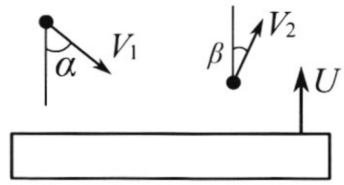
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-02**

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ 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 $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



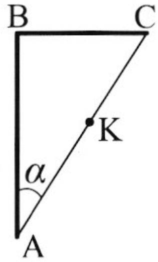
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ 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 гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

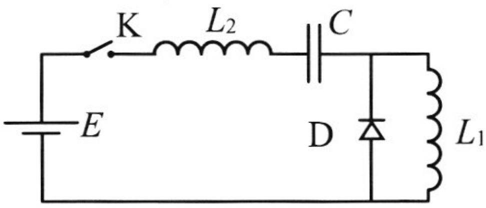
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

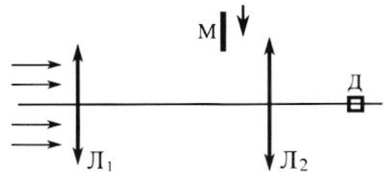
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

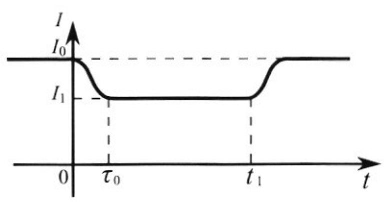
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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 F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. 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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





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 № 2

~~Дано~~:

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

$T_1 = 330K$

$T_2 = 440K$

$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

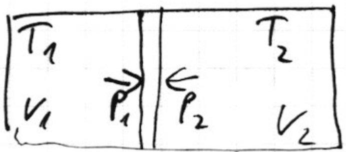
1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) T_0 - ?

3) Q - ?

Решение:

1)



Т.к трения в поршне нет, то ~~р~~ по Второму закону Ньютона равновесие имеет вид: $p_1 \cdot S = p_2 \cdot S$, где S - поперечное сечение поршня, т.е $p_1 = p_2 = p_0$

Ур-ие Менделеева - Клапейрона:

(2) $p_0 V_1 = \nu R T_1$

(3) $p_0 V_2 = \nu R T_2$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}$ (1)

2) Температуры газов выравниваются. Неон отдает тепло гелию. Т.к. процесс не быстрый, то он проходит с постоянным давлением т.е все процессы изобарные $p_0 = const$, тогда ~~Ур-ие Менделеева Клапейрона имеют вид~~ p_0 исходя из ур-ия равновесия:

$p_1' = p_2' = p_0$, т.к $p_0 = const$, то

$\frac{\nu R T_0}{V_1'} = \frac{\nu R T_0}{V_2'} \Rightarrow V_1' = V_2' = \frac{V_0}{2}$, где

V_0 - полный объем сосуда, т.е. $V_0 = V_1 + V_2 = \frac{3}{4}V_2 + V_2 = \frac{7}{4}V_2$ (из ур-ия (1)), тогда имеем $V_1' = V_2' = \frac{7}{8}V_2$ или ур-ие Клапейрона-Менделеева имеют вид:

$$\frac{7}{8}P_0 V_2 = \nu R T_0$$, где подставив из ур-ия (3)

$$\frac{7}{8}\nu R T_2 = \nu R T_0 \Rightarrow T_0 = \frac{7}{8}T_2 = 385\,K$$

3) Т.к. процесс изобарный, то гелий совершает работу $A = P_0 \Delta V_2 = P_0\left(\frac{7}{8}V_2 - \frac{3}{4}V_2\right) = \frac{P_0 V_2}{8}(7-6) = \frac{\nu R T_2}{8}$

Первое начало термодинамики:

$$\Delta U = Q - A \Rightarrow Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1) + \frac{\nu R T_2}{8} = \nu R\left(\frac{3}{2}\left(\frac{7}{8}T_2 - \frac{3}{4}T_2\right) + \frac{T_2}{8}\right) = \frac{\nu R T_2}{8}\left(\frac{3}{2} + 1\right) = \frac{5}{16}\nu R T_2$$

$$Q = \frac{5}{16}\nu R T_2 = \frac{5}{16} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{25} \cdot 440 = 274{,}23\text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$; 2) $T_0 = \frac{7}{8}T_2 = 385K$

