Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

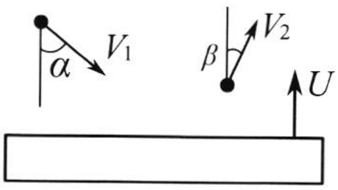
Класс 11

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.

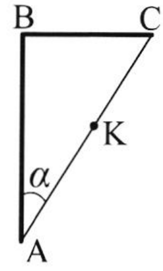
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

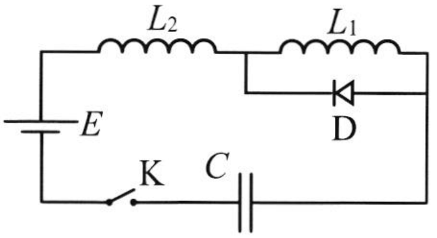
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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.

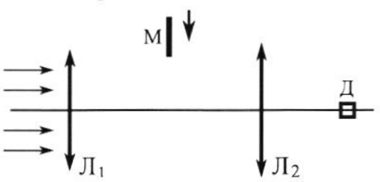


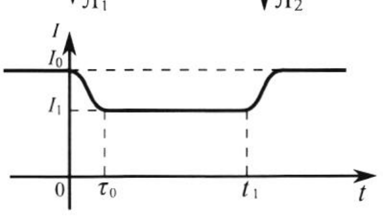
1) Найти период T этих колебаний.

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

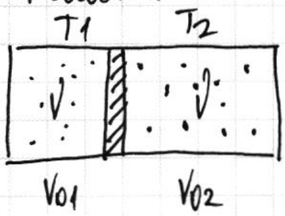
Дано:
теплоизолированный сосуд; трения нет;
водород ($i=5$),
азот ($i=5$), $\nu = \frac{6}{7}$ моль
$T_1 = 350K$, $T_2 = 550K$
$c_V = \frac{5R}{2}$

1) $\frac{V_{01}}{V_{02}} = ?$ 2) $T_{уст} = ?$

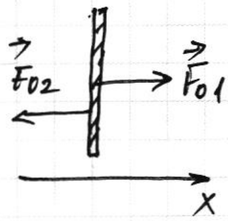
3) $Q = ?$

температуры медленно выравниваются

Решение



1) Рассм. поршень в начальный момент времени:



1 условие равновесия для поршня:

$F_{01} = F_{02}$

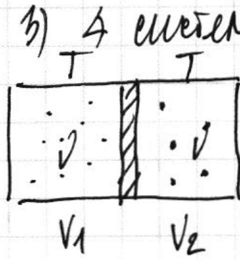
$p_{01}S = p_{02}S$

Пусть $p_{01} = p_{02} = p_0$ $\boxed{p_{01} = p_{02}}$

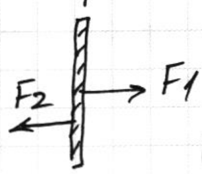
2) Ур-ние Менделеева-Клапейрона для газов в начальный момент времени:

$$\begin{cases} p_0 V_{01} = \nu R T_1 \\ p_0 V_{02} = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\cancel{350}^{7}}{\cancel{550}_{11}} \approx 0{,}63}$$

3) Рассм. систему в конечный момент времени:



Рассм. поршень в этот момент:



1 условие равновесия для поршня:

$F_1 = F_2$

$p_1 S = p_2 S$

Пусть $p_1 = p_2 = p$ $\quad (p_1 = p_2)$

4) Уравнение Менделеева-Клапейрона для газов в этот момент:

$$\begin{cases} p V_1 = \nu R T \\ p V_2 = \nu R T \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 1; \ V_1 = V_2$$

Пусть $V_1 = V_2 = V$

5) Пусть V_0 – объем всего сосуда. Тогда $V_0 = V_{01} + V_{02} = V_{01}\frac{T_1 + T_2}{T_1}$

$\left(\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2};\ V_{02} = V_{01}\frac{T_2}{T_1}\right)$

$V_{01} = V_0 \frac{T_1}{T_1 + T_2}$

$V_0 = V_1 + V_2 = 2V \Rightarrow V = \frac{1}{2}V_0$

6) Уравнение Менделеева-Клапейрона для водорода в начальном и конечном состояниях:

$$\begin{cases} p_0 V_{01} = \nu R T_1 \\ p V_1 = \nu R T \end{cases} \Rightarrow \frac{p_0}{p} \cdot \frac{V_{01}}{V_1} = \frac{T_1}{T}; \quad T = T_1 \frac{p V_1}{p_0 V_{01}}$$

7) Из ур-ние Менд.-Клап.: $p_0 = \frac{\nu R T_1}{V_{01}}$

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

8) Сосуд теплоизолирован, а поршень теплопроводящий $\Rightarrow$ тепло от азота передавалось только водороду.

