Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

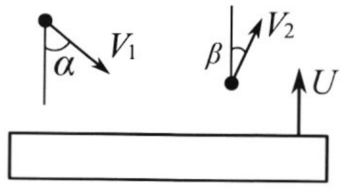
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.



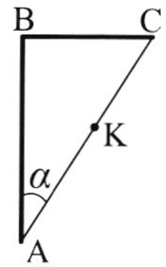
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 300 К, а кислорода T_2 = 500 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 азота и кислорода.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

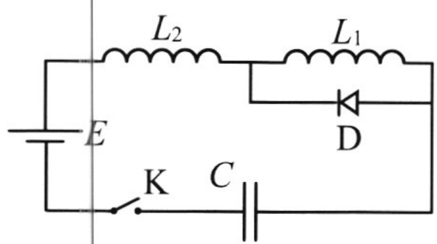
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

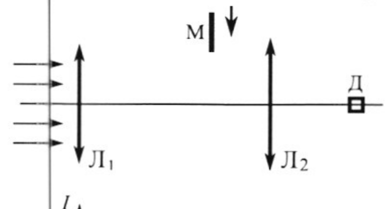
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

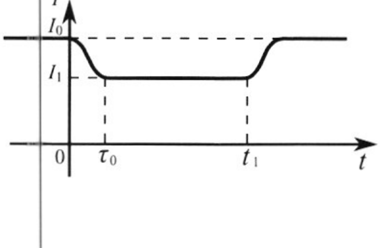
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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 фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

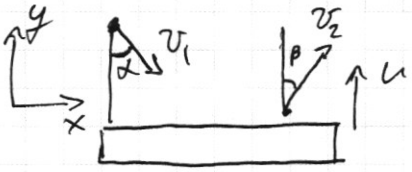
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



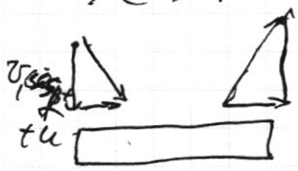
ЗСИ на шарик в проекции на OX:

Т. к. плита гладкая, трения нет. Силы по OX не действ.

1) $m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1 = 12\,\frac{м}{с}$

2) $E_{кин\,нач} - E_{кин\,кон} > 0$, т. к. удар неупругий. Т. к. мы считаем движение шарика равномерным, то можно ~~записать~~ записать ЗСЭ в С.О. плиты, т. к. она, как и Л.С.О. инерциальна.

~~ЗСЭ~~:



$v_2\cos\beta - u$ проекции скоростей по OX неизменны и равны между собой $= v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$

ЗСЭ:

$$\frac{m\left((v_1\cos\alpha + u)^2 + v_1^2\sin^2\alpha\right)}{2} - \frac{m}{2}\left((v_2\cos\beta - u)^2 + v_2^2\sin^2\beta\right) > 0$$

$$v_1^2\cos^2\alpha + 2u v_1\cos\alpha - v_2^2\cos^2\beta + 2u v_2\cos\beta > 0$$

$$2u(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) > -v_1^2\cos^2\alpha + v_2^2\cos^2\beta$$

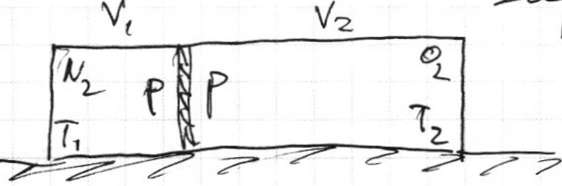
разн квадратов

$$u > \frac{-v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta}{2} = \frac{v_1}{2}\cdot\left(\frac{3\cdot\sqrt{3}}{2\cdot 2} - \frac{\sqrt{7}}{4}\right)$$

$u > \frac{v_1(3\sqrt{3}-\sqrt{7})}{8} \approx 2{,}5\ \frac{м}{с}$

Ответ: $v_2 = 12\ \frac{м}{с}$; $v_1 \approx 2{,}5\ \frac{м}{с}$

Задача 2.



