cdot\sqrt{\frac{1}{C(L_2+L_1)}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

D-ug $\Rightarrow U_1 = 0 \Rightarrow \frac{dI_1}{dt} = 0 \Rightarrow \underline{I_1 = 0}$



$\mathcal{E} - L\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$

$L\ddot q + \frac{1}{C}q = \mathcal{E}$

$\ddot q + \frac{1}{L_2C}q = \frac{\mathcal{E}}{L_2} \qquad q_0 = \mathcal{E}C$

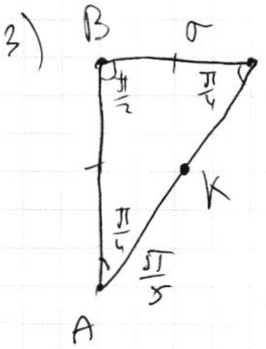
$\omega = \sqrt{\frac{1}{L_2C}}$

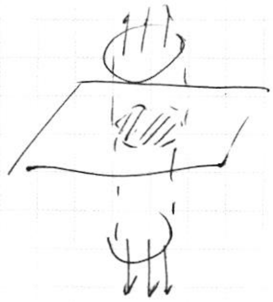
$$\begin{array}{r} 550 \\ +350 \\ \hline 900 \end{array} \quad 900 : 2 = 450$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$\frac{I_m}{\omega} = \mathcal{E}C \Rightarrow I_{m2} = \mathcal{E}C\omega = \mathcal{E}C\sqrt{\frac{1}{L_2C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

3)





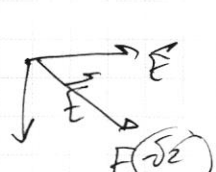
$2ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0} \qquad E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

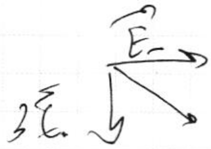
$\frac{2}{7}\cdot 350$

$E_1 = 3E_2 \qquad \frac{5}{2}\cdot 100$

$E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$\frac{350\cdot 6}{7} = 300$

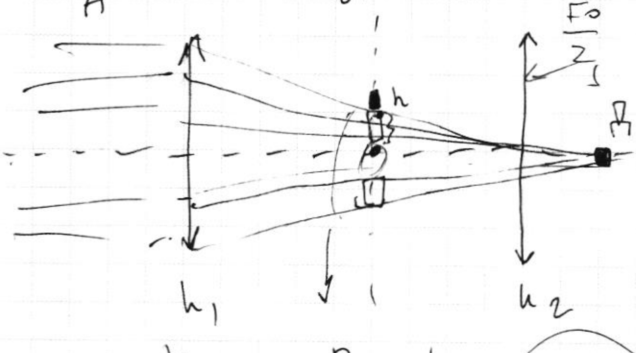




$E = E_2\sqrt{10} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{10}$

$v = \frac{h}{\tau_0}$

$v = \frac{8D}{27\tau_0}$



$\frac{1}{\cancel{\infty}} + \frac{1}{d} = \frac{1}{3F_0} \qquad d = 3F_0$

$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F_0} \qquad \frac{1}{L} = \frac{2}{F_0} \qquad L = \frac{1}{2}F_0$

D $\qquad \frac{D}{3F_0} = \frac{h}{2F_0} \qquad h = \frac{2}{3}D$

блок $E = \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{3h}{2D} = \frac{4}{9}$

$27h = 8D$

$h = \frac{8D}{27}$

$t_1 - \tau_0 = \frac{\frac{2}{3}D - 2h}{2} = \frac{\frac{18}{27}D - \frac{16}{27}D}{v} = \frac{\frac{2}{27}D}{v} = \frac{2}{27}D\cdot\frac{27\tau_0}{8D} = \frac{1}{4}\tau_0 \qquad t_1 = \frac{5}{4}\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)