3) $Q = \frac{5}{16}\nu R T_2 = 274{,}23$ Дж

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

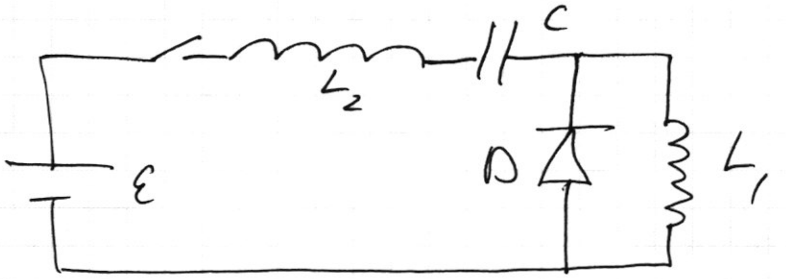
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 4

Дано:
$L_1 = 3L$
$L_2 = 2L$
$C \quad \mathcal{E}$

1) T – ?
2) I_{01} – ?
3) I_{02} – ?

Решение:



1) В начальный момент ток будет постепенно увеличиваться. Второй закон Кирхгофа будет иметь вид

$$\mathcal{E} = U_{L_2} + U_C + U_{L_1} = 2L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} + 3L\frac{dI}{dt}$$

Т.к $\frac{dI}{dt} = \ddot{q}$, то $\mathcal{E} = 5L\ddot{q} + \frac{q}{C}$

$$\ddot{q} + \frac{1}{5LC}(q - 5LC\mathcal{E}) = 0$$

Пусть $y(q) = q - 5LC\mathcal{E}$, тогда $\ddot{y} = \ddot{q}$, т.е

$\ddot{y} + \frac{1}{5LC}y = 0$, тогда $\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{5LC}}$, откуда период $T_1 = 2\pi\sqrt{5LC}$; решением этого дифференциального ур-ия $y(t) = A_1 \sin\omega_1 t$,

или же $q_1(t) = 5LC\mathcal{E} + A\sin\omega_1 t$ (1)

Однако через время $t_1 = \frac{T_1}{2}$, ток по катушке идти не будет, т.к. он недиод параллельно с диодом, тогда второй закон ~~Кирхгофа~~ Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = U_{L2} + U_C$$

$$\mathcal{E} = 2L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{2LC}(q - 2LC\mathcal{E}) = 0,$$

решая аналогично получаем:

$$q_2(t) = 2LC\mathcal{E} + A_2 \sin w_2 (t - t_1), \text{ где}$$

$$w_2 = \sqrt{\frac{1}{2LC}}, \text{ т.е } T_2 = 2\pi\sqrt{2LC}$$

Через время $t_2 = \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{2LC}$ мы вернемся в изначальное состояние, т.е период колебаний $T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{2}+\sqrt{5}) = \approx 3{,}8\pi\sqrt{LC}$

2) Ток будет максимальным, когда конденсатор полностью зарядится до заряда $q_{01} = C\mathcal{E}$, тогда закон сохранения энергии для цепи:

$$A_Б = \Delta W_L + \Delta W_C, \text{ где } A_Б = \mathcal{E}\Delta q = C\mathcal{E}^2$$

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{2LI_{01}^2}{2} + \frac{5LI_{01}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}, \text{ при } t = \frac{t_1}{2}$$

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

3) Максимальный ток найдем аналогичным образом только для времен $t > t_1$, но $t < T$, т.е закон сохранения энергии:

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{2I_{02}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{2}+\sqrt{5}) \approx 3{,}8\,\pi\sqrt{LC}$

2) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$; 3) $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

Задача № 5

Дано:

