Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

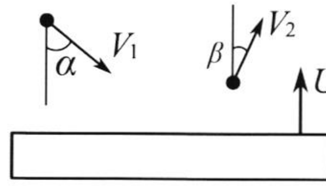
Класс 11

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.

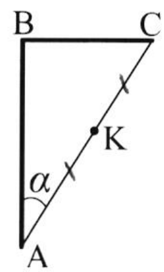
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1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

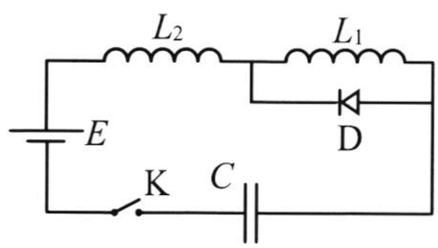
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

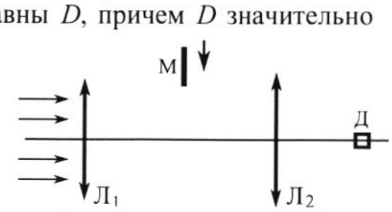


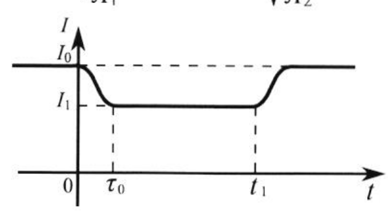
1) Найти период T этих колебаний.

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

Дано:

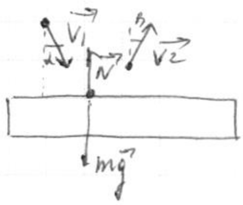
$V_1 = 12$ м/с

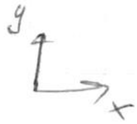
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

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

V_2 — ?

U — ?





При ударе на шарик действуют лишь вертикальные силы: Сила реакции опоры $\vec{N}$ и сила тяжести $m\vec{g}$. (плита гладкая $\Rightarrow F_{тр} = 0$) По ~~3з сохр~~ II з. Ньютона в импульсной форме для шарика

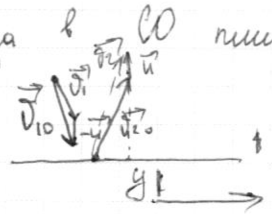
$\vec{N} \cdot dt = m\vec{V_2} - m\vec{V_1}$ ($m\vec{g}$ не учитываем согласно условию)

$Ox: 0 = mV_2\sin\beta - mV_1\sin\alpha \Rightarrow$

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

Плита массивная, значит можем считать изменение её скорости пренебрежимо малым.

Тогда в СО плиты $\vec{\vartheta}_{10} = \vec{\vartheta}_1 - \vec{U}$ — скорость налетания.



При неупругом ударе $\vartheta_{0x} = const$; ϑ_{10y} поменяет направление и уменьшится $\Rightarrow \vartheta_{20x} = \vartheta_{10x} = \vartheta_1\sin\alpha$;

$0 \leqslant \vartheta_{20y} \leqslant \vartheta_{10y} = \vartheta_1\cos\alpha + U$, $\vec{\vartheta}_2 = \vec{\vartheta}_{20} + \vec{U} \Rightarrow U \leqslant \vartheta_{2y} \leqslant 2U + \vartheta_1\cos\alpha$;

$\Rightarrow$ т.к. $\vartheta_{2y} = V_2\cos\beta$, ~~на~~ $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{\sqrt{8}}{3}$, то

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

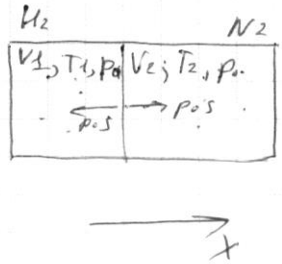
$U \leqslant 18\frac{м}{с} \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} = 6\sqrt{8}\frac{м}{с}$, $U \geqslant \frac{V_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha}{2} = \frac{18 м/с \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} - 12 м/с \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 3\frac{м}{с}(\sqrt{8} - \sqrt{3})$

$\Rightarrow 6\sqrt{8}$ м/с $\geqslant U \geqslant 3(\sqrt{8} - \sqrt{3})$ м/с

Ответ: $V_2 = 18$ м/с; $6\sqrt{8}$ м/с $\geqslant U \geqslant 3(\sqrt{8} - \sqrt{3})$ м/с

$T_1 = 350K$
$T_2 = 550K$
$\nu = \frac{6}{7}$ моль
$C_V = \frac{5}{2}R$
$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

$\frac{V_1}{V_2}$ - ?
T - ?
Q_2 - ?



