Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

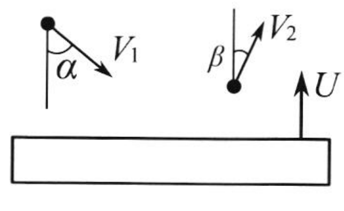
Класс 11

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.

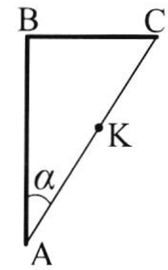
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1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

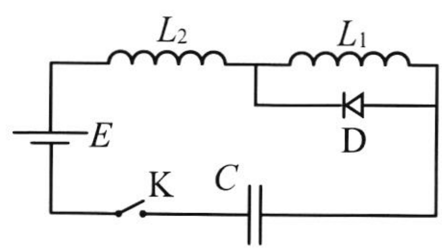
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

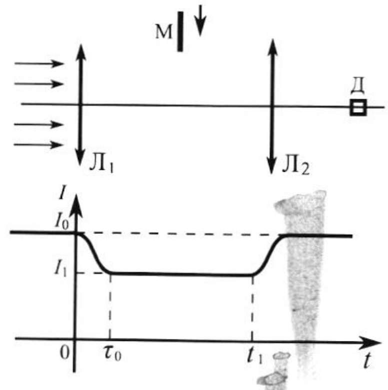


1) Найти период T этих колебаний.

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.

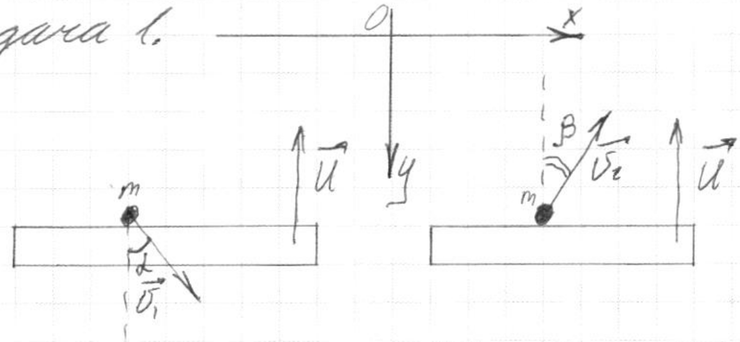
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

1)



момент падения — момент отскакивания.

По оси OX равнодейств. сил на тело равна 0 $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ импульс тела (шарика) вдоль этой оси не изменяется.

$m v_{1x} = m v_{2x}$; $v_{1x} = v_1 \sin\alpha$

$v_{2x} = v_2 \sin\beta$

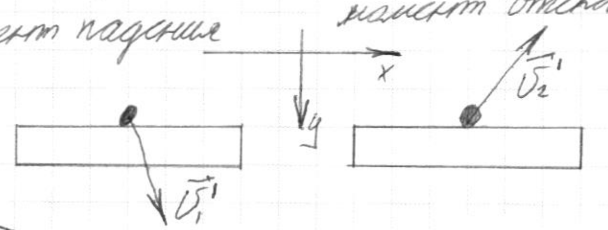
$$\boxed{\sin\alpha = \frac{1}{2};\ \cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \sin\beta = \frac{1}{3};\ \cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}}$$

$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

$v_2 = 12 \cdot \dfrac{1/2}{1/3} = 12 \cdot \dfrac{3}{2} = 18$ м/с

2) Перейдем в ПСО, связ. с плитой

момент падения — момент отскока



$\vec{v}_1'$ и $\vec{v}_2'$ - скорости шарика от-но плиты.

По закону сложения скоростей $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

$v_{1x}' = v_{1x}$; $v_{1y}' = v_{1y} + U$

$v_{2x}' = v_{2x}$; $v_{2y}' = v_{2y} - U$

Т.к. удар не упругий, то часть энергии шарика в процессе взаимодействия перейдет в тепло и деформацию.