F_0, $\frac{F_0}{3}$,

$L = \frac{3}{2}F_0$, D

$D \ll F_0$

$f_M = \frac{5}{4}F_0$

$I_1 = \frac{8}{9}I_0$

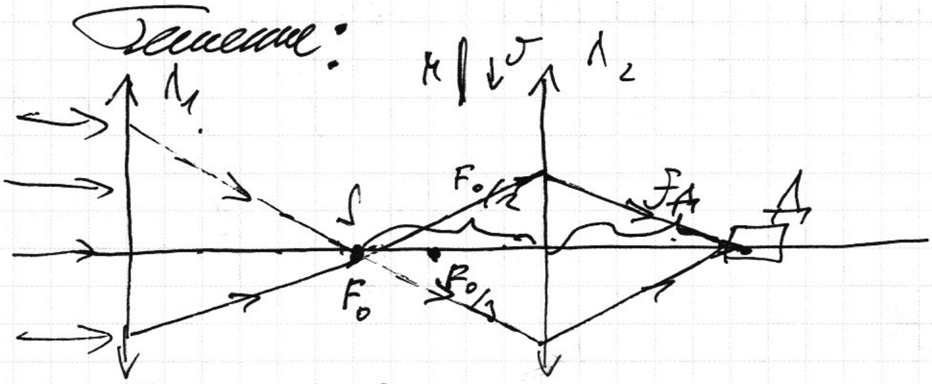
τ_0

1) $f_Д$ - ?

2) ϑ - ?

3) t_1 - ?

Решение:



1) Пучок света из линзы ~~для~~ Л1 будет фокусирован в точке F_0, тогда можно представление его как эквивалентный источник S на расстоянии от линзы Л2 равном

$d = L - F_0 = F_0/2$, тогда по формуле тонкой линзы:

$$\frac{3}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_Д} \Rightarrow \frac{1}{f_Д} = \frac{1}{F_0}(3-2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_Д = F_0$$

2) Найдём размер ~~пучк~~ области пучка света,

через которое проходит линейка по формуле ~~тонкой линзы~~ увеличение:

$\cancel{\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F_м}}$ ~~, где~~ ~~b~~ - расстояние

(1) $\Gamma = \frac{H}{D} = \frac{F_к}{d}$, где d - расстояние от линзы $Л_1$ до эквивалентного источника размера D, H - размер области пучка, находящегося на расстоянии $F_м$

формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{4}{5F_0} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{1}{5F_0}(5-4) \Rightarrow d = 5F_0,$$

т.е увеличение $\Gamma = \frac{5F_0}{4 \cdot 5F_0} = \frac{1}{4} = 0{,}25$, т.е

$$H = \frac{1}{4}D$$

Т.к Интенсивность Света $I \sim S$ - площадь пучка, тогда справедлива пропорция:

$$\begin{aligned} I_0 &- \tfrac{1}{4}\pi H^2 \\ \Delta I &- \tfrac{1}{4}\pi D'^2 \end{aligned} \Rightarrow D'^2 = \frac{\Delta I H^2}{I_0}, \text{ где}$$

$\Delta I = I_0 - I_1 = \frac{I_0}{9}$, т.е $D' = \sqrt{\frac{H^2}{9}} = \frac{H}{3} = \frac{D}{12}$, значит за время τ, линейка проходит расстояние равное ~~$2H$~~ ~~$\frac{D}{4}$~~ также $D' = \frac{D}{12}$, т.е скорость $v = \frac{D'}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$

3) t_1, найдем из аналогичных соображений:

$t_1 = \tau_0 + \Delta t$, где Δt линейка проходит расстояние $\Delta l = H - 2D'$, ~~так~~ при этом она

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

находится в зоне пучка II, т.е

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{v} = \frac{\frac{D}{4} - \frac{2D}{12 \cdot 6}}{D/12\tau_0} = \frac{\frac{12}{24}(6-4)\tau_0 D}{D} =$$