9) Пусть Q – кол-во теплоты, полученное водородом. Тогда $-Q$ – кол-во теплоты, полученное азотом. Запишем первое начало термодинамики для газов:

Заметим, что $V_{01}+V_{02}=V_1+V_2=V_0$. В данном процессе насколько расширился водород, настолько сжался азот $\Rightarrow$ $\boxed{A_1=-A_2}$

$$\begin{cases} Q = A_1+\Delta U_1 \\ -Q = A_2+\Delta U_2 \end{cases} + \begin{cases} Q = -A_2+\Delta U_1 \\ -Q = A_2+\Delta U_2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0=\Delta U_1+\Delta U_2 ;\quad 0=\Delta(U_1+U_2) \Rightarrow \boxed{U_1+U_2=const} \ (*)$$

Запишем $(*)$ для нач. и кон. состояний: $U_{01}+U_{02}=U_1+U_2$

$$\frac{5}{2}\nu RT_1+\frac{5}{2}\nu RT_2=\frac{5}{2}\nu R(T+T) \quad \Big| : \frac{5}{2}\nu R ;\quad \boxed{T=\frac{1}{2}(T_1+T_2)=450(K)}$$

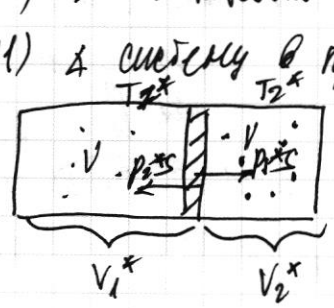
10) Запишем первое начало термодинамики для водорода:

$Q = A_1+\Delta U_1$, где

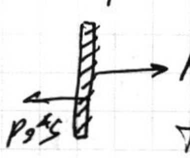
$$\cdot\ \Delta U_1=\frac{5}{2}\nu R(T-T_1)=\frac{5}{2}\nu R\left(\frac{1}{2}T_1+\frac{1}{2}T_2-T_1\right)=\frac{5}{2}\nu R\left(\frac{1}{2}T_2-\frac{1}{2}T_1\right)=\frac{5}{4}\nu R(T_2-T_1)$$

~~11) Рассмотрим бесконечно малый процесс в окрестности~~

11) Рассмотрим систему в произв. момент времени:

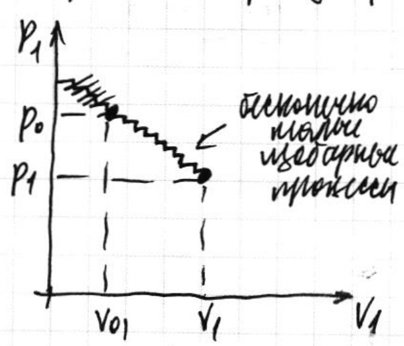


1 условие равновесия для поршня:

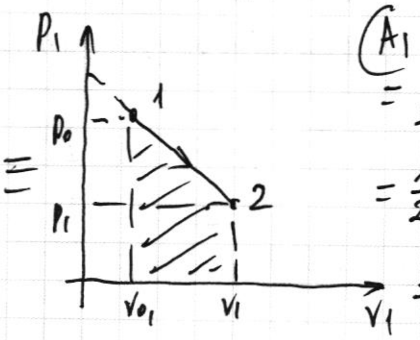


$$p_1^*=p_2^*=p^*$$

Таким образом, из-за ~~медленно-го кон~~ медленного выравнивания температур процесс является квазистатическим, для каждого мом. времени справедливо, что $p_1^*=p_2^*$, т.е. для каждого dt процесс является изобарным. Учитывая, что $p_1 \downarrow\downarrow$ от p_0 до p, нарисуем примерный график процесса:



$=$



$$A_1=+S_{тр}=\frac{1}{2}(p_0+p_1)(V_1-V_{01})=$$
$$=\frac{1}{2}\left(\frac{\nu RT_1}{V_{01}}+\frac{\nu RT}{V_1}\right)\left(\frac{1}{2}V_0-V_0\left(\frac{T_1+T_2}{T_1}\right)^{-1}\right)=$$
$$=\frac{1}{2}\nu R\left(\frac{T_1\cdot 18}{7V_0}+\frac{\frac{9}{7}T_1\cdot 2}{V_0}\right)\left(\frac{1}{2}V_0-\frac{7}{18}V_0\right)=$$
$$=\frac{1}{2}\nu R\cdot\frac{36}{7}\frac{T_1}{V_0}\cdot\frac{1}{9}V_0=\frac{2\nu RT_1}{7}$$

~~$T=450K=\frac{11}{7}T_1=550K$~~ $T=450(K)=\frac{9}{7}T_1$; $T_2=\frac{11}{7}T_1$; $V_{01}=\left(\frac{T_1+T_2}{T_1}\right)^{-1}V_0=\frac{T_1}{\frac{18}{7}T_1}V_0=\frac{7}{18}V_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

12) $\boxed{Q} = A_1 + \Delta U_1 = \frac{2}{7}\nu RT_1 + \frac{5}{4}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{2}{7}\nu RT_1 + \frac{5}{4}\nu R\left(\frac{11}{7}T_1 - T_1\right) =$

~~$= \frac{2}{7}\nu RT_1 + \frac{5}{4}\nu R\cdot\frac{4}{7}T_1 = \frac{3}{7}\nu RT_1 = \frac{4}{7}\cdot 8{,}31\cdot\frac{6}{7}\cdot 350\ 50 = \frac{1500}{7}\cdot 8{,}31 \approx$~~

~~$\approx 214\cdot 8{,}31 = 1780{,}34$ (Дж) ≈ 1780 (Дж)~~

$\times\ 214$, $8{,}31$, 214, 642, 1712, ~~$1780{,}34$~~

$= \frac{2}{7}\nu RT_1 + \frac{5}{4}\nu R\cdot\frac{4}{7}T_1 =$

$= \nu RT_1 = \frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot \overset{50}{\cancel{350}} =$

$= 300\cdot 8{,}31 \approx 2400 + 90 = \boxed{2490\ (Дж)}$

Ответ: 1) $\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}63$

2) $T = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) = 450k$

~~3) $Q = \frac{2}{7}\nu RT_1 = 1780$ Дж~~

3) $Q = \nu RT_1 =$

№3

Дано:

а) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\sigma_{AB} = \sigma_0$

$\sigma_{BC} = \sigma_0$

сер. AC

б) $\sigma_{BC} = \sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_{AB} = \sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{5}$

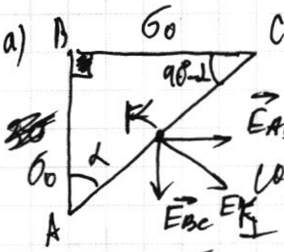
а) ~~$E = ?$~~ $\frac{E_K}{E_{K_0}} = ?$

(K – сер. AC)

б) $E_K = ?$

/σ_0 – пусть это пов-ная пл-ть заряда, которой зарядили пластины одинаково/

Решение

а) 

1) Поскольку пластины бесконечные, плоские, заряженные равномерно, то они создают электр. поле, напр. которого ⊥ их поверхностям и равна ~~$E_0 =$~~

$E_{AB} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$ для пл-ти AB и $E_{BC} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$ для пл-ти BC

$(E_{AB} = E_{BC} = E_0)$

2) Одиночная пластина BC создает в т. K напряженность $E_{K0} = E_0 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$

Система пластин AB и BC создают в т. F поле, напряженность которого можно найти из векторного Δ:

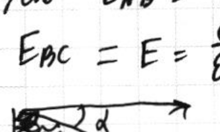
$\boxed{E_K = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = \sqrt{2}\cdot E_0 = \frac{\sigma_0\sqrt{2}}{\varepsilon_0}}$

$\boxed{\frac{E_K}{E_{K_0}} = \sqrt{2} \approx 1{,}41}$

б) 

Пусть $E_{AB} = 3E$, где $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \Rightarrow E_{AB} = \frac{3\sigma}{\varepsilon_0}$

$E_{BC} = E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$



$\boxed{E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = 2E = \frac{2\sigma}{\varepsilon_0}}$

Ответ: 1) $\frac{E_K}{E_{K0}} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$ 2) $E_K = \frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$

