Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

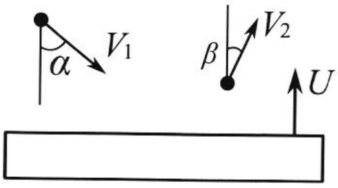
Класс 11

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.

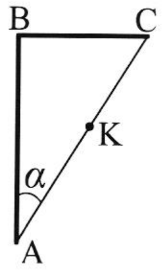
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

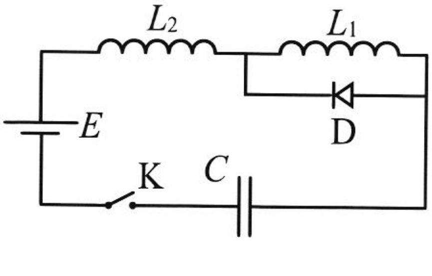
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.



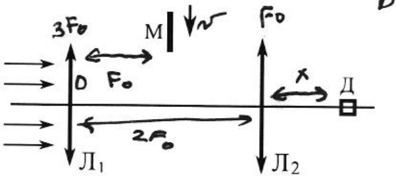
1) Найти период T этих колебаний.

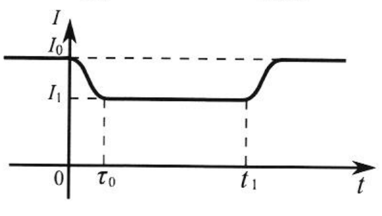
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.

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). $I_1 = 5I_0/9$.

$D \ll F$





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

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

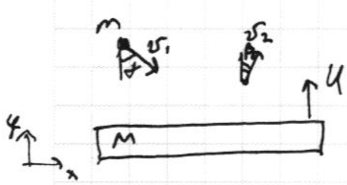
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Плита массивная, т.е. масса плиты $M >> m$ (масса шарика).

$\Rightarrow$ Можно ~~пренебречь~~ считать, что плита не приобретает скорость по горизонтальной оси.



ЗСИ (в проекции на ось x): $m v_1 \cdot \sin\alpha = m v_2 \cdot \sin\beta$

$\to v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1 = 18$ м/с

ЗСИ (ось y): $Mu - m v_1 \cdot \cos\alpha = Mu' + m v_2 \cdot \cos\beta$

скорость плиты после удара

$$M(u-u') = m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha)$$

В результате неупругого столкновения система теряет энергию E.

Запишем энергии системы в моменты до и после удара:

$$\left(\frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}\right) - E = \left(\frac{Mu'^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}\right)$$

Изменение потенциальной энергии $=0$, т.к. действие силы тяж. не учитывается

$$M(u^2 - u'^2) = m(v_2^2 - v_1^2) + 2E$$

$$\underbrace{M(u-u')}_{= m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha)}(u+u')$$

$$u + u' = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha)} + \underbrace{\frac{2E}{m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha)}}_{kE}$$

kE (величина ~ потерям энергии)

$$2u - (u-u') = \frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha} + kE$$

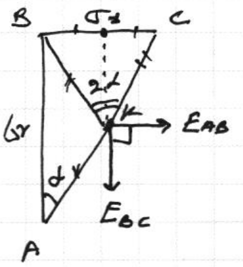
$$u = \frac{1}{2}\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha} + \frac{1}{2}\frac{m}{M}(v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha) + \overset{>0}{kE}$$

$\to 0$ Пренебрежём этим слагаемым

$$\Rightarrow u > \frac{1}{2}\frac{(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{v_1\cos\alpha + v_2\cos\alpha} = \frac{6 \cdot 30 \frac{м}{с}}{2\left(12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 18\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}\right)\frac{м}{с}} = \frac{15}{\sqrt{3} + 2\sqrt{2}} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $v_2 = 18$ м/с 2) $u > \frac{15}{\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}$ м/с

№3



$\triangle ABC$ – п/у $\Rightarrow \angle BKC = 2\angle BAC = 2\alpha$

$E_{BC} = \Omega_1 k \sigma_1$

Ω_1 – объёмный угол, под которым пластина BC видна из точки K.