$= \frac{1}{2} 2\tau_0 = \tau_0$, тогда $t_1 = 2\tau_0$

Ответ: 1) $f_A = F_0$ 2) $v = \frac{D}{12\tau_0}$ 3) $t_1 = 2\tau_0$

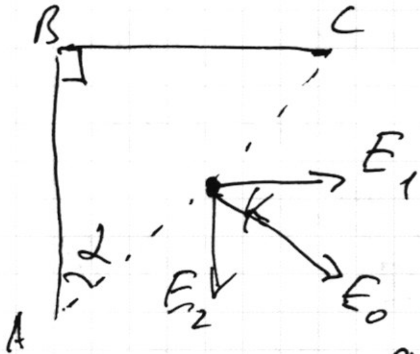
Задача № 3

Дано:
$\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$
$\alpha_2 = \frac{\pi}{8}$
$\sigma_1 = 4\sigma$
$\sigma_2 = \sigma$

1) $\frac{E_0}{E_1}$ -?
2) E_K -?

Решение:

1) Найдем напряженность пластины BC по теореме Гаусса:



$$\oint_S E_1 dS = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 2E_1 S = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E_1 = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$$

Пусть поверхностный заряд $\sigma = \frac{q}{S}$, тогда $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45°$, то $BC = AC$, тогда напряженность будет так же равна $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, т.к. $AB \perp BC$, то вектора складываются по теореме Пифагора:

$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\varepsilon_0}$, тогда $\frac{E_0}{E_1} = \sqrt{2}$

2) Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{8}$, то $BC = tg\frac{\pi}{8} AB$,

Пусть площадь пластин $S_{AB} = a \cdot AB$; $S_{BC} = a \cdot BC$, тогда из условия:

$\sigma = \frac{q_{AB}}{a AB} = \frac{1}{4} \frac{q_{BC}}{A\,tg\frac{\pi}{8} \cdot a} \Rightarrow q_{AB} = \frac{q_{BC}}{4\,tg\frac{\pi}{8}}$,

где $q_{BC} = 4\sigma S_{BC} = 4\sigma a\, tg\frac{\pi}{8} AB$, тогда

т.к. пластинки соединены, то заряды должны равномерно распределиться по пластинам, то по сохранению заряда

ЗСЗ: $q_{AB} + q_{BC} = 2q \Rightarrow q = \frac{4\,tg\frac{\pi}{8} + 1}{8\,tg\frac{\pi}{8}} q_{BC} =$

$= \frac{(4\,tg\frac{\pi}{8} + 1)}{2} \sigma a AB$, тогда напряженность равна: ~~$E_1 = E_2 = \frac{q}{2\varepsilon_0}$~~

$E_{AB} = \frac{q}{2\varepsilon_0 a \cdot AB} = \frac{(4\,tg\frac{\pi}{8} + 1)\sigma}{4\varepsilon_0}$

$E_{BC} = \frac{q}{2\varepsilon_0 a \cdot AB\,tg\frac{\pi}{8}} = \frac{(4\,tg\frac{\pi}{8} + 1)\sigma}{4\varepsilon_0\, tg\frac{\pi}{8}}$

Аналогично первому пункту

$E_k = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{(4\,tg\frac{\pi}{8} + 1)\sigma}{4\varepsilon_0\, tg\frac{\pi}{8}} \sqrt{tg^2\frac{\pi}{8} + 1} =$

$= \frac{(4\,tg\frac{\pi}{8} + 1)\sigma}{4\varepsilon_0 \sin\frac{\pi}{8}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Вк $\sin\frac{\pi}{8} = \sin 2\frac{\pi}{4} = 2\sin\frac{\pi}{4}\cdot\cos\frac{\pi}{4} = 2\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} = 1$~~

~~$\cos\frac{\pi}{8} = \cos 2\frac{\pi}{4}$~~

Воспользуемся формулой половинного угла:

$$\cos^2\frac{\pi}{8} = \frac{1+\cos\frac{\pi}{4}}{2} = \frac{1+\frac{\sqrt{2}}{2}}{2} = \frac{2+\sqrt{2}}{4}$$

$$\cos\frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2}$$

$$\sin^2\frac{\pi}{8} = \frac{1-\cos\frac{\pi}{4}}{2} = \frac{2-\sqrt{2}}{4} \Rightarrow \sin\frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{2}$$