Запишем закон сохр. энергии.

$$\frac{m v_1'^2}{2} = \frac{m v_2'^2}{2} + E_n \text{ , где } E_n \text{ - энергия потерь.}$$

$$E_n = \frac{m}{2}(v_1' - v_2')(v_1' + v_2') \text{ ; } E_n > 0 \text{ , } \Rightarrow$$ т.к. потери энергии в любом случае будут при не упругом ударе.

$$\Rightarrow v_1' - v_2' > 0$$

$$\sqrt{v_{1x}^2 + (v_{1y} + u)^2} > \sqrt{v_{2x}^2 + (v_{2y} - u)^2}$$

$$\cancel{v_{1x}^2} + v_{1y}^2 + 2 v_{1y} u + \cancel{u^2} > \cancel{v_{2x}^2} + v_{2y}^2 - 2 u v_{2y} + \cancel{u^2}$$

$$2u(v_{1y} + v_{2y}) > (v_{2y}^2 - v_{1y}^2)$$

$$2u > v_{2y} - v_{1y}$$

$$u > \frac{v_{2y} - v_{1y}}{2} \text{ ; } v_{1y} = v_1 \cos\alpha \text{ ; } v_{2y} = v_2 \cos\beta = \frac{3}{2} v_1 \cos\beta$$

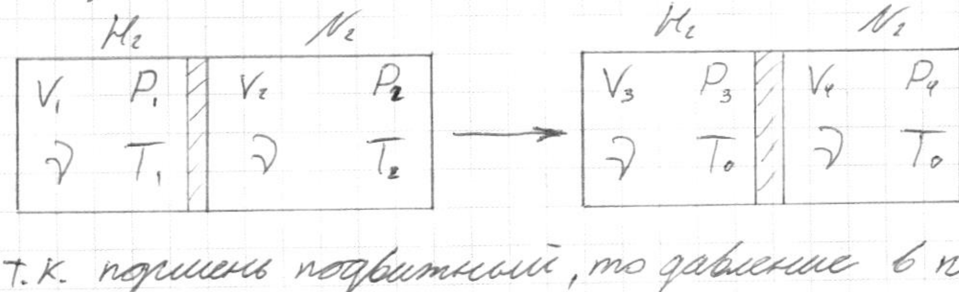
$$u > \frac{v_1\left(\frac{3}{2}\cos\beta - \cos\alpha\right)}{2}$$

$$u > \frac{12\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{2} = 6\left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $v_2 = v_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18$ м/с

2) $u > \dfrac{v_1\left(\frac{3}{2}\cos\beta - \cos\alpha\right)}{2}$; $u > 6\left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ м/с

Задача 2



т.к. поршень подвижный, то давление в первой части всегда равно давлению во второй $P_1 = P_2$

$P_3 = P_4$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к сосуд теплоизолированный, то теплота отданная II частью сосуда, равна теплоте, которую получила ~~вторая~~ первая часть.

$C_{\mu_1}\nu(T_2-T_0)=C_{\mu_2}\nu(T_0-T_1)$

$C_{\mu_1}(t)=C_{\mu_2}(t)$ всегда т.к. $P_1(t)=P_2(t)$ и $dP_1(t)=dP_2(t)$, и $|dV_1(t)|=|dV_2(t)|$

где $P_1(t); P_2(t); V_1(t); V_2(t)$ - ф-ции давления и объема от времени

$T_2-T_0=T_0-T_1 \Rightarrow T_0=\dfrac{T_2+T_1}{2}=450\,K$

Запишем ур-ния Менделеева-Клапейрона для обоих частей в нач. момент.

$$\begin{cases} P_1V_1=\nu RT_1 \\ P_1V_2=\nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{7}{11}$$

т.к кол-во отданное равно кол-ву теплоты принятой

$dQ_1=-dQ_2$; $dQ_1=d(C_{\mu_1}\nu T_1)=C_{\mu_1}\nu dT_1$

$dQ_2=d(C_{\mu_2}\nu T_2)=C_{\mu_2}\nu dT_2$ и $C_{\mu_1}=C_{\mu_2}$

$\Rightarrow dT_1=-dT_2$; $dT_1=d\left(\frac{P_1V_1}{\nu R}\right)=\frac{1}{\nu R}d(P_1V_1)$