Так как ~~сосуд~~ поршень находится в равновесии в начале (при этом трения нет), давления в обеих частях сосуда равны и равны p.

1) Ур-е состояния газа для N_2:

$pV_1 = \nu RT_1$

для O_2: $pV_2 = \nu RT_2$ поделим одно на другое: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{5}{3}$

2) Поршень движется очень медленно $\Rightarrow$ давления с разных сторон равны в любой момент.

$\Rightarrow dp_1 = dp_2 = dp$

Ур-е сост: $p_1 dV_1 + V_1 dp_1 = \nu R dT_1$

$p_2 dV_2 + V_2 dp_2 = \nu R dT_2$

Из ЗСЭ на систему (см. ниже) следует, что $dT_1 = -dT_2$.

Т.к. общий объем неизменен $dV_1 = -dV_2$;

$p_1 = p_2$ т.к. поршень почти не движется.

сложив ур-я получим, что $(V_1 + V_2)dp = 0$

$\Rightarrow$ процесс изобарный,

ЗСЭ на систему (поршень и газы)

$A_{F_{внешн}} = 0$, $Q_{подвод} = 0$

$\Rightarrow \Delta U = c_v \nu \underbrace{(T_к - T_1)}_{\Delta T_1} + c_v \nu \underbrace{(T_к - T_2)}_{\Delta T_2} = 0$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400K$

Заметим, что из ЗСЭ следует равенство $\Delta T_1 = \Delta T_2$ для любых изменений темпер. (для малых – верно).

3) $Q = \Delta U + A_{газа}$

Для кислорода:

$Q_{получ} = -Q_{отд} = c_V \nu(T_K - T_2) + p\left(\frac{V_1+V_2}{2} - V_2\right)$

$Q_{отд} = \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right) + p\left(\frac{V_2 - V_1}{2}\right)$

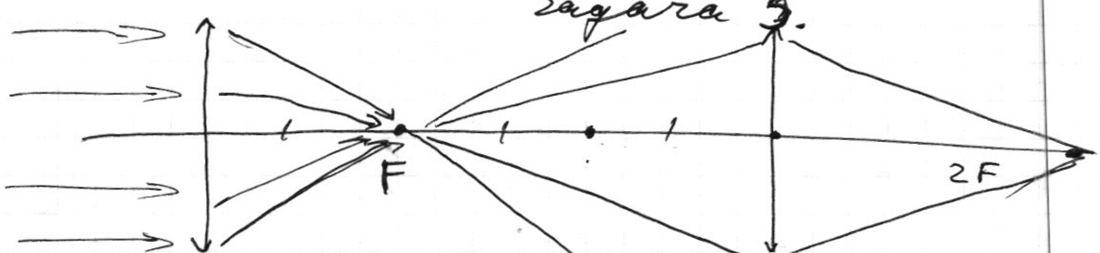
$Q_{отд} = \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right) + \frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{2} =$

$= \frac{(T_2 - T_1)}{2} \cdot \frac{7}{2}\nu R = \frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot \frac{500-300}{2} \cdot 8{,}31$ Дж $= 1243{,}5$ Дж

т. к. темп. равны давления и ν равны, объемы тоже равны в конце.

Ответ: $Q_{отд} = \frac{7}{2}\nu R\left(\frac{(T_2 - T_1)}{2}\right) = 1243{,}5$ Дж, $T_K = 400K$, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{5}{3}$.

Задача 5.