№2

Изначально ~~на~~ поршень в равновесии. Вдоль Ox на него д-ют лишь силы давления газов => эти давления равны (пусть p_0). Тогда по ур-ю Менделеева-Клапейрона для H_2 и N_2:

$$p_0 V_1 = \nu R T_1 \ (1); \quad p_0 V_2 = \nu R T_2 \ (2) \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{350к}{550к} = \frac{7}{11}$$

Заметим, что $C_V = \frac{i}{2}R \Rightarrow i = 5$ для обоих газов.

Запишем I начало термодинамики для обоих газов. A_1, A_2 - работы H_2 и N_2, их сумма - ноль, т.к. эта работа идет на изменение энергии поршня, которая постоянна $\Rightarrow A_1 + A_2 = 0$ для любого промежуточного состояния газов. Пусть в этом ~~сосуд~~ состоянии температура и объемы давления газов T_1', T_2', V_1', V_2', p_1', p_2'. Тогда

$$Q_1 = \Delta U_1 + A_1 = \frac{5}{2}\nu R(T_1' - T_1) + A_1$$
$$Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \frac{5}{2}\nu R(T_2' - T_2) + A_2$$

$Q_1 + Q_2 = 0$, т.к. сосуд теплоизолирован $\Rightarrow$

$$0 = \frac{5}{2}\nu R(T_1' - T_1 + T_2' - T_2) + A_1 + A_2 \Rightarrow T_1' + T_2' = T_1 + T_2 \quad (3)$$

Ур-е Менделеева-Клапейрона: $p_1'V_1' = \nu R T_1'$, $p_2'V_2' = \nu R T_2'$

Сумма: $p_1'V_1' + p_2'V_2' = \nu R(T_1' + T_2') = \nu R(T_1 + T_2) \overset{(1)+(2)}{=} p_0(V_1 + V_2)$

$V_1' + V_2' = V_1 + V_2$ и $p_1' = p_2'$, т.к. поршень движется медленно т.е. он почти в равновесии $\Rightarrow p_1' = p_2' = p_0$, т.е. теплообмен изобарен.

В конце $T_1' = T_2' = T \Rightarrow$ из (3) $2T = T_1 + T_2$; $T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2}K = 450K$

Объем N_2 в конце: $p_0 V_2' = \nu R T \Rightarrow \frac{V_2'}{V_2} = \frac{T}{T_2}$; $V_2' = V_2 \frac{T}{T_2}$;

$$A_2 = p_0(V_2' - V_2) = p_0 V_2 \left(\frac{T_2 - T}{T_2}\right) = \nu R T_2 \frac{(T_2 - T)}{T_2} = \nu R(T_2 - T)$$

$\Delta U_2 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) \Rightarrow$

$Q_2 = \frac{7}{2}\nu R(T - T_2) = \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{7}$ моль $\cdot 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}(-100)K = -2493$ Дж, "-" говорит о том что тепло N_2 отдал $\Rightarrow$ в ответе $|Q_2| = 2493$ Дж

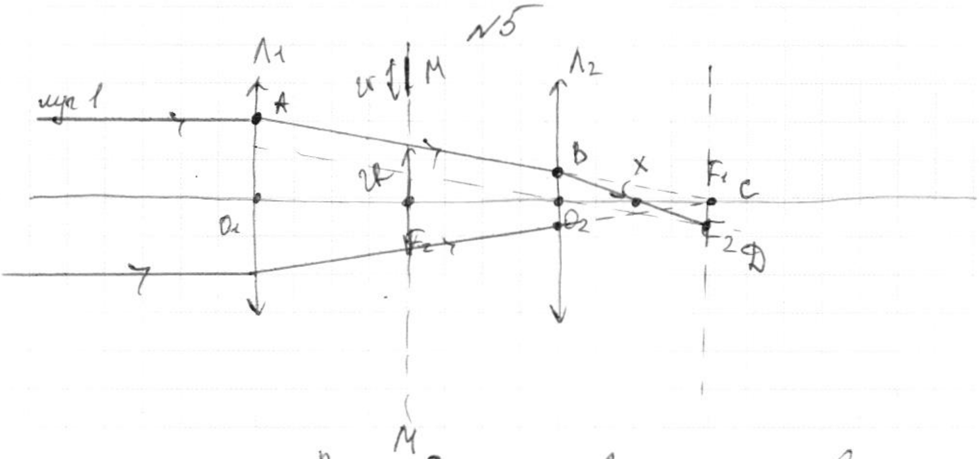
Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11}$; $T = 450$ Дж; $|Q_2| = 2493$ Дж N_2 отдал.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