тогда $\operatorname{tg}\frac{\pi}{8} = \frac{\sin\frac{\pi}{8}}{\cos\frac{\pi}{8}} = \frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{\sqrt{2+\sqrt{2}}} \approx \frac{1}{\sqrt{6}} \approx \frac{1}{2{,}4} \approx 0{,}4$, а $\sin\frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{2} \approx 0{,}1$,

тогда $E_K \approx \frac{(4\cdot 0{,}4+1)\sigma}{4\varepsilon_0\cdot 0{,}1} = 6{,}5\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $E_K = \frac{(4\operatorname{tg}\frac{\pi}{8}+1)\sigma}{4\varepsilon_0\sin\frac{\pi}{8}} = 6{,}5\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 1

Дано:

$\vartheta_1 = 6\ \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

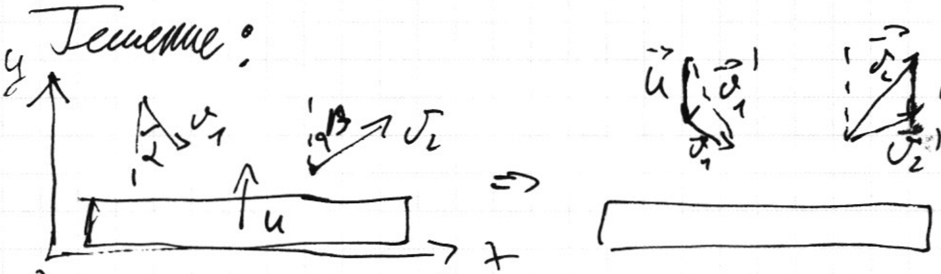
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

$V = const$

1) ϑ_2 — ?

2) V — ?

Решение:



1) Перейдем в систему относительно массивной доски, тогда

$\vartheta_{1y} = \vartheta_1 \cos\alpha + u$

$\vartheta_{2y} = \vartheta_2 \cos\beta + u$

Т.к система замкнута, то можно воспользоваться законами сохранения, т.к система инерциальная. Пусть масса шарика m и масса доски M где $m \ll M$. ЗСИ:

Ox: $m\vartheta_{1x} = m\vartheta_{2x} \Rightarrow \vartheta_1 \sin\alpha = \vartheta_2 \sin\beta$,

т.е $\vartheta_2 = \vartheta_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 = 12\ \frac{м}{с}$

2) $\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \frac{1}{3}\sqrt{9-4} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

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

В момент удара будут действовать силы реакции опоры и по закону изменения импульса справедливо:

Oy: $dp_y = F\,dt$ (1)

$d\vartheta_y = \frac{F}{m}\,dt$, где $d\vartheta_y = \vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha$

соответственно будет совершаться работа

(2) $A = F\,dS$, где dS - малая величина смещения доски во время удара

Будем считать, что т.к $U \approx const$, то пренебрежем изменением кинетической энергии массивной доски, тогда закон сохранения энергии:

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2} = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - A \Rightarrow \frac{A}{m} = \frac{1}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2),$$

т.е совмещая ур-ия (1), (2) получаем

$$\frac{F\,dS}{m} = \frac{1}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) \qquad \frac{dS}{dt} = U$$

$$d\vartheta_y \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)$$

$$U(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha) = \frac{1}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)$$

$$U = \frac{(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha)} = \frac{27}{4\sqrt{2} - \sqrt{5}} \approx 8,4\ \frac{м}{с}$$

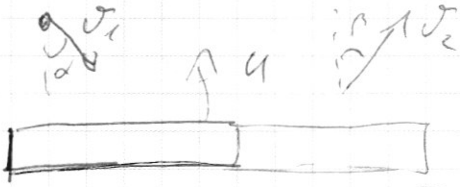
соответственно возможные значения скорости массивной плиты: $U \in \left[0;\ \frac{(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha)}\right]$

Ответ: 1) $\vartheta_2 = 12\ \frac{м}{с}$; 2) $U \in (0;\ 8,4\ \frac{м}{с}]$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