$dT_2=d\left(\frac{P_2V_2}{\nu R}\right)=\frac{1}{\nu R}d(P_2V_2)$

$d(P_1V_1)=-d(P_2V_2)$

$dP_1V_1+P_1dV_2=-(dP_2V_2+P_2dV_2)$; $P_1=P_2$ всегда $\Rightarrow$ $dP_1=dP_2$ всегда., и $dV_1=-dV_2$

$dP_1V_1=-dP_2V_2$; $V_1\neq -V_2$ никогда $\Rightarrow$ т.к. сосуд не меняет общего объема.

$\Rightarrow dP_1=dP_2=0$

т.е. $P_1 = P_2 = const$, процесс изобарный.

$C_{\mu p} = C_{\mu v} + R \Rightarrow C_{\mu p} = \frac{7}{2}R$

$\Delta Q_{N_2} = C_{\mu p}\nu(T_2 - T_0) = \frac{7}{2}\nu R\cdot(T_2 - T_0) = \frac{7}{2}\cdot\frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100 = 3\cdot 831 =$

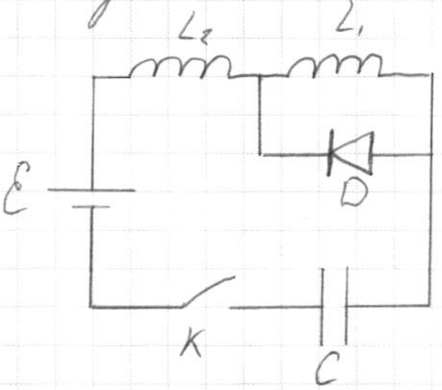
$= 2493$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{11}$

2) $T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = 450\ K$

3) $\Delta Q_{N_2} = \frac{7}{2}\nu R(T_2 - T_0) = 2493$ Дж

Задача 4



Запишем II з-н Кирхгофа, когда ток идет по часовой стрелке (диод закрыт)

$(L_1 + L_2)\frac{dI_1}{dt} + \frac{q_1}{C} = \mathcal{E}$; $\frac{d^2 q_1}{dt^2} = \frac{dI_1}{dt}$

$\frac{d^2 q_1}{dt^2}(L_1 + L_2) + \frac{1}{C}q_1 = \mathcal{E}$

q - заряд на конденсаторе.

$\frac{d^2 q_1}{dt^2} + \frac{1}{C(L_1 + L_2)}q_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2}$ - дифференц ур-ние гармонич. колебаний (смещ. ~~от~~ полож. равновесия)

$q_1(t) = \mathcal{E}C - A\cos(\omega_1 t + \varphi_0)$, где $\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1 + L_2)C}}$ - его решение (несложно убедиться подстановкой). A=const

Период этих колеб. $T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}$

2) Запишем II з-н Кирхгофа, когда ток идет против часовой стрелки (диод открыт). (Однако за положительное направл. тока возьмем по часовой стрелке.)

$L_2\frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{q_2}{C} = \mathcal{E}$

$L_2\frac{dI_2}{dt} + \frac{q_2}{C} = \mathcal{E}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cancel{L_2}$ 4.

$$\frac{d^2q_2}{dt^2}+\frac{1}{L_2C}q=\mathcal{E}$$ – дифференц. ур-ние гарм. колеб со смещ. полож. равновесия.

$q_2(t)=\mathcal{E}C-A_2\cos(\omega_2 t+\varphi_0)$, где $\omega_2=\sqrt{\frac{1}{L_2C}}$ – его решение.

$T_2=2\pi\sqrt{L_2C}$ – период этих колебаний.