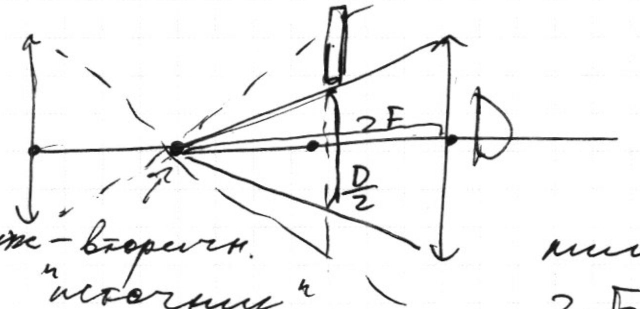


После прохождения через I линзу свет сфокусируется в её фокусе на расстоянии 2F от II линзы.

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{2F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

1) $b = 2F$ – детектор на расстоянии $2F$ от 2-ой линзы.

2) За время τ_0 ~~детектор~~ мишень полностью поместилась в ~~узком~~ конусе света, после преломляющегося в линзе. $\Rightarrow v = \frac{d}{\tau_0}$



Т.к. $D \ll F$, конус света, в который входит мишень имеет высоту $2F$ и диаметр основания D.

Мишень пересекает конус на половине его высоты.

Время от τ_0 до t_1 – время нахождения мишени ~~целиком~~ целиком в конусе света с диаметром осн. D и высотой $2F$

$I \sim N \sim \Omega$ детектора – телесн. углу, через который идет излуч.

$$\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{4}{3} = \frac{\frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4}}{\frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow d^2 = \left(\frac{D}{4}\right)^2$$

$$d = \frac{D}{4}$$

$$\Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{4\tau_0}}$$

Находясь целиком в конусе впоследствии преломившегося света, мишень закрывает свет всей своей площадью; При этом она прошла после момента τ_0 $\frac{D}{2} - \frac{D}{4} = \frac{D}{4}$; это расстояние она прошла за $\tau_0 = \frac{D}{4v}$; $\Rightarrow$ момент t_1 соответствует моменту $\tau_0 + \tau_0 = 2\tau_0$

Ответ: $\frac{b}{2}F$; $v = \frac{D}{4\tau_0}$; $t_1 = 2\tau_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

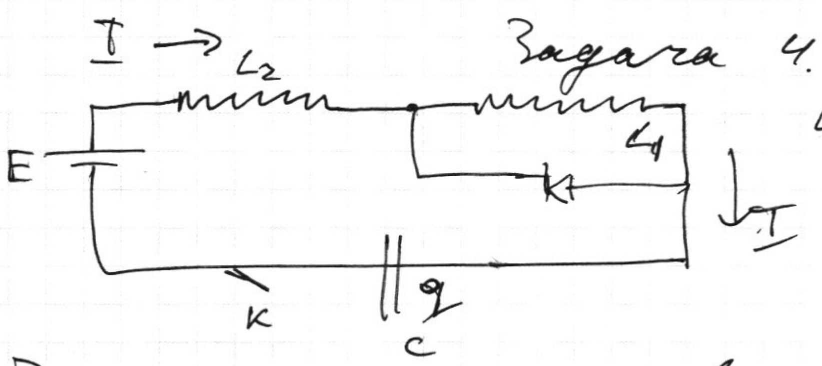
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.



$L_2 = L, \quad L_1 = 2L$

Падение напряжения в контуре (2 катушки + конденс.) — при токе "по часовой стрелке" — положительном. Тогда диод закрыт. Он открыт, когда $I < 0$

L_2 и L_1 послед. соединены $\Rightarrow$ общ. индукт. $= 3L$

q — заряд на конденс. $\quad U_L = -\dot{I} L$

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

$$\frac{q}{3LC} - \frac{E}{3L} + \ddot{q} = 0$$

$q(t=0) = 0$

$I(t=0) = 0$ $\Rightarrow q = CE\left(1 - \cos\sqrt{\frac{1}{3LC}}\, t\right)$

$$I_1 = I = \sqrt{\frac{C}{3L}} \cdot E \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{1}{3LC}}\, t\right)$$

$I > 0$ на половине периода.