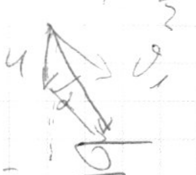


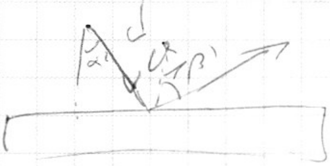
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

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

$\vartheta_y = \vartheta_1 \sin\alpha + u$

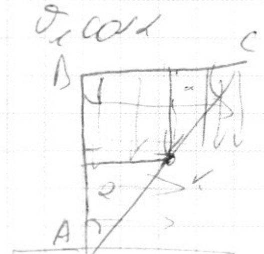
$\vartheta_x = \vartheta_1 \cos\alpha$





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

$\frac{\sqrt{2}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$



$m\vartheta_1 \cos\alpha = \vartheta_2 \cos\beta \Rightarrow \vartheta_2 = \vartheta_1 \sqrt{\frac{1-\sin^2\alpha}{1-\sin^2\beta}}$

$m\vartheta_1 \sin\alpha$ $\quad \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+16} = \sqrt{17}\,E_0$

$\vartheta = \sqrt{5}$ м/с

$\frac{\frac{1}{9}(9-4)}{\frac{1}{4}(9-1)} = \sqrt{\frac{5}{8}}$

$i = 3$ $\quad T_1 = 330\text{K}$

$T_2 = 440\text{K}$

$P_{He} = P_{Ne} = P_0$ $\qquad V_0 = \frac{7}{4} V_2$

$\frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{33}{44} = \frac{3}{4}$ $\quad V_1 = \frac{3}{4} V_2$

$\frac{\nu R T_0}{V_1'} = \frac{\nu R T_0}{V_2'} \Rightarrow V_1' = V_2' = \frac{7}{8} V_2 = \frac{7}{8} \frac{\nu R T_2}{P_0}$

220

1960,75

385

$P_{Ne} V_2 = \nu R T_2$ $\qquad P' \frac{7}{8} V_2 = \nu R T_0$

$\frac{P'}{P_0} \frac{7}{8} \nu R T_2 = \nu R T_0$

$P' = \frac{7}{8} \cdot \frac{4}{3}$

$P' = \frac{7}{6} \frac{\nu R T_1}{P_0} = \frac{7}{8} \frac{\nu R T_2}{P_0}$

$P_0 =$

3
55
7
385

4
220
110

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}$

$P_0 V_2 = \nu R T_2$

$P_0 V_1 = \nu R T_1$

$P_0 \frac{7}{8} V_2 = \nu R T_0$ $\qquad T_0 = \frac{7}{8} T_2 = \frac{7}{8} \cdot 440 = 385\text{K}$

$\frac{P_0}{P_0} \frac{7}{8} \nu R T_2 = \nu R T_0$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$A = p\Delta V = p_0\left(\frac{7}{8}V_2 - \frac{3}{4}V_2\right) = \frac{p_0}{8}V_2(7-6) = \frac{p_0V_2}{8}$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = \frac{\nu RT_2}{8}$$

$$Q = \nu RT_2\left(\frac{1}{8} + \frac{11}{16}\right)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1)$$

$$\frac{7}{8}T_2 - \frac{4}{3}T_2$$

$$\frac{1}{16}(2+11) =$$

$$\frac{3}{2}\nu R\frac{T_2}{\cancel{24}_8}(21-32) = \frac{11}{16}\nu RT_2$$

$$Q = \frac{13}{16}\nu RT_2$$

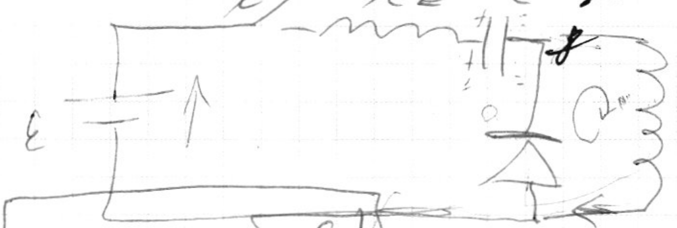
$$\mathcal{E}^2C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{5LI_{01}^2}{2}$$