F_0
D
t_0

$d - ?$
$V - ?$
$t_1 - ?$



Рассмотрим ход луча. Правые фокусы $Л_1$ и $Л_2$ совпадают (точка C). Луч 1 ∥ГОО, преломляется в $Л_1$ в (·) A, т.ч. далее идет по прямой AC (т.к. после преломления такой луч проходит через фокус линзы). На $Л_2$ падает в (·) B. После преломления проходит через (·) D на фокальной плоскости $Л_2$ т.ч. $BC \parallel O_2D$ (школьное построение) $\Rightarrow$ O_2BCD – параллелограмм, $\Rightarrow BD \cap O_2C = X$ и X – середина O_2C – точка пересечения диагоналей параллелограмма $\Rightarrow$ Все лучи проходят через точку X, т.к. $O_2X = \frac{O_2C}{2} = \frac{F_0}{2}$ $\Rightarrow$ все лучи фокусируются в ней $\Rightarrow$ там детектор $\Rightarrow$ $d = O_2X = \frac{F_0}{2}$

Мишень имеет радиус r, сечение пучка в плоскости мишени имеет радиус R. при движении она перекрывает часть лучей, не давая им дойти до детектора. Т.к. $I \sim P$, но $I \neq 0$, то $S_м < S_{сеч}$ ← площади мишени и пучка. Т.к. $D \ll F_0$ можем считать, что интенсивность лучей в плоскости мишени однородна. Значит при закрытии площади $S_м$ интенсивность (и мощность)

№5 (продолжение)

уменьшается. $\frac{I_i}{I_0} = \frac{S_{сеч} - S_i}{S_{сеч}}$, т.к. кол-во лучей через ~~по~~ сечение одинаково, мощность ~ кол-ву лучей.

=> за τ_0 мишень полностью въехала в конус света =>
$\frac{5}{9} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{S_{сеч} - S_м}{S_{сеч}} = \frac{R^2 - r^2}{R^2}$;

$$5R^2 = 9R^2 - 9r^2;\quad r^2 = \frac{4}{9}R^2;\quad r = \frac{2}{3}R$$

Из подобия $\frac{D}{2\cdot R} = \frac{3F_0}{2F_0}$; $R = \frac{D}{3} \Rightarrow r = \frac{2}{9}D$

Расстояние $2r$ мишень прошла за $\tau_0 \Rightarrow V = \frac{2r}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$

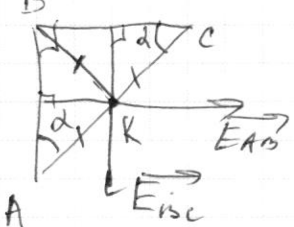
За время $t_1 - \tau_0$ мишень прошла от полного погружения в пучок до состояния перед началом выхода => её нижний край прошел $2R - 2r \Rightarrow t_1 - \tau_0 = \frac{2R - 2r}{V} = \frac{2\cdot 9\tau_0}{4D}\cdot\left(\frac{D}{3} - \frac{2}{9}D\right) =$

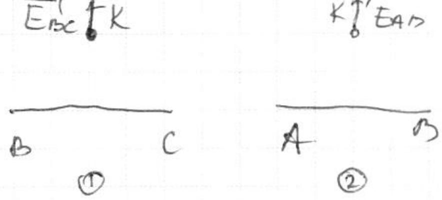
$= \frac{9\tau_0}{2D}\cdot\frac{1}{9}D = \frac{\tau_0}{2}$; $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$

Ответ: $d = \frac{F_0}{2}$; $V = \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}$; $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$

№3

1) $\alpha = \frac{\pi}{4} \Rightarrow$ т.к. $\angle ABC = \cancel{90^\circ}\frac{\pi}{2}$, то $\angle ACB = \angle BAC = \frac{\pi}{4} \Rightarrow$ $AB = BC$. Также т.к. K – середина AC, то $AK = KC = BK$ – св-во медианы прямоуг. $\Delta \Rightarrow \Delta KBC = \cancel{\Delta ABK}\ \Delta KBA$ по 3 сторонам => расстояния от K до AB и от K до BC равны. Пластины одинаковые, в точке на оси они создают ~~одинаковое~~ поле $\perp$ плоскости пластины.