В системе будут происходить сложный колеб. процесс, ~~под~~ который при движ. тока по час. стрелке ведет себя как $q_1(t)$, а при движ. против как $q_2(t)$

Период этих колеб равен $T_3=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}$ (очевидно)

$$T_3=\pi\left(\sqrt{(L_1+L_2)C}+\sqrt{L_2C}\right)$$

Ток через катушку L_1 течет только в процессах $q_1(t)$, рассмотрим его.

$q_1(t)=\mathcal{E}C-A_1\cos(\omega_1 t+\varphi_0)$; $\begin{cases} q_1(0)=0 \\ I_1(0)=0 \end{cases} \Rightarrow \varphi_0=0$, $A_1=\mathcal{E}C$

$I_1(t)=\frac{dq_1}{dt}=A_1\omega_1\sin(\omega_1 t+\varphi_0)$;

$$\Rightarrow I_{1max}=A_1\omega_1=\mathcal{E}C\sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$

Чтобы найти I_{max} через L_2 рассмотрим процесс $q_2(t)$ и сравним I_{2max} и I_{1max}

$q_2(t)=\mathcal{E}C-A_2\cos(\omega_2 t+\varphi_0)$

$I_2(t)=\frac{dq_2}{dt}=A_2\omega_2\cos(\omega_2 t+\varphi_0)$

когда начнется процесс $q_2(t)$ условия будут такими: (в момент t_1). Этому несложно убедится подставив $t_1=\frac{T_1}{2}$ в $q_1(t)$

$\begin{cases} q_2(t_1)=2\mathcal{E}C \\ I_2(t_1)=0 \end{cases} \Rightarrow \varphi_0=\pi$; $A_2=\mathcal{E}C$

$$I_{2max} = A_2\omega = \mathcal{E}C\frac{1}{\sqrt{L_2C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$$

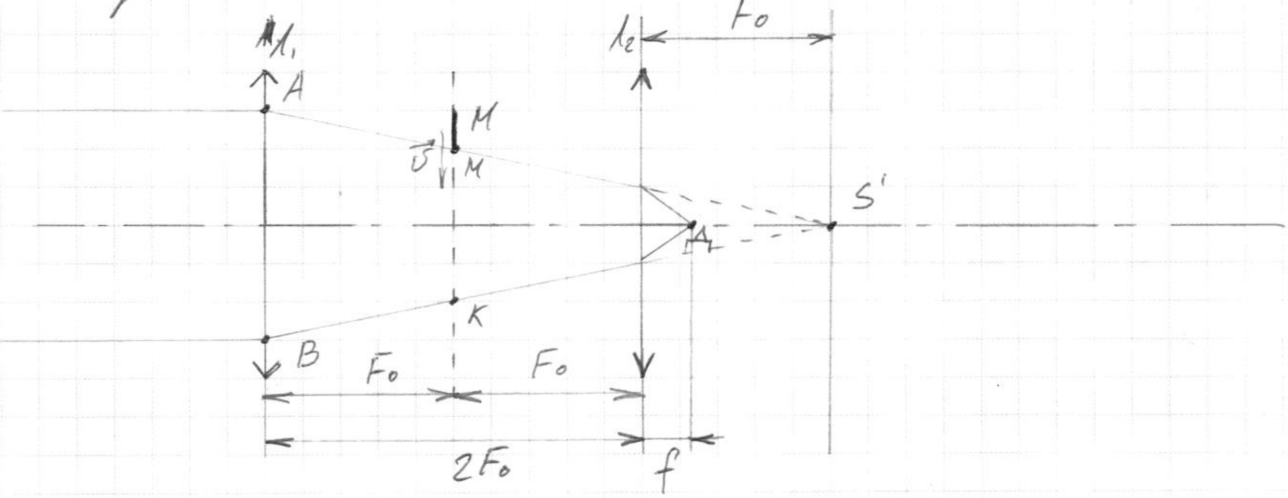
$$I_{2max} > I_{1max} \Rightarrow I_{L_2max} = I_{2max}$$

Ответ: 1) $T=\pi\left(\sqrt{(L_1+L_2)C}+\sqrt{L_2C}\right)$

2) $I_{L_1max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

3) $I_{L_2max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

Задача 5



т.к. пучок, падающ. на Л₁ парал., то его изобр. сфокусир в т. S' на расстоянии фокуса Л₁ от Л₁. Фокусное расстояние Л₁ = $3F_0$ => расстояние между Л₁ и S' = $3F_0$ => расстояние между S' и Л₂ = $3F_0 - 2F_0 = F_0$

Для Л₂ т. Д₁ является изображ., а S' — „мнимым телом". Запишем формулу тонкой линзы.