$$110\ \mu^2$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = \frac{5LI_{01}^2}{\cancel{2}}$$

$$\frac{\cancel{5}}{\cancel{16}} \cdot \frac{\cancel{6}^{3}}{\cancel{25}_{5}} \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{110}^{\cancel{55}\ 11} = 8{,}31 \cdot 33$$

$$\frac{\overset{22}{11}}{11}$$



$$\boxed{I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}}$$

$$\mathcal{E} = U_{2L} + U_C + U_{3L}$$

$$\begin{array}{r} 8{,}31 \\ \times\ 33 \\ \hline 2493 \\ 2493\ \ \\ \hline 274{,}23 \end{array}$$

$t=0$: $\mathcal{E} = U_{2L} + U_{3L}$

$q(t) = A\sin\omega t$

$$Q = \mathcal{E}C$$

$t = \frac{T}{4}$: $\mathcal{E} = U_C - U_{2L} - U_{3L}$

$$\mathcal{E} = 3L\ddot{q} + \frac{q}{C} + 2L\ddot{q}$$

$t = \frac{T}{2}$: $\mathcal{E} = U_{2L} + U_{3L} + U_C$

$t = \frac{3T}{2}$

$$\mathcal{E} = 3L\frac{dI}{dt} + 2L\frac{dI}{dt}$$

$$5L\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{5LC}(q - \mathcal{E}C)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$$

$$\mathcal{E} = 2L\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{2LC}$$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{5LC}$$

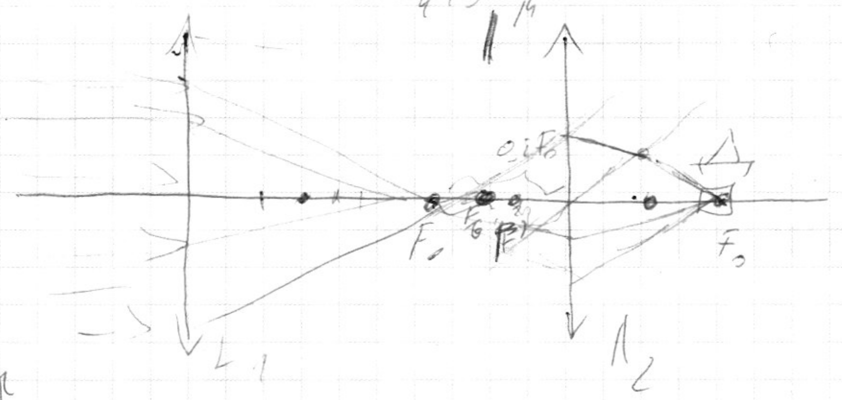
$$t_2 = \pi\sqrt{2LC}$$

$$t_1 = \frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{5LC}$$

$$T = \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{2} + \sqrt{5}\right)$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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



$L_1 - F_0$

$L_2 - F_0$

$L = \frac{3}{2}F_0$

$\Delta F = \frac{F}{2} - \frac{F}{1} =$

$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{\frac{F_0}{3}} + \frac{1}{F}$ $\quad \frac{3-2}{2}F = \frac{F}{2}$