⇐ ① и ② одинаковы с точностью до наложения => $E_{BC} = E_{AB}$ и $\vec{E}_{BC} \perp \vec{E}_{AB}$, т.к. $AB \perp BC$

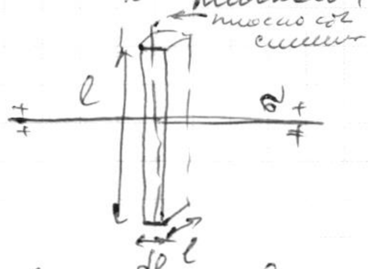
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

Значит, в (·) K сначала было поле $\vec{E_1}=\vec{E_{BC}}$; потом (принцип суперпозиции) $\vec{E_{BC}}+\vec{E_{AB}}=\vec{E_2}$; $E_2=\sqrt{E_{BC}^2+E_{AB}^2}=\sqrt{2}\,E_{BC}$ $\Rightarrow$

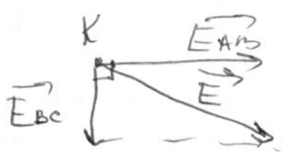
$\frac{E_2}{E_1}=\sqrt{2}$ — увеличилась напряженность в $\sqrt{2}$ раз

2) Рассмотрим равномерно заряженную с плотностью заряда σ бесконечную пластину. На её плоскости симметрии напряженность $\perp$ пластине в силу симметрии. Рассмотрим прямоуг. параллелепипед с толщиной dl-го длиной l и высотой h в плоскости симметрии. Тогда через боковые грани $\vec{E}$ не проходит, вблизи оси симметрии. По т. Гаусса $E\cdot 2dl\cdot l=\frac{\sigma\cdot dl\cdot l}{\varepsilon_0}$ $\Rightarrow$



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

Значит, в (·) K (она в плоскости симметрии BC и AB) д-ют $E_{BC}=\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}$, $E_{AB}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



Тогда по пр. суперпозиции

$\vec{E}=\vec{E_{BC}}+\vec{E_{AB}}$;

$E=\sqrt{E_{BC}^2+E_{AB}^2}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{9+1}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$

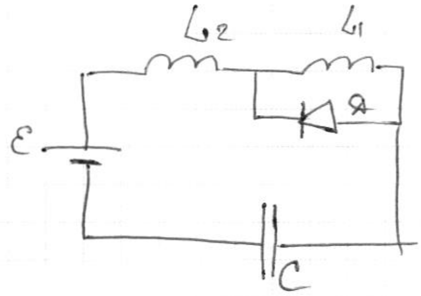
Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз

2) $E_K=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$

№4

$\mathcal{E}$
$L_1 = 4L$
$L_2 = 3L$

T – ?
$I_{м1}$ – ?
$I_{м2}$ – ?



Через ~~L~~ L_1 ток колеблется $I_1 = I_0 \sin(\omega t)$. $\Rightarrow U_{L_1} = L_1 \frac{dI_1}{dt} = L_1 \, I_0 \omega \cos(\omega t) \Rightarrow$

U_{L_1} также колеблется $\Rightarrow$ и на диоде напряж. колеблется.

~~Но~~ Если через диод потечет ток, то для того, чтобы он уменьшился, нужно время т.к. катушки инертны. Значит, на диоде какое-то время напряж. будет постоянным $\Rightarrow$ и на L_1, а этого не может быть (из-за колебаний) $\Rightarrow$ через диод ток не течет. Диод идеален $\Rightarrow$ тепло на нем не выделяется $\Rightarrow$ энергия системы постоянна ЗСЭ: $\mathcal{E} \cdot q = \frac{L_2 I_2^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$;

$q = U_c \cdot C$

$$C \mathcal{E} U_c - \frac{C U_c^2}{2} = \frac{L_2}{2} I_2^2 + \frac{L_1 I_1^2}{2}$$

Раз через диод ток не течет, $I_2 = I_1 = I_0 \sin(\omega t)$

Тогда по II пр Кирхгофа $\mathcal{E} = \frac{L_2 dI_2}{dt} + \frac{L_1 dI_1}{dt} + \frac{q}{C}$, $I_1 = I_2 = \dot{q} \Rightarrow$

$$\mathcal{E} = \frac{L_1 + L_2}{\cancel{2}} \cdot \ddot{q} + \frac{q}{C} \Rightarrow$$

$$\cancel{\ddot{q} + \frac{C(L_1+L_2)}{2} q} \;\; \ddot{q} + \frac{q}{C(L_1+L_2)} = \mathcal{E} \Rightarrow$$