$$T_1 = \frac{2\pi\sqrt{3LC}}{2} = \pi\sqrt{3LC}$$

Когда $I = 0$, $\quad q = 2CE$

Для моментов, когда $I < 0$, ток по L_1 не течёт, у нас контур содержит диод, $\Rightarrow$ E, L_2 и C

Аналогично будут гармонич. колеб. с $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

Из начальных усл-ий: $I = 0$, $q_0 = 2CE$ — max

Ур-е для $q(t)$: $q = C\mathcal{E}\left(1+\cos\sqrt{\frac{1}{LC}}\,t\right)$

$I_2 = I = -\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\left(\sqrt{\frac{1}{LC}}\,t\right)$

такие полпериода

$T_2 = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{2} = \pi\sqrt{LC}$

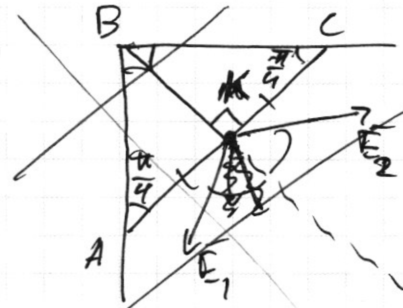
$T_{общ} = T_1 + T_2 = \pi\sqrt{LC}\,(1+\sqrt{3})$

$|I_{1\,max}| = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$ ← max ток через кат. L_1

$|I_{2\,max}| = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$ ← max ток через кат. L_2

Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{3}+1)$; $I_{1m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$; $I_{2m} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$

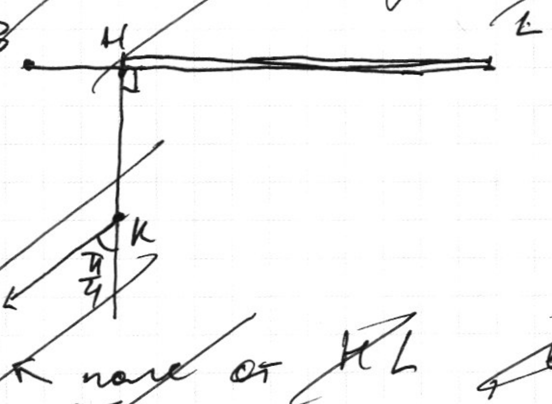
Задача 3

1) 

Пусть BC создавала поле $\bar{E}_1$. Тогда из симметрии, когда AB будет заряжена, она будет создавать симметричное (отн. прямой BK) поле $|\bar{E}_1| = |E_2|$

Новое поле будет равно $\bar{E}_1 + E_2$

Поле от полуплоскости:



$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{2}}$ ← поле от HL ~~в проекции на HK это~~

$= \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

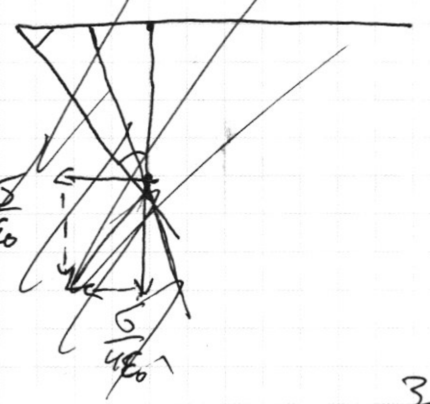
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

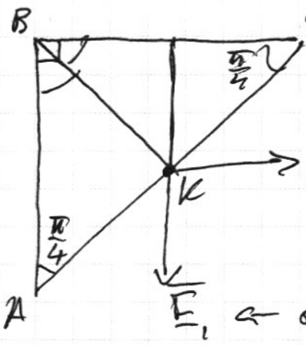
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Когда AB и BC заряжены, поле в т. K направлено вдоль BK. Пусть от BH поле $E_{K\perp}$ – перпенд. пл-ти и $E_{K\parallel}$ – парал. пл-ти.~~



Задача 3

1)