№1

Дано:

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

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

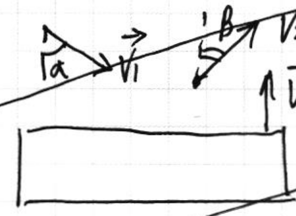
$V_1 = 12\ \frac{м}{с}$

$t_{удара} \to 0$

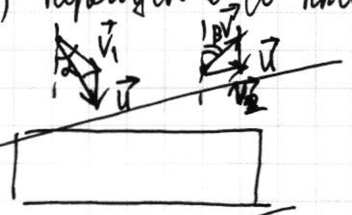
1) $V_2 = ?$

2) $U = ?$

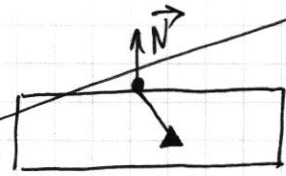
Решение



1) Перейдем в СО плиты:



В момент удара:



№4

Дано:

$L_1 = 4L$

$L_2 = 3L$, C

$I_{L_1}(0) = I_{L_2}(0) = 0$

$U_C(0) = 0$

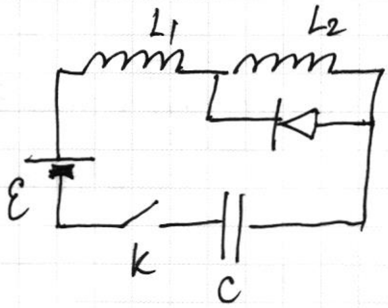
идеальный диод

1) $T = ?$

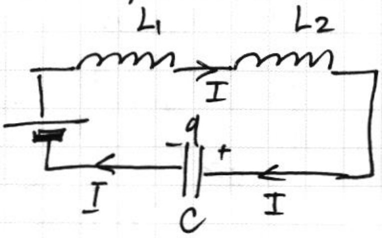
2) $I_{m_1} = ?$

3) $I_{m_2} = ?$

Решение



1) В произв. момент времени колебаний тока в L_1: идеальный диод обладает бесконечным сопротивлением в обратном направлении $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ через него ток не идет



Пусть q - заряд конденсатора - колеблющаяся величина

Запишем ~~ЗДК~~ ~~первое~~ второе правило Кирхгофа для контура: $\mathcal{E}$

$$\mathcal{E} = U_{L_1} + U_{L_2} + U_C$$

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

$$\ddot{q} + \underbrace{\frac{q}{(L_1+L_2)C}}_{\omega^2} = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}\ ;\ \omega = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}} = \sqrt{\frac{1}{7LC}}$$

уравнение гармонических колебаний

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{7LC}}\ ;\ \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = \omega^2 q_1,$$ где q_1 — смещение положения равновесия

В общем случае:

$$q_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}\cdot\frac{(L_1+L_2)C}{1} = C\mathcal{E}$$

$q(t) = A\sin\omega t + B\cos\omega t + q_1$

$\dot{q}(t) = I(t) = A\omega\cos\omega t + (B\omega)\sin\omega t$

$q(0) = 0$ (конденсатор не заряжен) $\quad q(0):\ B + q_1 = 0;\ B = -q_1$

$I(0) = 0$ (тока в цепи изначально нет) $\quad I(0):\ A\omega = 0 \Rightarrow A = 0$

$$q(t) = -q_1\cos\omega t + q_1 = q_1(1-\cos\omega t) = C\mathcal{E}(1-\cos\omega t)$$

$$I(t) = -q_1\omega\sin\omega t = -C\mathcal{E}\sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}\sin\omega t = -\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\sin\omega t$$

$$I_{max} = I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

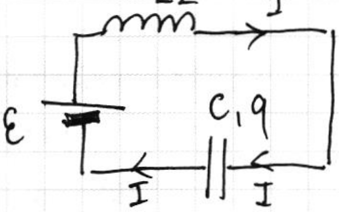
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

2) В момент, когда ток „захочет" сменить направление (через $t_1 = \frac{1}{4}T$), диод откроется, и L_1 окажется замкнута сама на себя (диод идеальный ⇒ сопротивления нет). Начнутся колебания в оставшемся контуре при след. начальных условиях: $I^*(0)=I_1$



$U_C^*(0)=\mathcal{E}$ ($I_1=I_{max}$ ⇒ ⇒ $U_{L1}=U_{L2}=0$)

($q^*(0)=C\mathcal{E}$)

В произв. момент этих колебаний:

Второе правило Кирхгофа: $\mathcal{E}=U_{L2}+U_C$

$\mathcal{E}=L_2\frac{dI}{dt}+\frac{q}{C}$; $\ddot q+\frac{q}{L_2C}=\frac{\mathcal{E}}{L_2}$ — ур-ние гарм. кол.

$\omega^*=\sqrt{\frac{1}{L_2C}}=\sqrt{\frac{1}{3LC}}$ ⇒ $T^*=2\pi\sqrt{3LC}$; $\frac{\mathcal{E}}{L_2}=\omega^{*2}q_1^*$, q_1^* — смещение П.Р. в данных колебаниях

$q_1^*=\frac{\mathcal{E}}{L_2}\cdot L_2C=C\mathcal{E}$

В общем случае: $q^*(t)=A\sin\omega^*t+B\cos\omega^*t+q_1$,

$I^*(t)=A\omega^*\cos\omega^*t-B\omega^*\sin\omega^*t$

$q^*(0)=B+q_1=q^*(0)$

$B+C\mathcal{E}=C\mathcal{E}$; $B=0$; $I^*(0)=A\omega^*=I_1$; $A=\frac{1}{\omega^*}I_1$

$q^*(t)=\frac{I_1}{\omega^*}\sin\omega^*t+q_1^*$; $I^*(t)=I_1\cos\omega^*t=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}\cos\omega^*t$

$q^*(t)=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}\cdot\sqrt{3LC}\sin(\omega^*t)+C\mathcal{E}=C\mathcal{E}\sqrt{\frac{3}{7}}\sin\omega^*t+C\mathcal{E}=C\mathcal{E}\left(1+\sqrt{\frac{3}{7}}\sin\omega^*t\right)$

3) Через $t_2=\frac{1}{4}T^*$ ток ещё раз захочет сменить направление, в этот момент диод закроется, начнутся колебания, которые рассматривались в п. 1, но с нач. условиями: $I^{**}(0)=0$

$q^{**}(0)=C\mathcal{E}\frac{\sqrt{3}+\sqrt{7}}{\sqrt{7}}$

$\omega=\omega^{**}=\frac{1}{\sqrt{7LC}}$; $\ddot q+\frac{q}{7LC}=\frac{\mathcal{E}}{7L}$ $q_1^{**}=C\mathcal{E}$

$q^{**}(t)=A\sin\omega t+B\cos\omega t+q_1^{**}$

$I^{**}(t)=A\omega\cos\omega t-(B\omega\sin\omega t)$

$I^{**}(0)=A\omega=0$ ⇒ $A=0$

$q^{**}(0)=q^{**}$ $B+q_1^{**}=C\mathcal{E}\left(1+\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{7}}\right)$

$B=C\mathcal{E}\sqrt{\frac{3}{7}}$

$I^{**}(t)=-C\mathcal{E}\sqrt{\frac{3}{7}}\cdot\frac{1}{\sqrt{7LC}}\sin\omega t=-\mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{49L}}=-\frac{\mathcal{E}}{7}\sqrt{\frac{3C}{L}}$ $|I^{**}_{max}| < I_1$

Таким образом, при дальнейших колебаниях амплитудный ток уменьшается. Полученное значение I_1 является макс.

для обеих катушек $\Rightarrow I_{m_1} = I_{m_2} = I_1 = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{7L}}$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{7LC}$

2) $I_{m_1} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{7L}}$

3) $I_{m_2} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{7L}}$

№5

Дано:

$Л_1$, $Л_2$ D, F_0,
(3F_0) (F_0) τ_0

$L = 2F_0$
(расст-ние м/у Л)

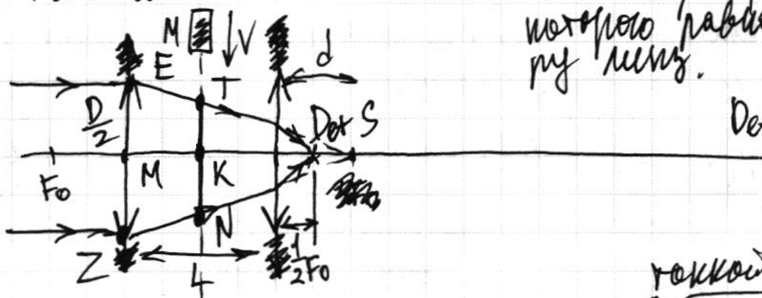
$I_1 = \frac{5}{9}I_0$, $D \ll F_0$

1) $f = ?$

2) $V = ?$

3) $t_1 = ?$

Решение



Рассм. пучок ширина которого равна диаметру линз.