$\frac{1}{F_0}(3-2) = \frac{1}{f}$

$f = F_0$

$\frac{0{,}6}{3{,}4}$

$\frac{1}{5}$

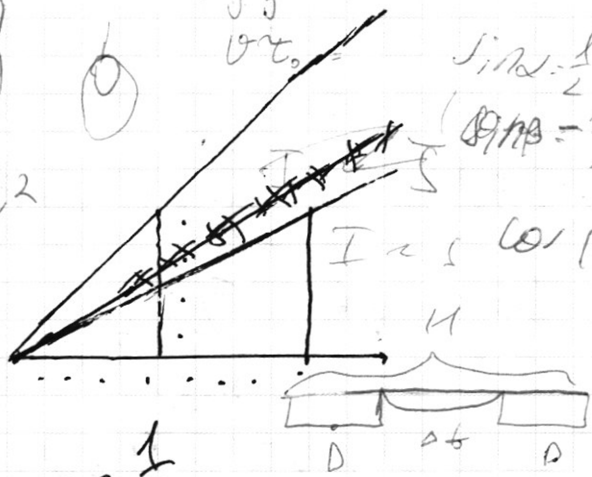
$0\tau_0$

0,6

$60 \,|\, 34$
$34 \quad 0{,}17$
260
$1\cancel{26}380$
22

0,2

$\frac{F}{m}\Delta t =$



$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

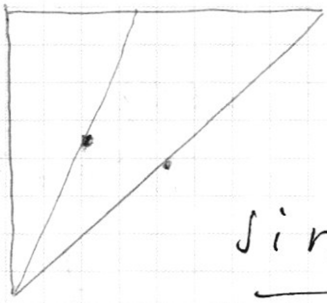
$\sin\beta = \frac{4}{5}$

$I = \cos\beta$

$4\sigma = \frac{4q}{BC}$

$\sim\frac{1}{2}$

$E = \sqrt{2} \cdot 2(4+\sin\frac{\pi}{8}+1)\frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \frac{\pi}{8}} = \frac{\sqrt{2}\sigma(4+\sin\frac{\pi}{8}+1)}{\varepsilon_0}$



$$\frac{\sin^2\frac{\pi}{8} + \cos^2\frac{\pi}{8}}{\cos^2\frac{\pi}{8}}$$

$\sigma = \frac{q_{AB}}{AB} = \frac{1}{4}\frac{q_{BC}}{4\sin\frac{\pi}{8}AB}$

$\sigma' = \frac{4+\sin\frac{\pi}{8}+1}{2+\sin\frac{\pi}{8}AB}$ $\quad 4\sin\frac{\pi}{8}AB\frac{\pi}{8} = \frac{BC}{AB}$

$q_{AB} = \frac{4}{4\sin\frac{\pi}{8}}q_{BC}$

$BC = 4\sin\frac{\pi}{8}AB$

$= 2(4+\sin\frac{\pi}{8}+1)\sigma$

$q = \frac{4+\sin\frac{\pi}{8}+1}{2+\sin\frac{\pi}{8}}q_{BC}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2} = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - A_N$$

$$A_N = \frac{m}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) = \frac{m}{2}\,108 = 54m$$

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha = 2\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} = 1$

$A_N = FS$

$\sqrt{3{,}00} = 1{,}9$

$\frac{A_N}{S} = m\frac{d\vartheta}{dt}$

$m(d\vartheta) = F\,dt$

$d\vartheta_y = \frac{F\,dt}{m}$

$\frac{A}{m} = \frac{1}{2}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)$

$\frac{F}{m}dt = d\vartheta_y$

$\sqrt{6{,}00} = 2$

$\frac{A}{m}\frac{dt}{1} = d\vartheta_y$

$\cos^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1+\cos\alpha}{2}$

$$v = \frac{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2}{2(\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha)} = \frac{108}{2\left(12\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - 6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}\right)} = \frac{54}{2(4\sqrt{2} - 2\sqrt{5})} = \frac{21}{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}$$

$\sqrt{0{,}3\,00}$

$\frac{A = 0{,}2}{mv} = d\vartheta_y$

$\frac{3}{4} = \frac{1+\frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$

$\frac{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2}{2v} = d\vartheta_y$

$\sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1-\cos\alpha}{2}$

$\frac{21}{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}$

$\frac{1}{4} = \frac{1-\frac{\sqrt{3}}{2}}{2}$

$\frac{1{,}4}{2}\sqrt{3} = \frac{1{,}4\cdot 1{,}9}{2}$

$\sqrt{5{,}00} = 2{,}4$

$= \frac{1-\frac{1}{2}}{2}$

$\frac{22}{3{,}2}$

$1{,}9 - 0{,}1 = 1{,}73$

$1{,}4 \cdot 1{,}4$; $0{,}14$; $5{,}6 - 2{,}4 = 3{,}2$

$220 : 32 = 8{,}42$

$\frac{3{,}14}{8}$ $8{,}4$

$1{,}00 : 24 = 0{,}4$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)