$\vec{E}_2 \leftarrow$ от $\overset{пл}{AB}$

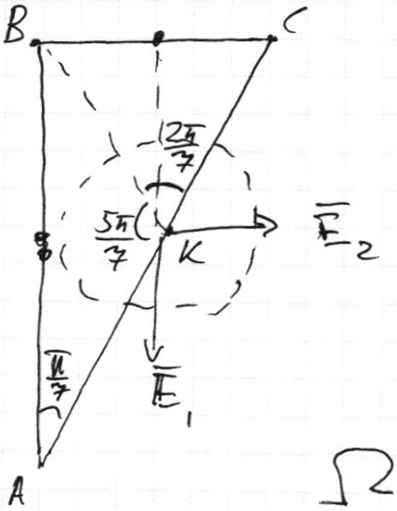
$\vec{E}_1 \leftarrow$ от BC

В силу симметрии, $|E_2| = |E_1|$

Когда AB заряжена, $\vec{E}_{итог} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$|E_{итог}| = \sqrt{2}\,|E_1| \Rightarrow$ в $\sqrt{2}$ раз больше.

2)



$|E| = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \Omega$ ← телесн. угол, под которым видна пл-ть.

Ω_2 – для поля от AB

Ω_1 – для поля от BC.

$\Omega_2 = \frac{\frac{5\pi}{7}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{10\pi}{7}$

$\angle BKC = \frac{2\pi}{7}$, $\angle BAC = \frac{\pi}{7}$ $\qquad \Omega_1 = \frac{4\pi}{7}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$E_1 = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_1 = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}$

$E_2 = \frac{2\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_2 = \frac{5\sigma}{7\varepsilon_0}$

$\cancel{E = \sqrt{E_1^2+E_2^2} = \frac{\sigma}{4\cdot 7\varepsilon_0}\cdot\sqrt{100+64} = \frac{\sqrt{164}\,\sigma}{28\,\varepsilon_0}}$

~~Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sqrt{164}\,\sigma}{28\varepsilon_0}$~~

$E = \sqrt{E_1^2+E_2^2} = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}\sqrt{26}$

В силу симметрии $E_{1,2} \perp$ соотв. пл-тям ① и ②

Ответ: $\sqrt{2}$; $E = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}\sqrt{26}$

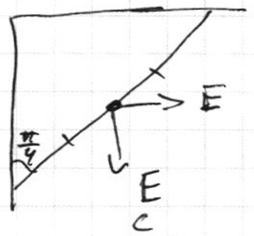
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

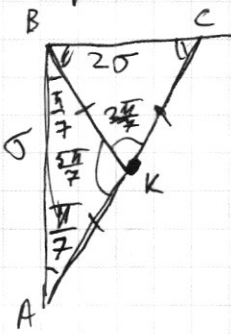
а)



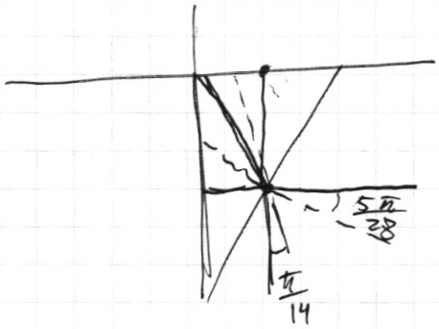
из симметрии $E_1=\sqrt{2}E$

В $\sqrt{2}$ раз

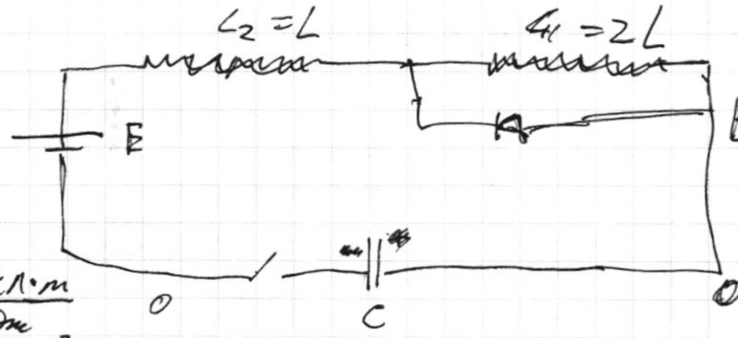
б)