Det - детектор

1) Лучи, идущие параллельно ГОО тонкой собирающей линзы, пересекают ГОО в фокусе линзы, т.е. на расстоянии $3F_0$ от $Л_1$ - в т. S.

2) S - мнимый П для $Л_2$, $d = 3F_0 - L = F_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow S^*$ - действит. П для $Л_2$: $\frac{1}{F_0} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f_2 = \frac{F_0 d}{F_0 + d} = \frac{1}{2}F_0}$. При этом в точке S^* должен стоять фотодетектор $\Rightarrow \boxed{f = f_2 = \frac{1}{2}F_0}$

3) Ток фотодетектора уменьшается за счет того, что непрозрачная мишень, перекрывая область, куда попадают лучи, не дает части лучей „дойти" до фотодетектора. Время τ_0 - время полного вхождения мишени в область хода лучей; время $(t_1 - \tau_0)$ - время дв-ния ~~мишен~~ мишени в области хода лучей вплоть до момента, пока мишень не начнет выходить из этой области.

$\boxed{\text{Ответ: } 1)\ f = F_0/2 \quad 2)\ V = \frac{D}{3\tau_0} \quad 3)\ t_1 = 3\tau_0}$

4) TK - длина мишени. Исходя из графика $TK = V\tau_0$

$\Delta EMS \sim \Delta TKS \Rightarrow \frac{D/2}{TK} = \frac{L + F_0}{KS}$; $TK = \frac{1}{2}D \cdot KS \cdot \frac{1}{3F_0} = \frac{1}{2}D \cdot \frac{2}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow TK = \frac{1}{3}D$; $\boxed{V = \frac{D}{3\tau_0}}$

$\boxed{t_1} = \frac{2D}{3V} + \tau_0 = \boxed{3\tau_0}$ $(KS = L - \underbrace{MK}_{F_0 \text{ (по усл.)}} + F_0 = 2F_0)$

5) $\Delta EZS \sim \Delta TNS \Rightarrow \frac{D}{TN} = \frac{MS}{KS}$; $TN = D \cdot \frac{KS}{MS} = \frac{2}{3}D = V(t_1 - \tau_0)$

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

МФТИ

ШИФР
(заполняется секретарём)

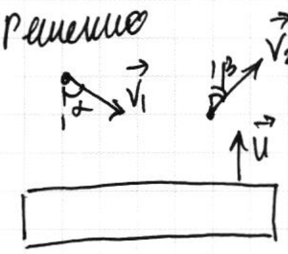
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

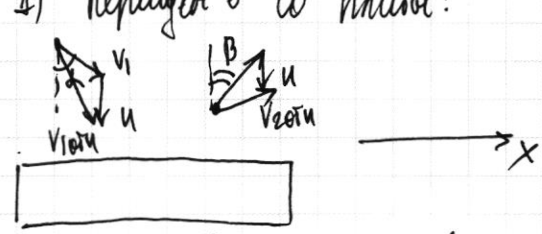
Дано:
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$
$V_1 = 12\ \frac{м}{с}$

1) $V_2 = ?$
2) $u = ?$
Трения нет

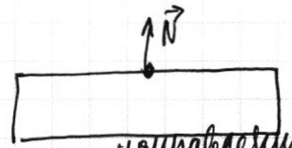
Решение



1) Перейдем в СО плиты:



2) В момент удара:

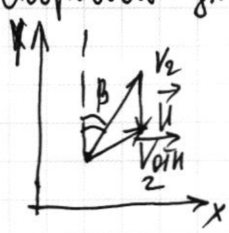


действием силы тяжести пренебрегаем

Силы, действующие в момент удара вертикальные (направленные) $\Rightarrow$ справедлив ЗСИ по гор. оси: ЗСИ: x: $m v_1 \sin\alpha = m V_2 \sin\beta$

$$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12 \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18 \left(\frac{м}{с}\right)$$

3) Нарисуем векторный треугольник скоростей для шарика после отскока от плиты:



Заметим, что $V_{отн\,2y} = V_2\cos\beta - u$. Если $u = V_2\cos\beta$, то шарик после отскока полетит горизонтально; если $u > V_2\cos\beta$, то $V_{отн\,2y}$ будет направлена вниз, т.е. шарик будет лететь навстречу плите, т.е. неупругий удар, заявленный в условии станет невыполнимым. Значит,

$u < V_2\cos\beta$; $u < V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta$; $\boxed{u < V_1 \sin\alpha\, ctg\beta}$

(случай $u = V_2\cos\beta$ нам тоже не подходит, т.к. тогда шарик будет скользить по плите)

$$u < V_1\sin\alpha\sqrt{1-\sin^2\beta}\cdot\frac{1}{\sin\beta}$$

$$u < 12\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{\sqrt{1-\frac{1}{9}}}{\frac{1}{3}} = 6\cdot\frac{\sqrt{8}\cdot 3}{3} = 6\sqrt{8};\quad \boxed{u < 12\sqrt{2}}$$

~~Более того,~~ Точнее сказать, при $u > V_1\sin\alpha\frac{\sqrt{1-\sin^2\beta}}{\sin\beta}$ шарик скорее всего просто останется на плите, прилипнув и скользя по ней.

Ответ: $V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18\ \frac{м}{с}$

$u < V_1\sin\alpha\frac{\sqrt{1-\sin^2\beta}}{\sin\beta}$, $u < 12\sqrt{2}\ \frac{м}{с}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

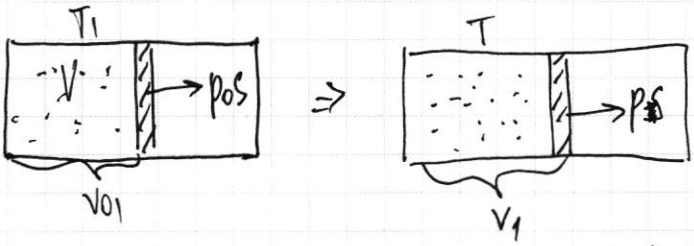
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

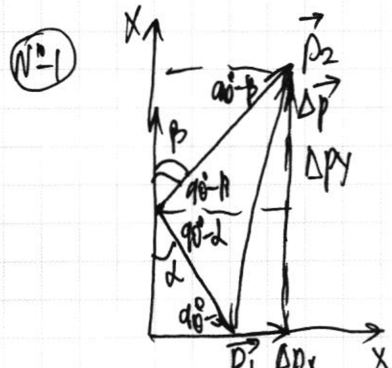


$A = \int p\,dx$

$Q = \frac{5}{2}\nu R dT$

Пусть поршень сдвинулся на x: $\begin{cases} p_0 h_0 S = \nu R T_1 \\ p(h_0S + xS) = \nu R T \end{cases} \Rightarrow pxS = \nu R(T - T_1)$

№1



$\vec{p}_1 + \Delta\vec{p} = \vec{p}_2$

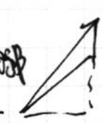
$\begin{cases} \Delta p_x = F_{тр}\Delta t \\ \Delta p_y = N\Delta t \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta p_x}{\Delta p_y} = \mu$

$\Delta p_y = N\Delta t$

№A $\omega\tau = \frac{\pi}{2}$; $\tau = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{T}{2\pi} = \frac{T}{4}$

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

$6\sqrt{2} = v_2 \frac{2\sqrt{2}}{3}$

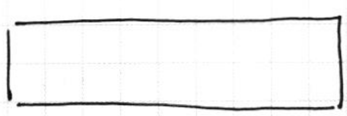


$v_2 = 9$

№4

$v_{1отн\,x} = v_1 \sin\alpha$ $\quad v_1\sin\alpha = v_{2отн\,x}$

$v_{2отн\,y} = v_1\sin\alpha + u$

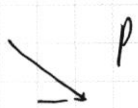


$\delta Q = dU + \delta A$

$c\nu dT = \frac{3}{2}\nu R dT + pdV = \frac{5}{2}pdV + \frac{3}{2}Vdp$

$-c\nu dT = \frac{1}{2}pdV +$

$\begin{cases} p = \frac{\nu R T}{V} = \\ p_0 = \frac{\nu R T_1}{V_{01}} \end{cases} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_1}\cdot\frac{V_{01}}{V} =$



☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)