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

AB = D - диаметр линзы

$\Delta MKS' \sim \Delta ABS'$; $\frac{MK}{AB}=\frac{2}{3} \Rightarrow MK=\frac{2}{3}AB=\frac{2}{3}D$

т.к. сила тока прямо пропорц. мощности падающ. света, то ~~так (?) прямо пропорц~~ уменьш тока прямо-пропорц площади, которую закрывает мишень.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

пусть ~~диаметр~~ радиус мишени r, тогда

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{\pi \frac{1}{9} D^2}{\pi \frac{1}{4} D^2 - \pi r^2}$$

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

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

тогда диаметр ~~мишени~~ мишени $d = 2r = \frac{4}{9} D$

за время τ_0 мишень полностью зашла в область света $\Rightarrow v = \frac{4}{9} D / \tau_0 = \frac{4D}{9\tau_0}$ //

за время t, нижний край мишени полностью прошел область света $MK = \frac{2}{3} D \Rightarrow t = \frac{2}{3} D / v =$

$$= \frac{2D}{3} \cdot \frac{9\tau_0}{4D} = \frac{3\tau_0}{2}$$ //

☐ черновик ☑ чистовик

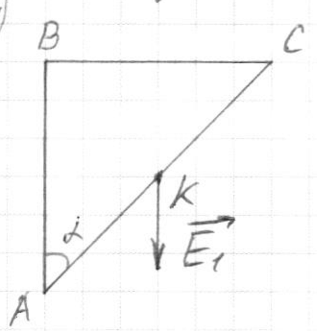
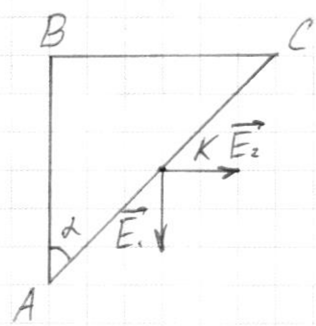
(Поставьте галочку в нужном поле)

Ответ: 1) $f = \frac{F_0}{2}$

2) $v = \frac{4D}{9J_0}$

3) $t_1 = \frac{3}{2} J_0$

Задача 3

1)  2) 

в первом случае $\vec{E}_{1p} = \vec{E}_1$

во втором случае $\vec{E}_{2p} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, где $\vec{E}_p$ - результирующее поле.

$\widehat{\vec{E}_1 \vec{E}_2} = \angle ABC = 90°$; $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = E$ т.к. пластины заряжены одинаковой плотностью заряда и $AB = BC$ т.к. $\triangle ABC$ - р/б т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45°$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{|E_{1p}|}{|E_{2p}|} = \frac{E}{\sqrt{2E^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$; поле увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

2)

Напряж. поля от бесконеч. заряженной пл-сти равна $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ в вакууме, но у нас не пл-ть, а ~~пласт~~ полоса опред. ширины.

~~AB~~ $\frac{BC}{AB} = tg\alpha$; $\rho(K; BA) = \frac{1}{2}BC$; $\rho(K; BC) = \frac{1}{2}AB$

Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз.