$\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{7}=\frac{5\pi}{14}$



№4



$E-\frac{q}{C}-3L\ddot{q}=0$

~~$E-\frac{q}{C}\ldots$~~

$[C]=\frac{Кл\cdot м}{Дж}$

$[L]=\frac{Дж\cdot c^2}{м}\cdot\frac{}{Кл}$

~~$\omega=\sqrt{\frac{1}{3LC}}$~~

$0=\frac{q}{3LC}-\frac{E}{3L}+\ddot{q}$

$\frac{(q-CE)}{3LC}+\ddot{q}=0$

$q=CE\cdot\left(1-\cos\left(\sqrt{\frac{1}{3LC}}t\right)\right)$

$q(t=0)=0$

$I(t=0)=0$

$I=E\cdot\sqrt{\frac{C}{3L}}\sin\sqrt{\frac{1}{3LC}}t$

$T_1=\pi\sqrt{3LC}$ = пол периода.

$I=0$ $q=max$

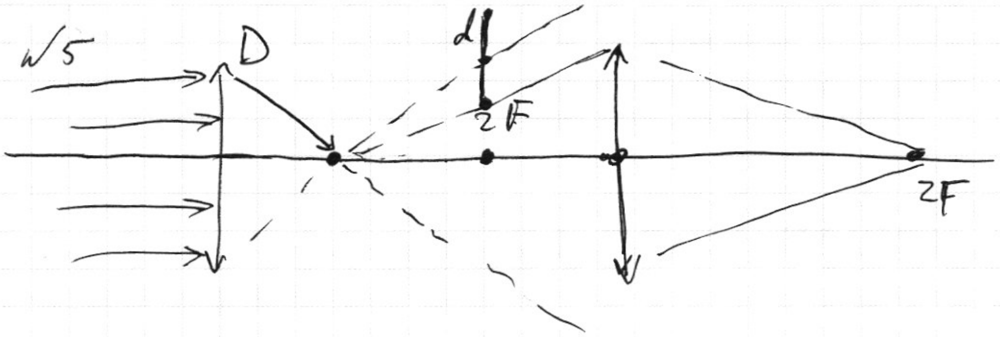
$\dot{I}<0$

$q=2CE$

с диодн.

$q=CE\left(1+\cos\sqrt{\frac{1}{3LC}}t\right)$

№5



$\frac{\pi d^2}{4}$ $\qquad S_{облуч} = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4}$

За время τ_0 пластина сместилась на d.

$v = \frac{d}{\tau_0}$

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{\frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4}}{\frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - d^2} = \frac{4}{3}$$

$$3\left(\frac{D}{2}\right)^2 = 4\left(\frac{D}{2}\right)^2 - 4d^2$$

$$d^2 = \left(\frac{D}{4}\right)^2 \qquad d = \frac{D}{4}$$

$v = \frac{D}{4\tau_0}$. $\qquad$ 50-5 $\qquad \frac{D}{2}$

$t_1 = \tau_0 + \tau_0 = 2\tau_0 \qquad 4{,}5^2 = \frac{2500+25-500}{100} = \frac{2025}{100}$