согласно дифф. ур-ю колебаний $\omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi \sqrt{7LC}$. При $I_{1м}$ и соотв $I_{2м}$ $U_{L_1} = U_{L_2} = 0 \Rightarrow$ (т.к. $\frac{dI}{dt} = 0$)

$U_c = \mathcal{E}$, из ЗСЭ $\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot I_м^2$;

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

Ответ: $T = 2\pi \sqrt{7CL}$; $I_{1м} = I_{2м} = \mathcal{E} \sqrt{\frac{C}{7L}}$

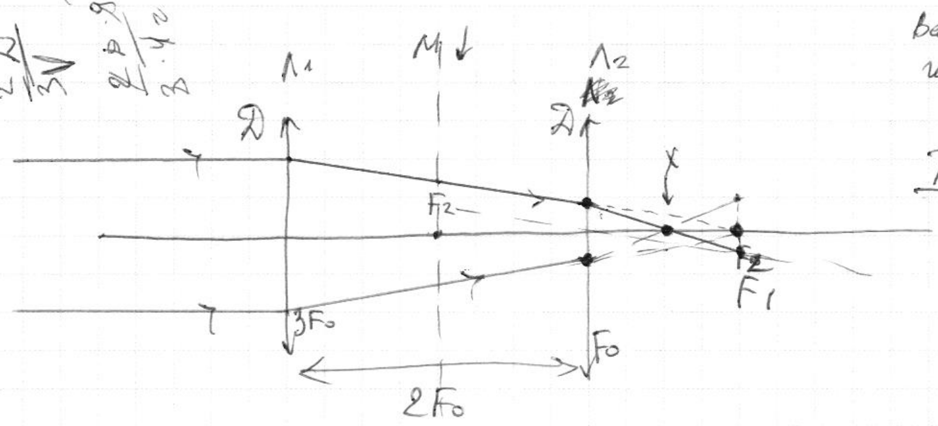
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Все лучи проходят через X, она на $\frac{1}{2}F_0$ от Λ_2. Видимо D в ней.

$I \sim P$

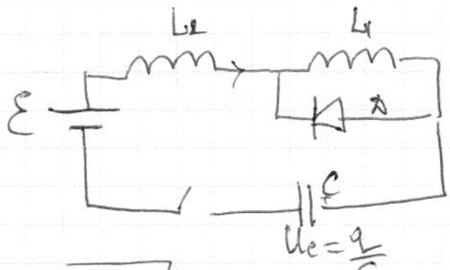
$J = \frac{W}{S}$ входе

При приложении читаю $J = const$

То очев. время, за которое мишень въехала в пучок. видимо по мишени

$J = const$, иначе ток менялся бы. Т.е. М закрывает $\frac{4}{9}J$

т.е. $S_M = \frac{4}{9}S_{кл}$.



$q_C = -\frac{I_0}{\omega}\cos(\omega t)$

$I_1 = I_0 \sin(\omega t)$

$U_{L_1} = \omega I_0 \cos(\omega t)$

Энергия системы постоянна

$I_1 = I_2$ видимо

$U_{L_1 m} < U_0$ ← открытие диода

Все тепло выделится на D

Но на D U ток там нет никогда

$Q_g = \int UIdt = \int q U$, но $I = 0$ все

$\to Q_p = 0$

$T = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

Ну блин, хрень написать

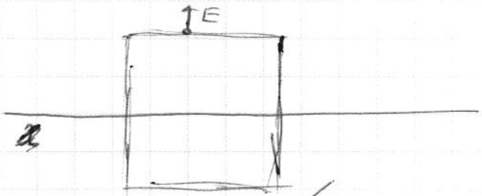
Типа

$$\mathcal{E}q = \frac{L_2+L_1}{2} \cdot I_м^2 + \frac{CU_C^2}{2}$$

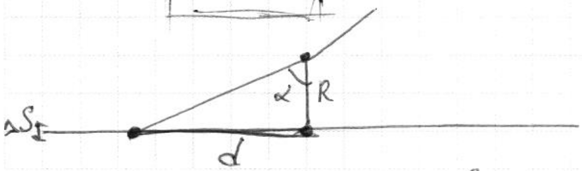
$\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$q = \mathcal{E}C$

$$\boxed{\frac{C\mathcal{E}^2}{L_1+L_2} = I_{m_{1,2}}^2}$$ но как-то не верится

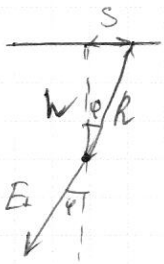


Полоска:



$$\Delta E_\perp = \frac{k\sigma\,\Delta S\Delta d}{(d^2+R^2)^{3/2}}\cdot R \qquad E_{\perp S} = k\sigma R\Delta S\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\Delta d}{(d^2+R^2)^{3/2}}$$

$\Delta q = \Delta S\cdot\Delta d\cdot\sigma$



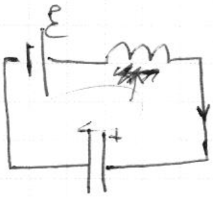
$$\int E_\perp\cdot\frac{\cancel{\sqrt{R^2+S^2}}\,h}{R} = k\sigma\Delta S h\int\frac{\Delta d}{(\ )^{3}}$$

$R^2 = h^2+S^2$

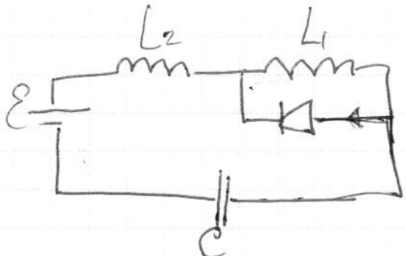
На оси $E\perp$ пластине

$$E\cdot 2\Delta l\cdot l = \frac{\sigma\Delta l}{4\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$ на оси...



$\boxed{Q_g = 0}$



$I_1 = I_0\sin(\omega t)$

$U_1 = I_0\omega\cos(\omega t)$

Через D ток не течет

$U_1 \leq 0$ $\qquad I_1 = I_2$

$q = q_0\sin(\omega t)$

$I_c = q_0\omega\cos(\omega t)$

$U_C = \frac{q_0\sin(\omega t)}{C}$

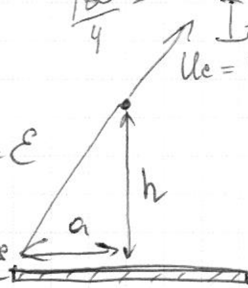
$U_L = -L_2 q_0\omega^2\sin(\omega t)$

$\frac{180}{4} = 45^\circ$

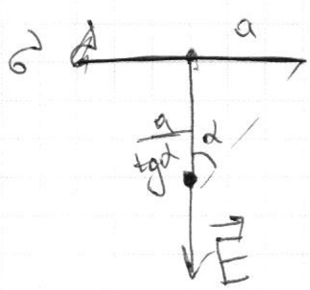
$\frac{\pi}{4} = 45^\circ$?

$I_2 = I_1 = I_C \qquad \mathcal{E} = L_2\ddot q + L_1\ddot q + \frac{q}{C}$

$U_C = \frac{q}{C}$



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

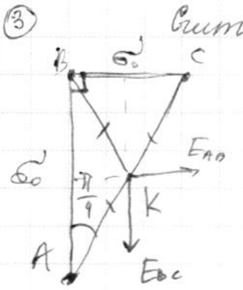


$$\frac{q}{C} + L_2\cdot\ddot q = \mathcal{E}$$

$I_2 = \dot q$

$$q\mathcal{E} = \frac{L_2 I_2^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

③ Считаем, что $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ Но мб учитывать $E(x)$ – ?

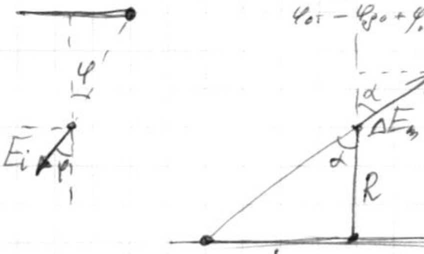


$E_{BC} = E_{AB} = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$

т.е. было E_{BC}, стало $\sqrt{2}E_{BC}$

Мб заряды на пластинах как-то перетекают?

$E_0 = E_1 \cdot \oint \cos\varphi$



А это х бесконечная только в 1 направлении пластина

Поэтому $E \neq \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E = \frac{kq}{r^2}$

$\sum E_i \cos\varphi$

$$\Delta E\cos\alpha = \frac{k\Delta q}{d^2+R^2}\cdot\cos\alpha = \frac{k\Delta q}{d^2+R^2}\cdot\frac{R}{\sqrt{d^2+R^2}} = k\Delta q\frac{R}{(d^2+R^2)^{3/2}}$$

$\Delta q = \lambda\Delta d$

dom $+\infty$ до $-\infty$

$$E_\perp = kR\lambda\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\Delta d}{(d^2+R^2)^{3/2}}$$

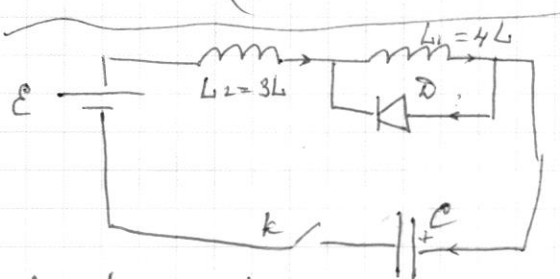
$(d^2+R^2)^{-\frac{3}{2}}$

$$\left(\left(d^2+R^2\right)^{-\frac{1}{2}}\right)' = -\frac{1}{2}\left(d^2+R^2\right)^{-\frac{3}{2}}\cdot 2d$$

Возможно $E_\perp = \frac{\Delta q}{2\varepsilon_0}$

И. Поле от — однородно – фано

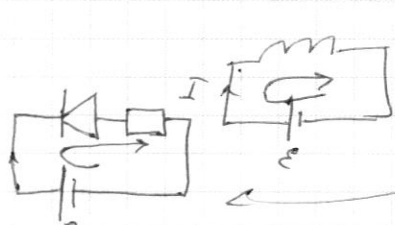
т. Гауса: $E = \frac{\sigma\,\Delta d\cdot l}{2\varepsilon_0\,\Delta d l} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



$I_1 = I_{01}\sin(\omega t)$

$U_{L} = L\cdot\frac{dI_1}{dt} = \boxed{L\cdot I_{01}\omega\cos(\omega t)}$

Если Д закрыт $U_Д > 0$



Если $U_{L_1} > 0$, Д закрыт
$U_{L_1} < 0$, Д видимо открыт

$$L_2\frac{dI_2}{dt} + U_{L_1} + U_C = \mathcal{E}$$

$q = U_C C$

$\frac{dq}{dt} = I_2$

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

$\sin\beta = \frac{1}{3}$ $\cos\beta = \frac{\sqrt{8}}{3}$

$xa + y(b-a) = 7b$

$yb + \cancel{y7}(x-y)a = zb$

831 · 3 = 2493

~~[illegible]~~ $\vartheta_2 > \vartheta_1$

$$N dt = m\vartheta_1\cos\alpha + m\vartheta_2\cos\beta = m\left(12^{6}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 18^{6}\cdot\frac{\sqrt{8}}{3}\right) = 6m(\sqrt{3}+\sqrt{8})$$

$$\int^{u} N dt = MU - MU' = M(U-U') = 6m(\sqrt{3}+\sqrt{8})$$

Видимо ЗСЭ в ИСО

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{m\vartheta_2^2}{2} + \frac{MU'^2}{2} + Q$$

$m(\vartheta_1^2-\vartheta_2^2) + M(U^2-U'^2) \geq 0$

$m(\vartheta_1^2-\vartheta_2^2) + (U+U')\cdot 6m(\sqrt{3}+\sqrt{8}) \geq 0$

$2U \geq U+U' \geq \vartheta_2^2 - \vartheta_1^2 - 6(\sqrt{3}+\sqrt{8}) = 18^2 - 12^2 - 6(\sqrt{3}+\sqrt{8}) = 6\cdot 30$
$= 6(30-\sqrt{3}-\sqrt{8})$

При упругом ударе

$+\vartheta_2\cos\beta + \vartheta_1\cos\beta = 2U$

$U \geq 3(30-\sqrt{3}-\sqrt{8})$

Из ЗСЭ

$\boxed{\vartheta_1\cos\alpha + 2U}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 2л норм
2 норм
3 норм
4
5 +

$tg\beta = \frac{1}{\sqrt{8}}$

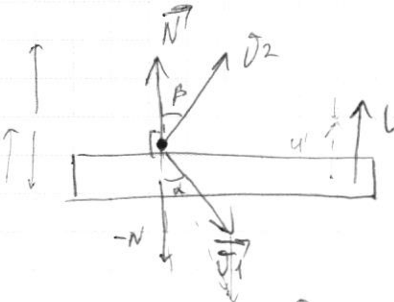
$V_1 = 12$ м/с

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

$\sin\beta = \frac{1}{3}$; $\cos\beta = \frac{\sqrt{8}}{3}$

Неупругий удар
Гладкая поверхность
ϑ-е $F_{тр}$ не учитываем

u - ?