Полный объёмный угол $= 4\pi \Rightarrow \Omega_1 = \frac{2\alpha}{2\pi} \cdot 4\pi$

$\Downarrow$

$E_{BC} = 4\alpha k \sigma_1$

Исходя из соображений симметрии вектор $\vec{E_{BC}} \perp$ пластине BC и направлен от пластины, т.к. $\sigma > 0$

Аналогично $E_{AB} = \Omega_2 k \sigma_2 = 2\frac{\pi - 2\alpha}{2\pi} \cdot 4\pi\, k\sigma_2 = 2(\pi - 2\alpha) k \sigma_2$

$\vec{E_{AB}} \perp$ пластине AB

Пластины $\perp$-ны $\Rightarrow \vec{E_{AB}} \perp \vec{E_{BC}}$

1) Заряжена только пластина BC $\Rightarrow E_0 = E_{BC} = \pi k \sigma_1$

$\alpha = \frac{\pi}{4}$

Заряжены обе пластины $\Rightarrow E_1 = |\vec{E_{BC}} + \vec{E_{AB}}| = \sqrt{2} E_{BC} = \sqrt{2} E_0$

$\sigma_1 = \sigma_2$

$E_{AB} = 2 \cdot \frac{\pi}{2} k \sigma_2 = \pi k \sigma_1 = E_{BC}$ $\Rightarrow \frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2}$

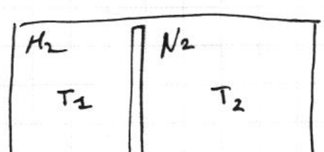
2) $E_{BC} = 4\alpha k \sigma_1 = \frac{4\pi}{5} k \cdot 3\sigma$

$E_{AB} = 2\left(\pi - \frac{2\pi}{5}\right) k \sigma_2 = 2 \cdot \frac{3\pi}{5} k \sigma$

$E = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \frac{6\pi}{5} k \sigma \sqrt{2^2 + 1^2} = \frac{6\sqrt{5}}{5} \pi k \sigma$

Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз 2) $\frac{6\sqrt{5}}{5} \pi k \sigma$

№2



Поршень свободно перемещается по горизонтали $\Rightarrow$ давления в отсеках равны.

В начальный момент: $P_0 V_1 = \nu R T_1$
$P_0 V_2 = \nu R T_2$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350\,K}{550\,K} = \frac{7}{11}$ – отношение нач. объёмов водорода и азота

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

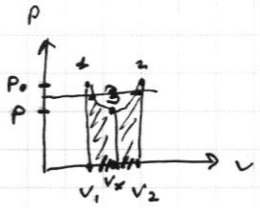
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

V_x - объём водорода в конечный момент

P, T - давл. и температуры в обоих отсеках в конечн. момент

$$PV_x = \nu RT$$
$$P(V-V_x) = \nu RT \Rightarrow \frac{V_x}{V-V_x} = 1 \Rightarrow V_x = \frac{1}{2}V = \frac{V_1+V_2}{2}$$



Поршень движется медленно → в любой момент времени давления в отсеках равны.

$$V_x = \frac{V_1+V_2}{2}$$

Процессы 1-3 и 2-3 симметричны,

т.е. $A_{1-3} + \underbrace{A_{2-3}}_{<0} = 0$

работа водорода работа азота

~~Тогда газы~~

То есть суммарная работа газа $= 0$.

Также в систему не поступало тепло.

Тогда $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

изм. внутр. энергии водорода изм. внутр. эн. азота

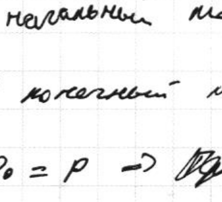
$$\frac{5}{2}\nu R(T-T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T-T_2) = 0$$

$$T - T_1 + T - T_2 = 0 \rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{350K+550K}{2} = 450K$$

В начальный момент: $P_0(V_1+V_2) = \nu R(T_1+T_2) \rightarrow P_0 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V}$

В конечный момент: $P(V_x + V - V_x) = \nu R(T+T) \rightarrow P = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V}$

$P_0 = P \rightarrow$ ~~Газы~~ водород расширяется изобарически



Для водорода: $\Delta U_1 + A_{1-2} = Q$ тепло, переданное от азота

$$Q = \frac{5}{2}\nu R(T-T_1) + \underset{\nu RT - \nu RT_1}{P(V_x - V_1)} = \frac{7}{2}\nu R(T-T_1) = \frac{7}{2}\cdot\frac{6}{7}\text{моль}\cdot 8{,}31\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}\cdot 100\,\text{К} =$$