$(3\sqrt{3}-\sqrt{7})^2 = 34 - 6\sqrt{21} \approx 2(17 - 3\cdot 4{,}6) =$

$= 2(17-12-1{,}8) = \qquad 4{,}6^2 = \frac{2500+16-400}{100}$

$= 2\cdot 3{,}2 = 6{,}4 \qquad = \frac{2116}{100}$

$\cancel{\sqrt{6{,}4} = \frac{8}{\sqrt{10}}}$

640

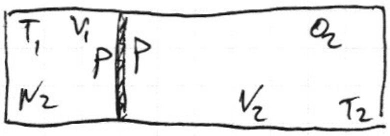
625 $\qquad$ 2,5

$26^2 = 900 - 2\cancel{4}0 + 16 =$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№2 $\nu = \frac{3}{7}$



Начальн момент:
давления равны

$$\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases} \qquad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ЗСЭ на систему:

~~...~~ Работа вн. сил $=0$.

$$c_v \nu (T_1 - T_k) + c_v \nu (T_2 - T_k) = 0$$

$$\frac{T_1 + T_2}{2} = T_k = 400\,K$$

$$Q = A_{газа} + \Delta U$$

$$dA = p\,dV \qquad p = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$p\,dV_1 + V_1\,dp = \nu R\,dT_1$$

$$p\,dV_2 + V_2\,dp = \nu R\,dT_2$$

$$-dV_1 = dV_2$$

Из ЗСЭ на систему

$$p\left(\frac{V_2}{V_1} - \frac{1}{2}\right)V_2 = A \qquad dT_1 = -dT_2 \Rightarrow V\,dp = 0$$

$$= \nu R T_2 \left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{1}{2}\right) = \frac{\nu R T_2 (2T_2 - T_1)}{2T_1}$$

$$\Delta U = c_v \nu \left(T_2 - \frac{T_1 + T_2}{2}\right)$$

$$\frac{3}{2} \cdot 831 = \frac{2493}{2} = 1243{,}5$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

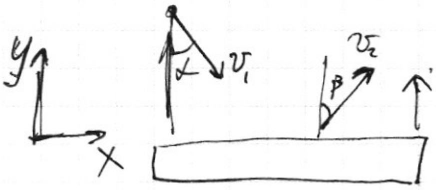
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

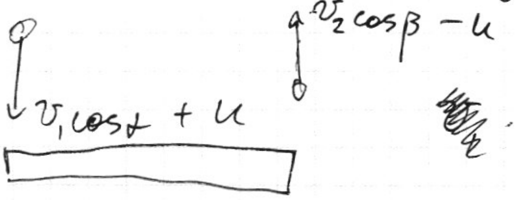


ЗСИ по Ox:

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

$$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1 = 12 \frac{м}{с}$$

ВСО плиты:



$$\cos\beta = \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

Горизонтальные составляющие!

$$\frac{m(v_1\cos\alpha + u)^2}{2} - \frac{m(v_2\cos\beta - u)^2}{2} > 0$$

$$v_1^2\cos^2\alpha + 2uv_1\cos\alpha - v_2\cos^2\beta + 2uv_2\cos\beta + u^2 - u^2 > 0$$

$$v_1\cos^2\alpha + \frac{9}{4}v_1\cos^2\beta > 2u\left(\frac{3}{2}\cos\beta - \cos\alpha\right)$$

$$u < \frac{v_1(4\cos^2\alpha - 9\cos^2\beta)}{4(3\cos\beta - 2\cos\alpha)}$$

$$u < v_1 \cdot \frac{(2\cos\alpha - 3\cos\beta)(2\cos\alpha + 3\cos\beta)}{4\cdot(3\cos\beta - 2\cos\alpha)}$$

$$v_1^2\cos^2\alpha + 2v_1u\cos\alpha + u^2 - (v_2^2\cos^2\beta - 2uv_2\cos\beta + u^2) < 0$$

$$v_1^2\cos^2\alpha - v_2^2\cos^2\beta + 2u(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) < 0$$

$$(v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha)(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) > 2u(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)$$

$$\frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} > u \qquad u < \frac{3\sqrt{3} - \sqrt{7}}{8}$$

$$\frac{\frac{3}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} v_1 > u$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)