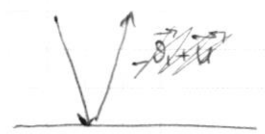
$m\vartheta_{2y} - m\vartheta_{1y}$

По Ox $\Sigma F = 0 \Rightarrow$

$m\vartheta_1 \sin\alpha = m\vartheta_2 \sin\beta$

$\vartheta_2 = \vartheta_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} =$

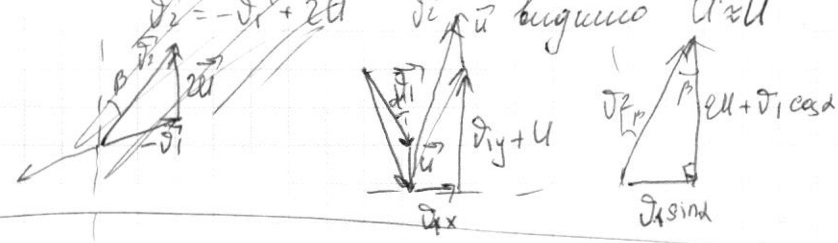
$= \vartheta_1 \cdot \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 1} = \frac{3}{2}\cdot\vartheta_1 = 18$ м/с



$N\Delta t = m\vartheta_2\cos\beta + m\vartheta_1\cos\alpha$

$N\Delta t = -Mu' + Mu = M(u - u') = m(\vartheta_2\cos\beta + \vartheta_1\cos\alpha)$

$\vec{\vartheta_2} = -\vec{\vartheta_1} + 2\vec{u}$ $\vec{\vartheta_2}$ и $\vec{u}$ видимо $u' \approx u$ В СО плиты

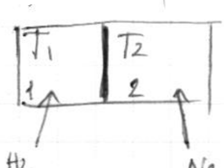


$tg\beta = \frac{\vartheta_1\sin\alpha}{2u + \vartheta_1\cos\alpha} = \frac{1}{\sqrt{8}}$

$\sqrt{8}\vartheta_1\sin\alpha = 2u + \vartheta_1\cos\alpha$

$2u = \vartheta_1\left(\frac{\sqrt{8}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

$u = \frac{\vartheta_1(\sqrt{8} - \sqrt{3})}{4} = 3(\sqrt{8} - \sqrt{3})$



Сосуд теплоизолирован
Поршень проводит тепло
Без трения

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

$C_V = \frac{5R}{2} \rightarrow \boxed{i = 5}$

$\frac{V_1}{V_2}$ - ? T - ? Q - ?

$Q = \Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$

$C_V \nu\Delta T$

Процесс изобарный $\Rightarrow$ $A_1 = (V_1' - V_1)p_0$ Доопишет

1. Изначально видимо давления равны.

$p_0V_1 = \nu RT_1$
$p_0V_2 = \nu RT_2$ $\Rightarrow$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A_1$

$Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) + A_2$ - ?

2. $V_1'p_1 = \nu RT = V_2'p_1$ $\Rightarrow$

$V_1' = V_2' = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_2}{2}\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right)$

$A_1 + A_2 = 0$, $Q_1 + Q_2 = 0$ $\Rightarrow$

$T = \frac{V_2}{2}\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right)\frac{p_1}{\nu R}$

$T - T_1 + T - T_2 = 0$

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

$\nu RT = p_1 \cdot \frac{V_2}{T_2}\frac{(T_1 + T_2)}{2}$ $\Rightarrow$

$T_1' - T_1 + T_2' - T_2 = 0$ $\nu R(T_1 + T_2)$ $p_1(V_1 + V_2) \Rightarrow p_1 = p_0 = const$

$p_1 \cdot V_1' = \nu RT_1'$, $p_1V_2' = \nu RT_2'$ $\nu R(T_1' + T_2') = p_1(V_1' + V_2')$

давления вначале $p_1V_2 = \nu RT_2$ и а потом равно $\Rightarrow p_1 = p_0$