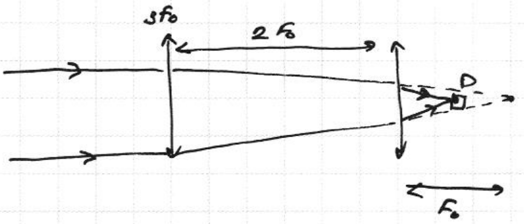
$$= 2493\text{ Дж}$$

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

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№5



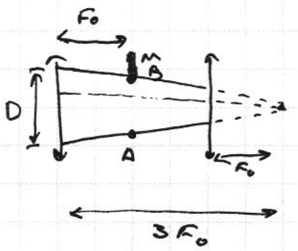
Линза собирает параллельный пучок в фокусе $\Rightarrow$ при отсутствии 2-й линзы лучи бы собрались на расстоянии $3F_0$.

Запишем для L_2 формулу тонкой линзы: $\frac{1}{-F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow$

расстояние до мнимого источника

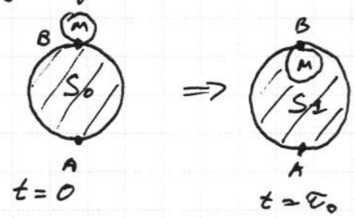
фокусное расстояние

$\Rightarrow f = \frac{F_0}{2}$ - расст. до изображения, т.е. до точки в которой расположен детектор



Рассмотрим сечение пучка AB.

Из подобных Δ-в: $AB = D \cdot \frac{2F_0}{3F_0} = \frac{2}{3}D$



После преломления пучок также имеет однородную интенсивность.

$\Downarrow$

Мощность света пропорциональна площади ~~которую не~~ сечения той части пучка, которую не заслоняет мишень.

На графике между точками 0 и τ_0 изменяется сила тока $\Rightarrow$ изменяется площадь $\Rightarrow$ в течение времени от 0 до τ_0 мишень „заходит" в пучок.

Т.е. за τ_0 мишень проходит $2r$, где r – радиус мишени

$S_0 = \pi\left(\frac{AB}{2}\right)^2 = \pi\left(\frac{D}{3}\right)^2 \qquad S_1 = S_0 - \pi r^2$

$$\frac{S_1}{S_0} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{5}{9} = \frac{\pi\frac{D^2}{9} - \pi r^2}{\frac{\pi D^2}{9}} = \frac{D^2 - 9r^2}{D^2}$$

$$9(D^2 - 9r^2) = 5D^2 \Rightarrow r^2 = \frac{4D^2}{81} \Rightarrow r = \frac{2D}{9}$$

$$\Rightarrow v = \frac{2r}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$$

Аналогично в момент t_1 мишень начинает „выходить" из пучка $\Rightarrow$

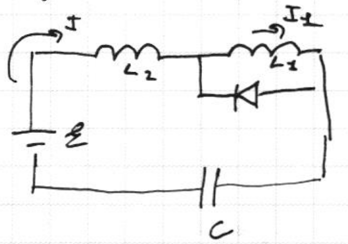
$\Rightarrow$ за t_1 она проходит расстояние AB

$$t_1 = \frac{AB}{v} = \frac{\frac{2}{3}D}{4D} \cdot 9\tau_0 = \frac{3}{2}\tau_0$$

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

№4

В нулевой момент времени: $I = 0 \to Q = 0$



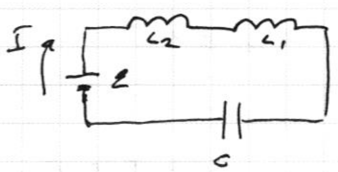
$\to \mathcal{E} = \dot{I} L_2 + \dot{I}_1 L_1$

$\dot{I}_1 \overset{\Downarrow}{=} \dot{I}$

$\dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} = \frac{\mathcal{E}}{7L}$

В L_1 колебания → через период T: $\dot{I}_1(T) = \dot{I}_1(0) = \frac{\mathcal{E}}{7L}$

Рассмотрим систему без диода:



$\mathcal{E} = \dot{I} L_1 + \dot{I} L_2 + \frac{Q}{C}$

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

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{7LC} \Leftarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} = \frac{1}{\sqrt{7LC}}$ — частота колебаний системы

$I = I_0 \cdot \sin\omega t$

$\dot{I} = I_0 \omega \cdot \cos\omega t$

$\dot{I}(0) = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = \frac{\mathcal{E}}{7L} = I_0 \omega \cdot \underbrace{\cos\omega \cdot 0}_{1}$

$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{7L\omega} = \frac{\mathcal{E}}{7L}\sqrt{7LC} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

$\Rightarrow I_{max} = I_0 \cdot \sin\underbrace{\frac{\omega T}{2}}_{\pi} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

Часть периода, во время которой ток $I > 0$ не изменится, поэтому в схеме останутся те же параметры

Ответ: 1) $2\pi\sqrt{7LC}$ 3) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{L}{7L}}$

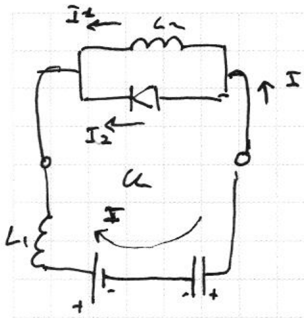
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$I_1 + I_2 = I$

$I_2 = I - I_1 > 0 \quad I_1 < I$

$\to 0$

$U = L_2 \cdot \frac{dI_2}{dt}$

$dI_2 = \frac{U}{L_2} \cdot dt \quad I_2 = \int_0^T \frac{U}{L_2} \cdot dt = 0$

~~Только~~

В момент $t=0$

Ток $=0$

$\Downarrow$

Через период ток $=0$

$I_1 = \int_0^t \frac{U}{L_2} \cdot dt \overset{?}{>} 0$ при $\forall t > 0$, ~~если~~

$U = \mathcal{E} - \dot{I} L_1 - \frac{Q}{C} = \mathcal{E} - \ddot{Q} L_1 - \frac{Q}{C}$

Рассмотрим без диода

$\downarrow$

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

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

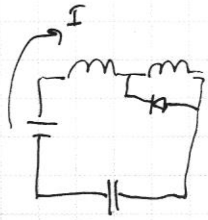
$I_1 < \dot{Q}$

$\mathcal{E} = \frac{Q}{C} + \ddot{Q} L_1 + \dot{I}_1 L$

~~Рабочие?~~

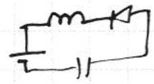
В момент $t=0$ $\quad I_1 = 0$

Рассмотрим как без диода



$I > 0$ - ничего не меняется

$I < 0$:



В момент $T=0$

$\mathcal{E} = \dot{I}_1 L_1 + \dot{I}_2 L_2 =$

$= \dot{I}\, 7L \to$

$\downarrow$

$\dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{7L}$

$Q = 0$

$\mathcal{E} = \dot{I} L_2 + \dot{I}_1 L_1 + \frac{Q}{C}$

$\dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1} - \dot{I}\frac{L_2}{L_1} - \frac{Q}{CL_1} = \frac{\mathcal{E}}{L_1} - \ddot{Q}\frac{L_2}{L_1} - \frac{Q}{CL_1} = \frac{\mathcal{E}}{7L}$ - через период

$\ddot{Q}\frac{3}{4} + \frac{Q}{C \cdot 4L} = \frac{\mathcal{E}}{4L} - \frac{\mathcal{E}}{7L} \quad / \cdot \frac{4}{3}$

$\dot{I} + \frac{Q}{3CL} = \frac{\mathcal{E}}{L} 3 \cdot \frac{5}{7}$

$\ddot{Q} + \frac{Q}{3LC} = \quad \frac{3}{4}\dot{I} + \frac{Q}{C \cdot 4L} = \frac{\mathcal{E}}{L}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{7}\right)$

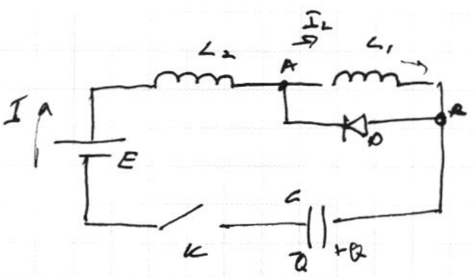
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№4

Выберем направление тока.

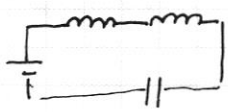
(Не сказано, что колебания гармонические?)

$$\mathcal{E} = \dot{I}L + U_{AB} + \frac{Q}{C}$$

$$\mathcal{E} = \dot{I}L + \frac{\ddot{I}}{C} + U_{AB}$$

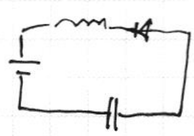
$\dot{Q} = \dot{I}$

$I > 0$



$$U_{AB} = \dot{I}L_2 - \mathcal{E} + \frac{Q}{C} = \dot{I}_L$$

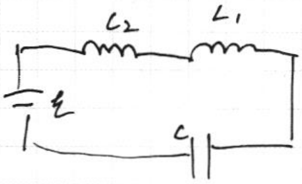
$I < 0$:



$831 \cdot 3$

$$\ddot{Q}L_2 + \frac{Q}{C} = \mathcal{E}C$$

Без диода:



$$\ddot{Q} + \frac{Q}{LC} = 0$$

2400
90
3

$$\mathcal{E} = \dot{I}(L_1 + L_2) + \frac{\ddot{I}}{C}$$

$$\lambda^2 + \frac{1}{LC} = 0$$

$$\ddot{I} + \dot{I}\frac{L_1 + L_2}{C} = \mathcal{E}C$$

Общ. реш: $I = I_0 e^{\lambda t}$

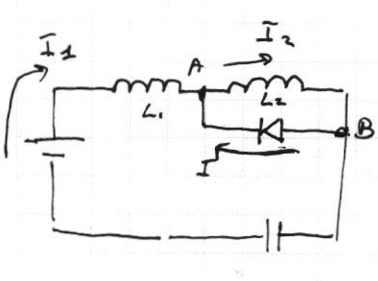
$$I_0 e^{\lambda t}\lambda^2 + I_0 e^{\lambda t}\lambda\frac{L_1 + L_2}{C} = 0$$

$$\lambda \neq 0 \rightarrow \lambda = -\frac{L_1 + L_2}{C}$$

Частное реш.: $I = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} \cdot C^2$

$\frac{dI}{dt}$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} \cdot C^2 t$$

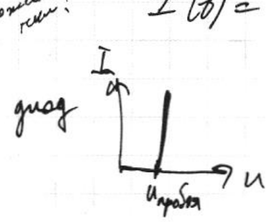


$I(0) = 0$

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} C^2 t + I$$

поменять токи?

$$\frac{2\pi}{\omega} - ?$$

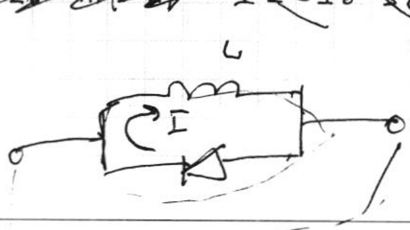


$I = I_2 - I_1$

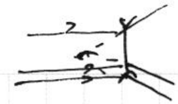
Колебания не гармонические!

$\tau = t + \varphi$

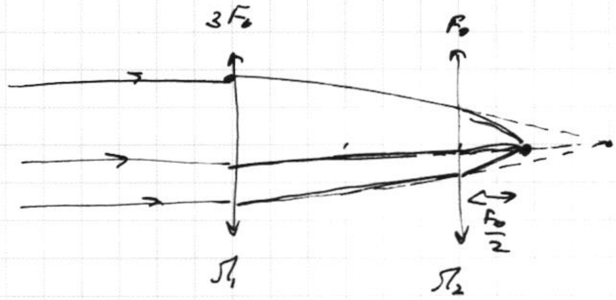
$\cancel{I_1 = I_0 \sin(\Omega t)}$ $I_2 = I_0 \cdot \sin(\omega\tau)$ $U_{AB} = \dot{I}_2 L_2 = \omega I_0 \cdot L_2 \cdot \cos(\Omega\tau)$



$U = \dot{I}L$, $I > 0$ $U \neq 0 / I < 0$



№5



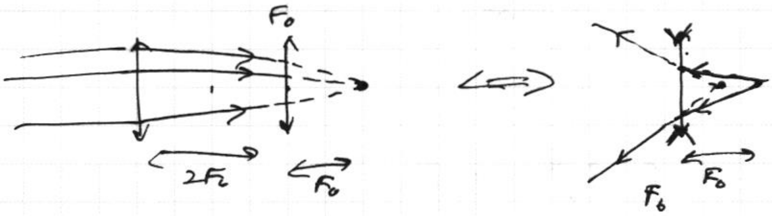
$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}$$

$-F_0$

$$\frac{1}{f}=\frac{2}{F_0} \qquad f=\frac{F_0}{2}$$

1. Пучок света фокусируется на фотодетекторе

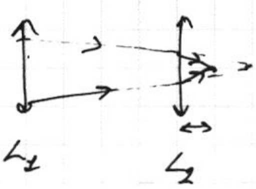
Если нет $Л_2$ → лучи фок. на расст-и $3F_0$, т.е. на F_0 от $Л_2$



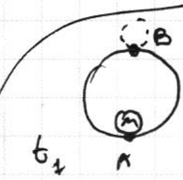
$$\frac{1}{F_0}+\frac{1}{f}=-\frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{f}=-\frac{2}{F_0}$$

$$|f|=\frac{F_0}{2}$$



$$x=\frac{F_0}{2}$$

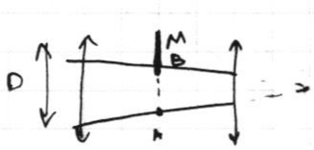


t_1 – момент когда тем ним М «вышла» из пучка,

За t_1 М прошла расст-е AB

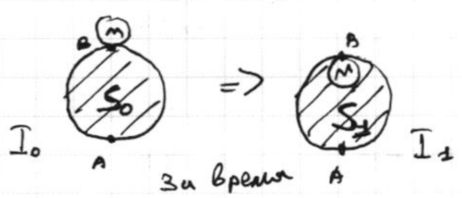
$$\Rightarrow t_1=\frac{AB}{v}=\frac{\frac{2}{3}D}{\frac{4D}{9}}\cdot\tau_0=\frac{3}{2}\tau_0$$

2. Нет размеров мишени?



Подобные Δ-ки: $\frac{3F_0}{D}=\frac{2F_0}{AB}\to AB=\frac{2}{3}D$

$$AB^2=\frac{4}{9}D^2$$



За время τ_0

$$\frac{I_1}{I_0}=\frac{5}{9}=\frac{S_1}{S_0}$$

$$S_0=\pi\left(\frac{AB}{2}\right)^2=\pi\frac{AB^2}{4}=\frac{D^2}{9}$$

$$S_1=S_0-\pi r_1^2$$

радиус мишени М

$$\frac{S_1}{S_0}=\frac{\pi\frac{D^2}{9}-\pi r^2}{\pi\frac{D^2}{9}}=\frac{D^2-9r^2}{D^2}=\frac{5}{9}$$

$$9D^2-81r^2=5D^2$$

$$81r^2=4D^2\Rightarrow r^2=\frac{4D^2}{81}$$

$$\Rightarrow r=\frac{2D}{9}$$

За τ_0 М проходит расстояние $2r$

$$\to v=\frac{2r}{\tau_0}=\frac{4D}{9\tau_0}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$Q = C_V \cdot \nu \Delta T$

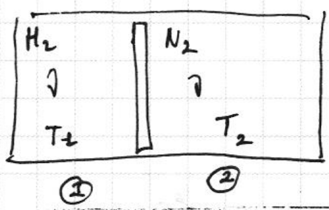
$A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$

$\Delta U = C_V \nu \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

№ 2

Теплопроводящий поршень

$\nu = \frac{6}{7}$ моль $\quad T_1 = 350K \quad T_2 = 550K$



1. Давление в отсеках равно ⟸ поршень свободно перемещается

$P_0 V_1 = \nu R T_1$

$P_0 V_2 = \nu R T_2$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{50 \cdot 7K}{50 \cdot 11K} = \frac{7}{11}$

$P_0(V_1 + V_2) = \nu R (T_1 + T_2)$

$P_0 V = \nu R (T_1 + T_2)$

объём всего сосуда

$P_0 = \nu R \frac{T_1 + T_2}{V}$

$P = \nu R \frac{2T}{V} = \frac{\nu R T_1 + T_2}{V}$

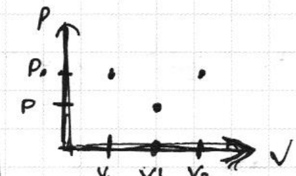
2. V_x – объём отсека с H_2 в конечном состоянии

$P V_x = \nu R T$

$P(V - V_x) = \nu R T$

$PV = 2\nu R T$

Симметричные процессы в P-V координатах $\Rightarrow A_1 + A_2 = 0$



$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = 2 \cdot \frac{3}{2}\nu R T \rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$PV = \nu R (T_1 + T_2) = P_0 V$

1 Медленный процесс $\Rightarrow P_1 = P_2$ в любой момент

2 $V' = \frac{V_1 + V_2}{2}$

~~1 отсек : $U_1 + Q = U_1'$~~ Ещё работа!!

~~$\frac{3}{2}\nu R T_1 + Q = \frac{3}{2}\nu R T \rightarrow Q = \frac{3}{2}\nu R (T - T_1) = \frac{3}{4}\nu R (T_2 - T_1)$~~

$\frac{T_1 + T_2 - 2T_1}{2}$

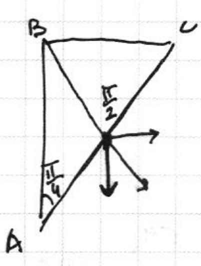
$\Delta U_1 + A = Q \quad \Delta U_2 - A = Q$

~~$Q = \frac{3}{4} \cdot \frac{6}{7}$ моль $8{,}31 \frac{Дж}{К \cdot моль} \cdot \frac{50}{200K}$~~

№ 3

4π – полный объёмный угол

1.



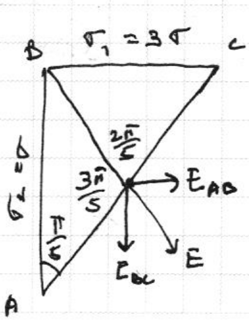
$E_{BC} = k \sigma \Omega = k \sigma \pi = E_0$

$E_{AB} = k \sigma \pi$

$\Rightarrow E = |\vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}| = k \sigma \pi \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$

$\Omega = \frac{\frac{\pi}{2}}{2\pi} \cdot 4\pi = \pi$

2.



$E_{BC} = k \sigma_1 \Omega_1 = k \cdot 3\sigma \cdot \frac{\frac{2\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{3 \cdot 4}{5} k \sigma \pi$

$E_{AB} = k \sigma_2 \cdot \Omega_2 = k \cdot \sigma \cdot \frac{\frac{3\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{3 \cdot 2}{5} \pi k \sigma$

По т. Пифагора $E = |\vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}| = \frac{3 \cdot 2}{5}\pi k \sigma \sqrt{2^2 + 1^2} = \frac{6\sqrt{5}}{5} \pi k \sigma$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

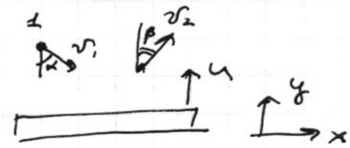
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



Неупругий удар $\Rightarrow$ ЗСЭ не выполняется

ЗСИ (по оси x): $m v_1 \cdot \sin\alpha = v_2 \cdot \sin\beta$

Мас. плита $\Rightarrow M >> m$ $\Rightarrow$ плита не приобретает скорость по оси X

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

~~Перед ЗСЭ~~ ЗСИ (по оси y): $Mu - m v_1 \cos\alpha = M u' + m v_2 \cdot \cos\beta$

$$M(u - u') = m\left(v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta\right)$$

ЗСЭ: $\frac{Mu^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} - E = \frac{M u_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$

потеря энергии при ударе

Не уч. $F_{тяж}$ $\Rightarrow$ потенц. энерг не меняется

$$12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 18 \frac{2\sqrt{2}}{3} =$$

$$M(u^2 - u_1^2) = m(-v_1^2 + v_2^2) + 2E$$

$$\underbrace{M(u - u_1)}_{\shortparallel}(u + u_1) = m(-v_1^2 + v_2^2) + 2E$$

$$m(v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta)$$

$u - u' = \Delta$

$u' = u - \Delta$

$$u + u' = \frac{-v_1^2 + v_2^2}{v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta} + \frac{2E}{m}$$

$$2u - (u - u') = \frac{-v_1^2 + v_2^2}{v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\alpha} + \frac{2E}{m}$$

$$u = \frac{1}{2}\left(\frac{-v_1^2 + v_2^2}{v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\alpha}\right) + \frac{2E}{m} + \frac{m}{M}(v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta)$$

$\to 0$

$$u \geq \frac{1}{2} \frac{-v_1^2 + v_2^2}{v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\alpha} \approx \frac{-12^2 + 18^2}{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 18 \frac{2\sqrt{2}}{3}} = \frac{6(-12 \cdot 2 + 18 \cdot 3)}{6(\sqrt{3} + 2\sqrt{2})} = \frac{30}{\sqrt{3} + 2\sqrt{2}} \frac{м}{с} / 2$$