H_2		N_2	
P_1	ν	P_1	ν
V_1	T_1	V_2	T_2

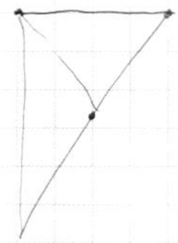
$P_1V_1 = \nu R T_1$

$P_1V_2 = \nu R T_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2}$

$P = nkT$

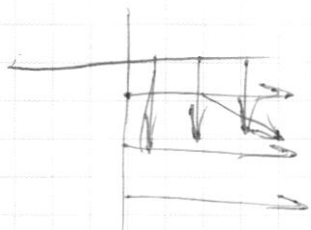


$C_\mu \nu (T_2 - T_0) = C_\mu \nu (T_0 - T_1)$ $\quad \frac{P_1V_1}{\nu R}$

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

$dT_1 = \frac{1}{\nu R} d(P_1V_1) = \frac{1}{\nu R}(dP_1V_1 + P_1dV_1) = \frac{1}{\nu R}(dP_2V_2 + P_2dV_2)$

$\cancel{P(dV_1 - dV_2)} = dP_1V_1 = dP_2V_2$



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

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{(L_1+L_2)C} q = \mathcal{E}$ $\quad \omega = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}$

$q(t) = \mathcal{E}C - A\cos(\omega t + \varphi_0)$

$\frac{q}{C} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}$ $\quad q''(t) = \cancel{A\cos} A \frac{1}{(L_1+L_2)C} \cos(\omega t)$

$\frac{\mathcal{E}(L_1+L_2)C}{\cancel{L_1+L_2}}$ $\quad U_C = \frac{q}{C}$

$A\frac{1}{L_1+L_2C} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}(K - AC) = \mathcal{E}$ $\quad K = \mathcal{E}(L_1+L_2)C$

$\frac{I_0}{\pi \frac{1}{9} D_1^2} = \frac{\frac{5}{9} I_0}{\pi \frac{1}{9} D^2 - \pi \frac{4}{27^2} D^2} = \frac{9}{D^2} = \frac{5}{D^2 - \frac{4}{27 \cdot 3} D^2} =$

$= 9 = \frac{5}{1 - \frac{4}{27 \cdot 3}} =$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

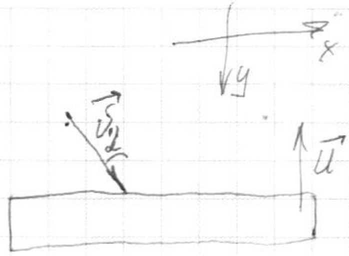
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

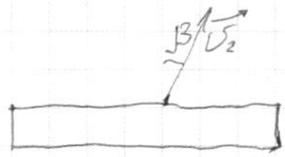
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





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

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

$v_{1x} = v_1 \sin\alpha$

$v_{1y} = v_1 \cos\alpha$

В. ПСО

$v_{1x} = v_1 \sin\alpha$

$v_{1y} = v_1 \cos\alpha + u$

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

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

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

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

$v_{2x} = v_2 \sin\beta$

$v_{2y} = v_2 \cos\beta$

$v_{2x} = v_2 \sin\beta$

$v_{2y} = v_2 \cos\beta - u$

$v_1' = \sqrt{v_{1x}^2 + (v_{1y} + u)^2}$

$v_2' = \sqrt{v_{2x}^2 + (v_{2y} - u)^2}$

$\sqrt{v_{1x}^2 + (v_{1y}+u)^2} - \sqrt{v_{2x}^2 + (v_{2y} - u)^2} > 0$

$v_{1x}^2 + (v_{1y} + u)^2 > v_{2x}^2 + (v_{2y} - u)^2$

$E_{пот} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

г) $v_2 \cos\beta - u = v_1 \cos\alpha + u - v_n$

$\frac{\cancel{3}}{\cancel{2}} v_1 \frac{\cancel{2}\sqrt{2}}{\cancel{3}} - u = v_1 \frac{\sqrt{3}}{2} + u - v_n$

$v_1\left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 2u - v_n$

$v_n = 2u - v_1\left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

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

$\frac{mv_1'^2}{2} = \frac{mv_2'^2}{2} + E_n$

$E_n = \frac{m}{2}\left(v_1' - v_2'\right)\left(v_1' + v_2'\right)$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА