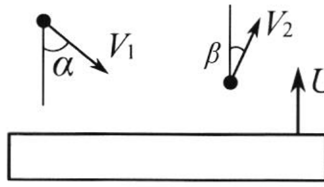
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

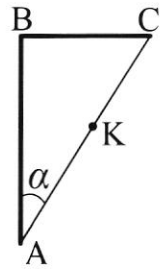
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1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

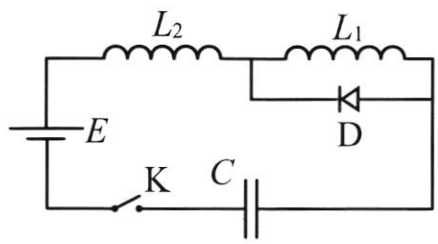
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

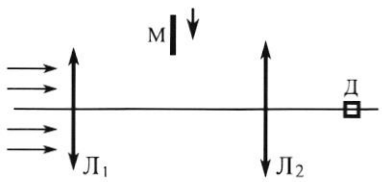


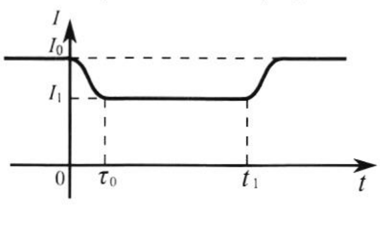
1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 5I_0/9$.



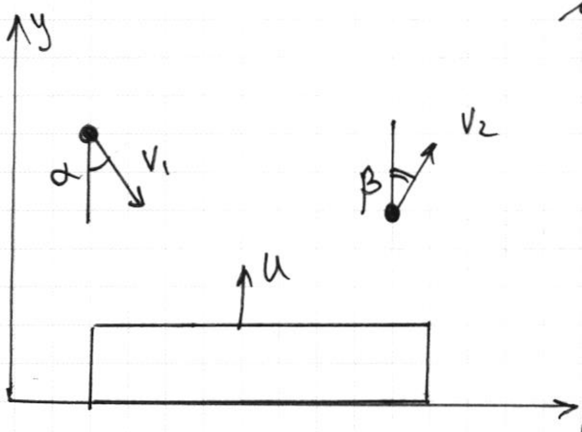


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№1

$\sin\alpha = \frac{1}{2}$, $\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\sin\beta = \frac{1}{3}$, $\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

1) Т.к. плита гладкая, то во время контакта возникает только сила нормальной реакции опоры (трения нет). Поэтому горизонтальная компонента скорости шарика остается постоянной.

$V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \rightarrow V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = 12 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 = 18\ \frac{м}{с}$

2) Перейдем в СО, движущуюся со скоростью U вверх. Тогда в ней скорость шарика до удара равна $V_{0y} = -V_1\cos\alpha - U$ в проекции на ось Y.

3) После удара в данной СО скорость шарика в проекции на OY может стать от 0 до $V_1\cos\alpha + U$ (случаи почти абсолютно неупругого и почти абсолютно упругого взаимодействия соответственно).

4) Тогда в ЛСО скорость шарика может принимать значения от U до $V_1\cos\alpha + 2U$ в проекции на OY после удара. С другой стороны, скорость шара равна $V_2\cos\beta$. Получим неравенство: $U < V_2\cos\beta < V_1\cos\alpha + 2U$

№1

5) $\begin{cases} u < V_2 \cos\beta \\ V_1 \cos\alpha + 2u > V_2 \cos\beta \end{cases} \rightarrow \begin{cases} u < 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} \\ 2u > 18 \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases} \rightarrow$

$\rightarrow \begin{cases} u < 12\sqrt{2} \\ u > 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} \end{cases} \rightarrow \underline{u \in (6\sqrt{2} - 3\sqrt{3};\ 12\sqrt{2})}$

Ответ: $18 \frac{м}{с}$; $u \in (6\sqrt{2} - 3\sqrt{3};\ 12\sqrt{2})\ \frac{м}{с}$

№2

Температур газов равна нулю.

6) Рассмотрим произвольное промежуточное состояние.

Уравнение Менделеева-Клапейрона для H_2 и N_2 соответсвенно:

$$\begin{cases} P_{H_2}\cdot(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T) \\ P_{N_2}(V-\Delta V) = \nu R(T-\Delta T) \\ P_{H_2} = P_{N_2} \text{ (из. мех. равновесия системы в любой момент)} \end{cases}$$

Изменение объёмов газов равны, т.к. суммарный объем = const.

7) Получаем, что $\frac{V+\Delta V}{V-\Delta V} = \frac{T+\Delta T}{T-\Delta T} \rightarrow \frac{(V-\Delta V)+2\Delta V}{V-\Delta V} = \frac{(T-\Delta T)+2\Delta T}{T-\Delta T}$

$\cancel{1} + \frac{\Delta V}{V-\Delta V} = \cancel{1} + \frac{2\Delta T}{T-\Delta T} \rightarrow \frac{\Delta V}{V-\Delta V} = \frac{\Delta T}{T-\Delta T}$, при ΔT и

ΔV стремящихся к нулю, получим $\frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$

8) С другой стороны, продифференцировав ур-е М-К,

$\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{dP}{P} = 0$ для любого момента и

$p = const.$

9) Тогда процесс можно считать изобарическим, и

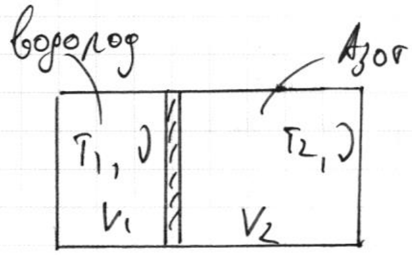
$Q_{H_2} = C_V \nu\Delta T + \nu R\Delta T = C_p \nu\Delta T$

$Q_{H_2} = \frac{\cancel{7}}{2}R\cdot\frac{6}{\cancel{7}}\cdot 100 = 300R = 300\cdot 8{,}31 = \underline{2493 \text{ Дж}}$

Ответ: 1) $\frac{7}{11}$; 2) 450 к; 3) 2493 Дж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) В начальный момент газы имеют одинаковое давление, т.к. система находится в состоянии механического равновесия.

2) Уравнение Менделеева-Клапейрона для газов:

$$\begin{cases} P_{H_2} \cdot V_1 = \nu R T_1 \\ P_{N_2} \cdot V_2 = \nu R T_2 \\ P_{H_2} = P_{N_2} \end{cases} \rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$$

3) Запишем первое начало термодинамики для водорода и азота соответственно:

$$\begin{cases} Q_{H_2} = \Delta U_{H_2} + A_{H_2} \\ Q_{N_2} = \Delta U_{N_2} + A_{N_2} \end{cases} \rightarrow (Q_{H_2} + Q_{N_2}) = (\Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}) + (A_{H_2} + A_{N_2})$$

4) Т.к. система теплоизолирована извне, то $Q_{H_2} + Q_{N_2} = 0$
Суммарная работа газов идет на изменение потенциальной энергии системы, что также равно нулю. $(A_{N_2} + A_{H_2}) = 0$

5) Получаем, что $0 = \Delta U_{N_2} + \Delta U_{H_2}$

Пусть в конечном состоянии температура в системе T_k

Тогда: $0 = \cancel{C_V} \cancel{\nu}(T_k - T_2) + \cancel{C_V}\cancel{\nu}(T_k - T_1) \longrightarrow T_1 + T_2 = 2T_k$,

$\underline{T_k = 450 K}$.

Заметим, что для любого момента времени суммы изменений

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

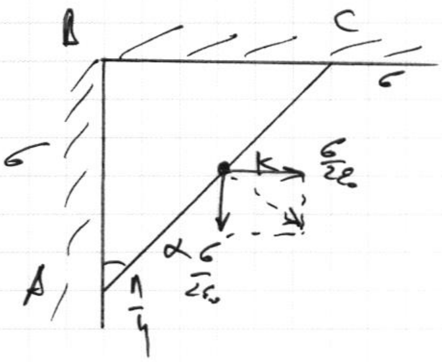
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

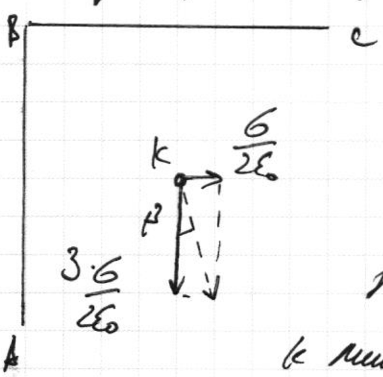
№3



1) Известный факт, что поле от бесконечной и равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда σ однородно и равно $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

2) Пусть вначале поле в точке K было равно $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Тогда при зарядке второй плоскости, поле будет складываться векторно, как представлено на рисунке и станет равно $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+1} = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\varepsilon_0}$. Следовательно, оно увеличится в $\sqrt{2}$ раз. (Направлено перпендикулярно отрезку AC)

3) Изобразим напряженность в точке K для второго случая, используя принцип суперпозиции.



Модуль напряженности станет равным:

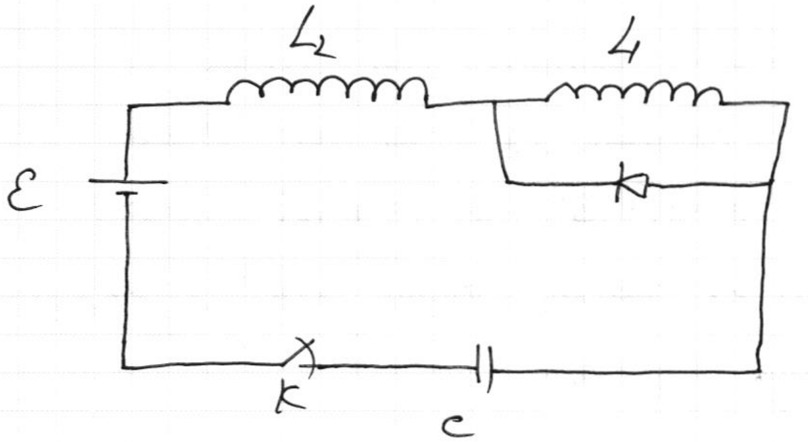
$$E_2 = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$$

Направлено поле под углом $\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{3}\right)$ к линии, параллельной AB.

Ответ: 1) увеличится в $\sqrt{2}$ раз). 2) $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$, направлено под углом $\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{3}\right)$ к линии AB.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



1) После замыкания ключа в цепи начинаются колебания. Диод считаем идеальным, поэтому в первое полуколебание ток через него не течет, во второе полуколебание диод открыт и ток не течет уже через L_1.

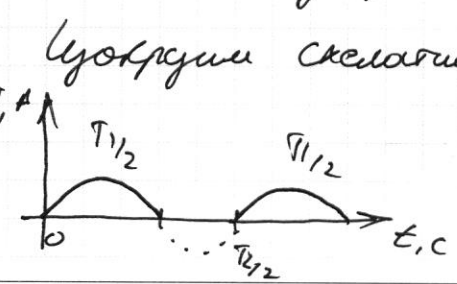
2) Рассмотрим первое полуколебание, запишем 2 правило Кирхгофа:

$$\mathcal{E} - L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C} \rightarrow \mathcal{E} = (L_1+L_2)\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{q}{C} + \frac{d^2q}{dt^2}(L_1+L_2) = \mathcal{E}, \quad \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{(L_1+L_2)C} = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}$$ — дифф. ур-е гармонических колебаний, $\omega_1^2 = \frac{1}{C(L_1+L_2)} \rightarrow T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

3) Во время второго полуколебания в цепи, $U_D = L_1\frac{dI_1}{dt} = 0$, значит ток через L_1 не течет и колебаний не происходит. Затем ситуация снова повторяется.

Изобразим схематично график зависимости силы тока на L_1



№4

4) Для второго полупериода,

$$\mathcal{E} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C} \to \frac{q}{CL_2} + \frac{d^2q}{dt^2} = \frac{\mathcal{E}}{L_2}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2C}} \to \underline{T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C}}$$

Получаем, что с начала замыкания ключа, в течение $\frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$ на катушке L_1 имеется ток, затем в течение $\frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{L_2C}$ на катушке L_2 тока нет. Далее ситуация повторяется. $T_\Sigma = \pi(\sqrt{7LC}+\sqrt{3LC}) = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+\sqrt{7})$

5) Пусть ток на катушке L_1 — макс, тогда $L_1\frac{dI}{dt} = L_2\frac{dI}{dt} = 0$. В этот момент по правилу Кирхгофа,

$\mathcal{E} = \frac{q}{C}$. Из ЗСЭ:

$$\mathcal{E}\cdot q = \frac{L_1 I_{м_1}^2}{2} + \frac{L_2 I_{м_1}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)I_{м_1}^2}{2} \to \frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = \frac{(L_1+L_2)I_{м_1}^2}{\cancel{2}}$$

$$\underline{I_{м_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$$

6) Ток на L_2 будет максимален в момент второго полупериода, когда тока через L_1 нет. Аналогично с пунктом 5 запишем:

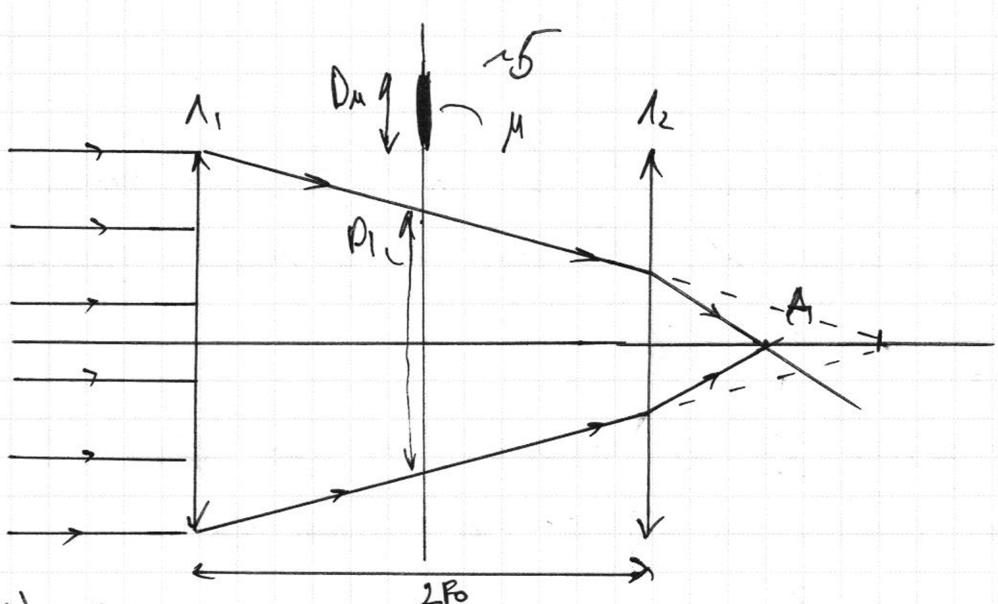
$$\begin{cases} \mathcal{E} = \frac{q}{C} \quad (\text{т.к. } L_2\frac{dI}{dt} = 0) \\ \mathcal{E}\cdot q = \frac{L_2 I_{2м}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \end{cases} \to \frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = \frac{L_2 I_{м2}^2}{\cancel{2}}$$

$$\underline{I_{м2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}}$$

~~Ответ: $\pi(\sqrt{(L_1+L_2)C} + \sqrt{L_2C})$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$~~

Ответ: $\pi\sqrt{LC}(\sqrt{7}+\sqrt{3})$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Запишем формулу тонкой линзы для обеих ситуаций. Т.к. изначальный пучок параллелен, то первое изображение в системе получилось бы на расстоянии $3F_0$ от $Л_1$ справа. Для линзы $Л_2$ этот предмет — мнимый (на $Л_2$ падает сходящийся пучок лучей.)

2) Формула тонкой линзы для $Л_2$:

$$-\frac{1}{F_0}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F_0} \to b=\frac{F_0}{2},$$ суммарно система собирает исходный пучок в точке на $\frac{F_0}{2}$ справа от $Л_2$.

Т.к. фотодетектор точечный, то он тоже должен находиться справа от $Л_2$ на $\frac{F_0}{2}$.

3) Найдем связь между ~~...~~ силой тока и размерами мишени М. Т.к. интенсивность в пучке одинакова, то $\frac{(I_0-I_1)}{I_0} \propto \frac{S_M}{S_1} \to \frac{S_M}{S_1} \propto \frac{4}{9} \to \frac{D_M}{D_1}=\frac{2}{3}$

№5

~~4) В течение τ_0 мишень М ещё не полностью попадает под световой пучок. Тогда понятно, что~~

~~$D_м = V\cdot\tau_0 \to \frac{2}{3}D = V\cdot\tau_0$, $V = \frac{2D}{3\tau_0}$~~

~~3) Определим диаметр~~

где $D_м$ — диаметр мишени М, а D_1 — диаметр пучка на расстоянии F_0 от A_1. Найдем D_1 из подобия треугольников.

$\frac{D_1}{D} = \frac{2F_0}{3F_0} = \frac{2}{3} \to D_1 = \frac{2}{3}D.$

Т.к. $D_м = \frac{2}{3}D_1 = \frac{4}{9}D$, то понятно, что за время τ_0 мишень успела полностью попасть под световой пучок.

$V\cdot\tau_0 = \frac{4}{9}D \to V = \frac{4D}{9\tau_0}$

4) t_1 — время, за которое левый край мишени достигнет границы светового пучка, значит он пройдет расстояние $\frac{2}{3}D$ со скоростью $V = \frac{4D}{9\tau_0}$

$V\cdot t_1 = \frac{2}{3}D \to t_1 = \frac{2D\cdot 9\tau_0}{3\cdot 4D} = \frac{3\tau_0}{2}$

~~Ответ: 1) на $\frac{F_0}{2}$ справа от A_2 ($\frac{F_0}{2}$) 2) $\frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $\frac{3\tau_0}{2}$~~

Ответ: 1) $\frac{F_0}{2}$; 2) $\frac{4D}{9\tau_0}$; 3) $\frac{3\tau_0}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$C_V \nu T_1 + C_V \nu T_2 = 2C_V \nu T_3$

$T_1 + T_2 = 2T_3 \rightarrow T_3 = \frac{900}{2} = 450K.$

$8,31 \times 3 = 24,93$

$P \cdot \frac{V}{2} = \nu R T_3$

$V_0 = 18V$

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$ $\quad A_1 + A_2 = 0$

$Q_2 = \Delta U_2 + A_2$ $\quad Q_1 + Q_2 = 0$

$180 : 5 = 36$

Пусть $\quad P_0 \cdot V_1 = \nu R T_1$ $\quad$ Для водорода:

$(P_0 + dp)(7V_0 + \Delta V) =$

$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$ $\quad pdV + Vdp = \nu R dT$

$\begin{cases} P_1 \cdot (V_0 + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T) \\ P_2 (V_0 - \Delta V) = \nu R (T - \Delta T) \end{cases}$

$\begin{cases} P_0 \cdot 7V = \nu R T_1 \\ P_1 \cdot 9V = \nu R T_2 \end{cases} \rightarrow P = const$

$\frac{V_0 + \Delta V}{V_0 - \Delta V} = \frac{T + \Delta T}{T - \Delta T}$

$\begin{cases} P_1 \cdot V_2 = \nu R T_2 \\ P_1 \cdot V_3 = \nu R T_3 \end{cases}$

$\frac{T - \Delta T}{T + \Delta T} = \frac{V_0 - \Delta V}{V_0 + \Delta V}$

$\frac{(T + \Delta T) - 2\Delta T}{T + \Delta T} = \frac{(V_0 + \Delta V) - 2\Delta V}{V_0 + \Delta V}$

$\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T} \rightarrow \frac{\Delta P}{P} = 0$ $\quad 1 - \frac{2\Delta T}{T + \Delta T} = 1 - \frac{2\Delta V}{V + \Delta V}$

$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta V}{V}$

$P = const.$

$Q_6 = \Delta U_6 + \nu R \Delta T_6 \rightarrow Q_6 = C_p \nu \Delta T = \frac{7}{2} \cdot R \cdot \frac{6}{7} \cdot 100 = 300 \cdot R$

1) Абсолютно упругий удар:

$$\begin{cases} V_y = V_1 \cos\alpha + u \\ V_x = V_1 \sin\alpha \end{cases} \qquad \begin{cases} V_1 \cos\alpha + 2u \\ V_1 \sin\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_1 \cos\alpha + 2u = V_2 \cdot \cos\beta \\ V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \end{cases}$$

$V_1 \cos\alpha + 2u =$

$\underline{V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta}$ $\quad V_2 \to \dfrac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta}$

Через в СО стены,

в ней шар имел

через скорость

до удара $V_1 \cos\alpha + u$

Потом удар он ...

... в СО ...

от 0 до $V_1 \cos\alpha + u$

u

$-\dfrac{1}{R_0} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{R_0}$

$\dfrac{1}{b} = \dfrac{2}{R_0}$

$b = \dfrac{R_0}{2}$

$I \propto S$

$\Delta I = \dfrac{4}{9} I_0$

$S_n = \dfrac{4}{9} S_0$

$\dfrac{\pi D^2}{4} = \dfrac{4}{9} \dfrac{\pi D_n^2}{4}$

$D^2 =$

$D_n = \dfrac{2}{3} D$

В СО зеркала

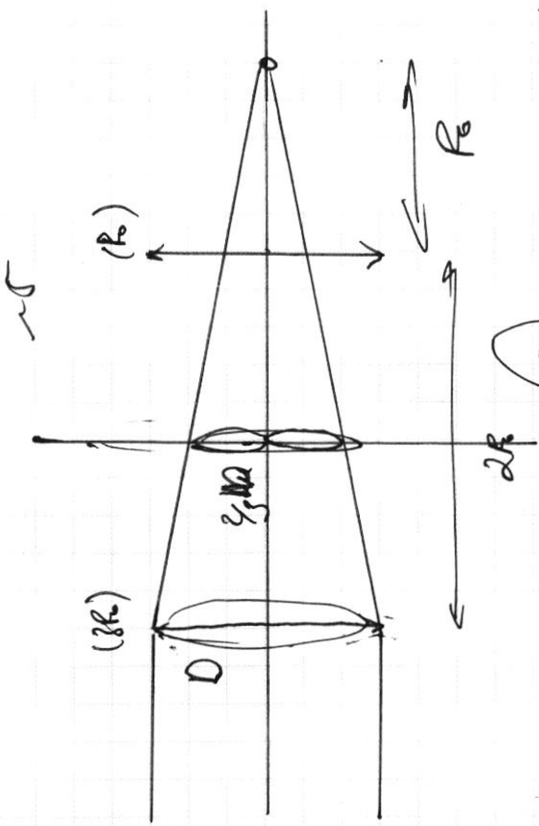
$u < V_2 \cos\beta < V_1 \cos\alpha + u$

$V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = R^6 \cdot \dfrac{1}{k} \cdot \dfrac{1}{3}$ $\quad 18$

Через в СО для со ... u.

~ 5



$u < V_2 \cos\beta < V_1 \cos\alpha + 2u$

а.н.у.

а.у.в.

$\dfrac{R_1}{3} \cdot \dfrac{D^3}{2 \pi D} 9\tau_0$

$\boxed{\dfrac{3}{2} \tau_0}$

$\tau_0 + \dfrac{1}{3} \cdot \dfrac{2}{3} \dfrac{D}{v}$

$\tau_0 + \dfrac{\pi D}{9 \pi D^2} 9\tau_0$

$= \tau_0 + \dfrac{\tau_0}{2}$

$v \cdot \tau_0 = \dfrac{2}{3} D$

$v = \dfrac{2D}{3\tau_0}$

$\tau_0 = \tau_1$

$$\begin{cases} u < V_2 \cos\beta \\ 2u < V_1 \cos\alpha - V_2 \cos\beta \end{cases}$$

$$\mathcal{E} = (L_1+L_2)\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{(L_1+L_2)C} = \frac{\mathcal{E}}{(L_1+L_2)} \qquad C\mathcal{E}$$

$$q(t) = q_0 \sin(\omega t+\varphi_0) + C\mathcal{E}$$

$q(0)=0$ $\qquad \frac{dq}{dt} = I = q_0 \omega \cos(\omega t+\varphi_0) = 0$

$I(0)=0$

$\cos(\omega t+\varphi_0) = 0$

$\cos(\varphi_0)=0$

$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

$$0 = q_0 \sin(\omega t + \tfrac{\pi}{2}) + C\mathcal{E}$$

$\to q_0 = -C\mathcal{E}$

$$\boxed{q(t) = C\mathcal{E}(1-\cos(\omega t))}$$

$$\boxed{q \in (0;\, 2C\mathcal{E})}$$

$T_k = T_2 + \Delta T_2$

$T_{k_2} = T_1 + \Delta T_1$

$$0 = (T_{k_2} - T_2) + (T_{k_1} - T_1)$$

$$0 = (\cancel{T_2} + \Delta T_2 - \cancel{T_2}) + (\Delta T_1)$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$U_y \in [u;\ V_1\cos\alpha + 2u]$

$u < V_2 \cdot \cos\beta < 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 2u$

$\begin{cases} u < \cancel{18}^{6} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\cancel{3}} \\ 2u > 18 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{12\sqrt{3}}{2} \end{cases}$

$2u > 9\sqrt{3} - 6\sqrt{3}$

$2u > 3\sqrt{3}$

$u > \frac{3\sqrt{3}}{2}$

$u < 12\sqrt{2}$

$u \in \left[\frac{3\sqrt{3}}{2};\ 12\sqrt{2}\right]$

$u \in [10{,}2;\ 16{,}6]$

$3 \times 1{,}7 \times 2$

$3{,}4 \times 3 = 10{,}2$

$12 \times 1{,}4 = 16{,}6$

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

$2u > \cancel{18}^{6} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\cancel{3}} - \cancel{12}6\frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}}$

$2u > 12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}$

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

$6 \times 1{,}4 = 8{,}4$

$3 \times 1{,}7$

$1{,}7 \times 3 = 5{,}1$

$8{,}4 - 5{,}1 = 3{,}3$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)