Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

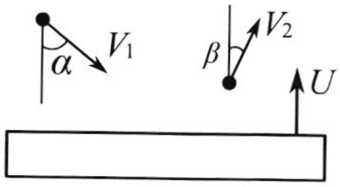
Класс 11

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.

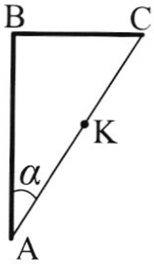
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ 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?

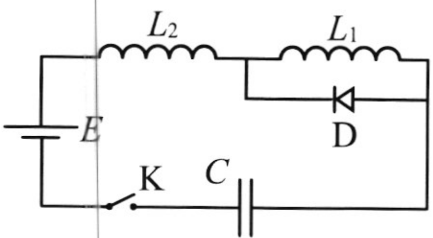
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

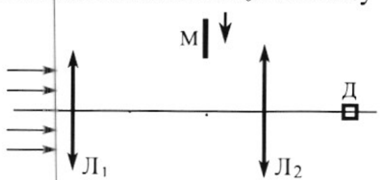


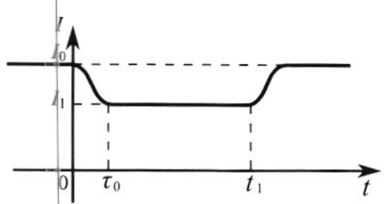
1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 3I_0/4$.



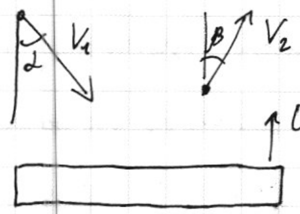


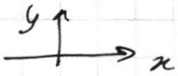
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

№1) Во время удара проекция внешних сил, действующих на шарик, ~~в/через~~ на ось OX равна нулю => в проекции на эту ось выполняется закон сохранения импульса: $V_{1x} = V_{2x}$





$$V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 \cdot \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 12 \text{ м/с}$$

В СО, связанной с плитой, удар упругий (выполняется ЗСЭ) $\frac{mU_П^2}{2} = \frac{mU_O^2}{2}$, где $U_П$ – это скорость подлёта шарика к плите, в связанной с ней СО; U_O – это скорость отлёта шарика от плиты в этой СО.

$$U_{П_x} = V_1 \cdot \sin\alpha \; ; \; U_{O_x} = V_2 \cdot \sin\beta \Rightarrow U_{П_x} = U_{O_x} \Rightarrow U_{П_x}^2 = U_{O_x}^2$$

$$U_{П_y} = -V_1 \cdot \cos\alpha - U \; ; \; U_{O_y} = V_2 \cos\beta - U$$

$$\frac{mU_П^2}{2} = \frac{mU_O^2}{2} \Rightarrow U_П^2 = U_O^2 \Rightarrow U_{П_y}^2 + U_{П_x}^2 = U_{O_y}^2 + U_{O_x}^2 \Rightarrow U_{П_y}^2 = U_{O_y}^2 \Rightarrow$$

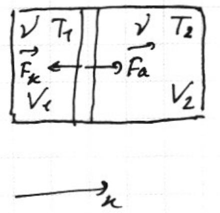
$$\Rightarrow |U_{П_y}| = |U_{O_y}| \Rightarrow V_1 \cos\alpha + U = V_2 \cos\beta - U \Rightarrow U = \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2}$$

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

$$U = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8\frac{\sqrt{7}}{4}}{2} = (3\sqrt{3} - \sqrt{7}) \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с; 2) $U = (3\sqrt{3} - \sqrt{7})$ м/с

№2) В начальный момент времени стержень покоится => выполняется условие равновесия:



$\vec{F_a} + \vec{F_k} = 0$; OX: $F_a = F_k$, где

$\vec{F_a}$ - сила давления азота на поршень в начальный момент времени; $\vec{F_k}$ - сила давления кислорода на поршень в начальный момент времени.

$F_a = p_1 \cdot S$; $F_k = p_2 S$, где S - площадь бокового сечения сосуда;

p_1 - давление азота в начальный момент времени; p_2 - давление кислорода в начальный момент времени.

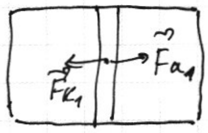
$p_1 S = p_2 S \Rightarrow p_1 = p_2$

Пусть V_1 и V_2 - начальные объёмы азота и кислорода соответственно.

По закону Менделеева - Клапейрона: $\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} =$

$= 0,6.$

В конечный момент времени поршень покоится => выполняется условие равновесия: $\vec{F_{a_1}} + \vec{F_{k_1}} = 0$; OX: $F_{a_1} = F_{k_1}$, где



F_{a_1} и F_{k_1} - силы давления на поршень в конечный момент времени азота и кислорода соответственно.

Пусть p_1' и p_2' - давления азота и кислорода соответственно в конечный момент времени, тогда $\left.\begin{matrix} F_{a_1} = p_1' S \\ F_{k_1} = p_2' S \end{matrix}\right\} \Rightarrow p_1' S = p_2' S \Rightarrow p_1' = p_2'$

Поршень проводящий => в конечный момент времени температуры обоих газов станут одинаковыми и равными T_k.

Сосуд теплоизолированный => выполняется ЗСЭ: $E_н = E_к$, где

$E_н$ и $E_к$ - энергия газов в начальный и конечный моменты времени соответственно.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E_н = U_{a_0} + U_{к_0}$, где U_{a_0} и $U_{к_0}$ - внутренние энергии в начальный момент времени азота и кислорода соответственно.

$U_{a_0} = \frac{5}{2}R\cdot\nu\cdot T_1$; $U_{к_0} = \frac{5}{2}R\cdot\nu\cdot T_2$

$E_к = U_{a_1} + U_{к_1}$, где U_{a_1} и $U_{к_1}$ - внутренние энергии в конечный момент времени азота и кислорода соответственно.

$U_{a_1} = U_{к_1} = \frac{5}{2}R\cdot\nu T_к$

$\frac{5}{2}R\nu T_1 + \frac{5}{2}R\nu T_2 = 2\cdot\frac{5}{2}R\cdot\nu\cdot T_к \Rightarrow T_к = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400к.$

Пусть Q - количество теплоты, которое получил азот от кислорода; тогда по первому правилу термодинамики: $Q = A_a + \Delta U_a$

$\Delta U_a = U_{a_1} - U_{a_0}$

В конечный момент времени по закону Менделеева - Клапейрона:

$$\left.\begin{array}{l} p_1' V_1' = \nu R T_к \\ p_2' V_2' = \nu R T_к \end{array}\right\} \Rightarrow p_1' V_1' = p_2' V_2' \Rightarrow V_1' = V_2'$$, где V_1' и V_2' - объёмы азота и кислорода соответственно в конечный момент времени.

Пусть V_c - объём всего сосуда, тогда $V_1' + V_2' = 2V_1' = V_c \Rightarrow V_1' = \frac{V_c}{2}$;

$V_1 + V_2 = V_1 + \frac{5}{3}V_1 = V_c$; $\frac{8}{3}V_1 = V_c \Rightarrow V_1 = \frac{3}{8}V_c$

$$\left.\begin{array}{l} p_1' V_1' = \nu R T_к \\ p_1 V_1 = \nu R T_1 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{p_1' V_1'}{p_1 V_1} = \frac{T_к}{T_1} = \frac{400}{300} \Rightarrow \frac{p_1'}{p_1} = \frac{4V_1}{3V_1'} = \frac{4\cdot\frac{3}{8}V_c}{3\cdot\frac{1}{2}V_c} = 1 \Rightarrow p_1' = p_1 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ с учётом того, что теплообмен и движение поршня происходили медленно, будем считать, что азот расширялся изобарно, тогда

$Q = \nu C_p\cdot\Delta T = \nu(C_v + R)(T_к - T_1) = \frac{3\cdot 7}{7\cdot 2}\cdot 8{,}31\cdot 100 \simeq \frac{2500}{2} = 1250 Дж$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$; 2) $T_к = 400к$; 3) $Q = 1250 Дж$

№4) Пусть $L_{экв}$ – индуктивность катушки, эквивалентной последовательно подключенным катушкам L_1 и L_2, тогда $L_{экв} = L_1 + L_2 = L + 2L = 3L$

Колебания в цепи будут происходить около некоторого положения равновесия. В ~~момент~~ положении равновесия: $Cq_p = \mathcal{E} \Rightarrow q_p = \frac{\mathcal{E}}{C}$

Когда ток в цепи течет по часовой, он протекает через катушки L_1 и L_2, тогда частота колебаний в этот момент $\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{L_{экв} \cdot C}}$, когда ток течет в цепи против часовой, он проходит по диоду в обход катушки L_1, в этот момент частота колебаний тока в цепи равна $\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}}$; Общий период колебаний в такой цепи равен сумме ~~половин~~ полупериодов колебаний тока в цепи при его движении по часовой и против нее: $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{L_{экв}C}}{2} + \frac{2\pi\sqrt{L_2 C}}{2} = \pi\sqrt{3LC} + \pi\sqrt{LC} =$
$= \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3} + 1)$

Ток в катушке не может изменяться мгновенно, также, как и заряд в конденсаторе, поэтому в начальный момент времени $I_0 = 0$; $q_0 = 0 \Rightarrow E_Н = \frac{LI_0^2}{2} + \frac{q_0^2 C}{2} = 0$, где $E_Н$ – начальная энергия в цепи.

Сила тока в катушках будет максимальной, когда система будет проходить положение равновесия. В этот момент энергия в цепи равна $E_p = E_{k_{max}} + \frac{q_0^2 C}{2}$, где $E_{k_{max}}$ – максимальная энергия катушки.

Тогда по закону сохранения энергии: $E_p - E_Н = \mathcal{E} q_0$

$E_{k_{max}} + \frac{q_0^2 C}{2} = \mathcal{E} q_0 \Rightarrow E_{k_{max}} + \frac{\mathcal{E}^2}{2C} = \frac{\mathcal{E}^2}{C} \Rightarrow E_{k_{max}} = \frac{\mathcal{E}^2}{2C}$

Когда ток течет по часовой: $E_{k_{max}} = \frac{L_{экв} \cdot I_{m_1}^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2C} \Rightarrow I_{m_1} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L_{экв}C}} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}$;

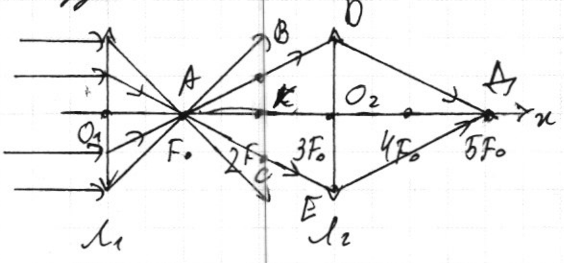
а когда против часовой: $E_{k_{max}} = \frac{L_2 I_{m_2}^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2C} \Rightarrow I_{m_2} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{LC}}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$; 2) $I_{m_1} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}$; 3) $I_{m_2} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{LC}}$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№5) Все световые лучи, падающие на собирающую линзу $Л_1$ параллельно её главной оптической оси, преломившись, проходят через её фокус ⇒ все лучи, падающие на линзу $Л_2$ проходят через фокус линзы $Л_1$, т.е. можно считать, что в фокусе линзы $Л_1$ находится источник, свет которого, после преломления в линзе $Л_2$, фокусируется на фотодетекторе, тогда по правилу ~~…~~ тонкой линзы: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где $d = 3F_0 - F_0 = 2F_0$ ⇒

⇒ $f = \frac{F_0 \cdot d}{d - F_0} = \frac{F_0 \cdot 2F_0}{2F_0 - F_0} = 2F_0$, где f - расстояние между линзой $Л_2$ и фотодетектором, а d - расстояние от линзы $Л_2$ до фокуса линзы $Л_1$.

Сила тока на выходе фотодетектора уменьшается, ~~…~~ потому что часть светового пучка попадает на неё, и не доходит до фотодетектора. Интенсивность пучка в сечении одинакова, поэтому

$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_п - S_м}{S_п}$, где $S_п$ - площадь поперечного сечения пучка в координате $2F_0$;

$S_м$ - площадь мишени. Пусть $D_м$ - диаметр мишени. Мишень движется с постоянной скоростью ⇒ $V = \frac{D_м}{\tau_0}$

$\frac{3}{4} = \frac{S_п - S_м}{S_п} \Rightarrow S_м = \frac{S_п}{4}$;

~~ΔAB~~ $\left.\begin{matrix} BC \perp O_1O_2 \\ DE \perp O_1O_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow$ $\left.\begin{matrix} BC \parallel DE \Rightarrow \angle ABC = \angle ADE \\ \angle BAC \text{ - общий} \end{matrix}\right\} \Rightarrow \triangle ABC \sim \triangle ADE \Rightarrow$

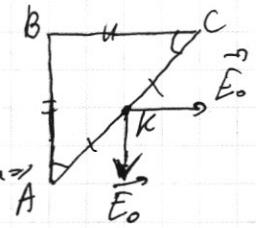
$\Rightarrow \frac{BC}{DE} = \frac{AK}{AO_2} = \frac{F_0}{2F_0} \Rightarrow BC = \frac{DE}{2}$; ~~…~~ $DE = D \Rightarrow BC = \frac{D}{2}$

$S_п = \pi \left(\frac{BC}{2}\right)^2 = \pi \frac{D^2}{16}$; $S_м = \frac{\pi D^2}{64} = \pi \cdot \left(\frac{D_м}{2}\right)^2 \Rightarrow D_м^2 = \frac{D^2}{16} \Rightarrow D_м = \frac{D}{4} \Rightarrow V = \frac{D}{4\tau_0}$

В момент времени t_1 нижняя точка мишени коснется ~~ка~~ нижнего края светового пучка, т.е. $t_1 = \frac{BC}{V} = \frac{\frac{D}{2}}{\frac{D}{4\tau_0}} = 2\tau_0$ (в нулевой момент времени нижняя точка мишени коснулась верхнего края светового пучка)

Ответ: 1) $f = 2F_0$; 2) $V = \frac{D}{4\tau_0}$; 3) $t_1 = 2\tau_0$

№3) 1) $\triangle ABC$ – прямоугольный;



$\angle BAC = \alpha = \frac{\pi}{4}$; $\angle BCA = \frac{\pi}{2} - \angle BAC = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4} \Rightarrow$

$\Rightarrow \angle BAC = \angle BCA \Rightarrow \triangle ABC$ – р/б $\Rightarrow$ BK – медиана и биссектриса $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ т. K равноудалена от BC и AB; $\triangle ABC$ – р/б $\Rightarrow AB = BC$.

Пусть пластина BC создаёт в т. K некоторую напряженность $\vec{E_0}$;

пластину AB заряжают до той же поверхностной плотности заряда; она находится на том же расстоянии от т. K, что и ~~пласт~~ BC; она имеет ту же ширину, что и пластина BC $\Rightarrow$ она будет создавать в т. K точно такую же напряжённость $\vec{E_0}$. По принципу суперпозиции напряженности, результирующая напряжённость $\vec{E_1} = \vec{E_0} + \vec{E_0}$;

$E_1^2 = E_0^2 + E_0^2 \Rightarrow E_1 = \sqrt{2} E_0$; тогда $\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2}$

Ответ: 1) $\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1) В СО, связанной с плитой удар упругий $\Rightarrow v_п^* = v_0^*$, где $v_п$ – скорость подлета шарика отн-но плиты, а v_0 – скорость отлёта шарика. $v_п = V_1\cdot\cos\alpha + U$; $v_0 = V_2\cdot\cos\beta - U$; $v_п = v_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2\cos\beta - U = V_1\cos\alpha + U \Rightarrow V_2 = \frac{V_1\cos\alpha + 2U}{\cos\beta}$

$V_1\cdot\sin\alpha = V_2\cdot\sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ $\Rightarrow V_1\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\cos\beta = V_1\cdot\cos\alpha + 2U \Rightarrow$

$\Rightarrow U = \frac{V_1}{2}(\cancel{\sin}\, tg\alpha\cdot ctg\beta)$

$V_2 = 8\cdot\frac{\frac34}{\frac12} = 12$ м/с; $ctg^2\alpha + 1 = \frac{1}{\sin^2\alpha} \Rightarrow ctg^2\alpha = \frac{16}{9} - 1 = \frac79 \Rightarrow ctg\alpha = \frac{\sqrt7}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow tg\alpha = \frac{3}{\sqrt7}$; $ctg^2\beta = \frac{1}{\sin^2\beta} - 1 = 3 \Rightarrow ctg\beta = \sqrt3$

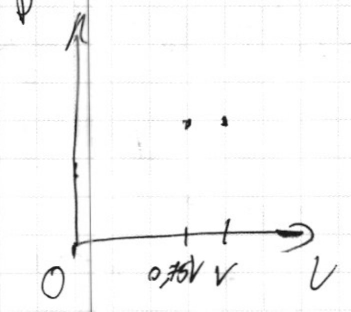
$U = \frac82\cdot\frac{3}{\sqrt7}\cdot\sqrt3 = \cancel{12\sqrt{\frac37}} = \frac{12\sqrt{21}}{7}$

Ответ:

$\cancel{\frac{18\sqrt7}{4}}$ $3\sqrt3 - 2\sqrt3 = \sqrt3$

№2)

$V_2 = 1{,}25V \Rightarrow V_1 = 0{,}75V$



$p_1V_1 = \nu R300$

$p_kV_k = \nu R400$ $\Rightarrow p_kV_k = \frac43 p_1V_1$ $\frac{4V_1}{3p} \Rightarrow p_k = p_1$

$p_2V_2 = \nu R350 \Rightarrow p_2V_2 = \frac76 p_1V_1$

$T_1' = 350$; $T_2' = 750 \Rightarrow \frac{V_1'}{V_2'} = \frac79 \Rightarrow \frac{V_1'}{V} = \frac{7}{16}$

$p_2\cdot\frac{7}{16}V = \frac76\cdot p_1\cdot\frac38 V$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

4) $\mathcal{E}q$ Положение равновесия: $Cq_0 = \mathcal{E} \Rightarrow q_0 = \frac{\mathcal{E}}{C}$

Lq'' отклонение q_1; $\mathcal{E} - Lq_1'' = C(q_1 + q_0)$

$\mathcal{E} \cdot \Delta q + \frac{L(\Delta q')^2}{2} + \frac{\Delta q^2 C}{2}$

$\mathcal{E} - Lq_1'' = Cq_1 + \mathcal{E}$

$L_{общ} = L_1 + L_2$

$T = \frac{T'}{2} + \frac{T''}{2} = \frac{2\pi\sqrt{L_{общ}C}}{2} + \frac{2\pi\sqrt{L_2 C}}{2} = \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{3} + \sqrt{2}\right)$

$\frac{LI_m^2}{2}$

$\frac{LI_m^2}{2} + \frac{q_0^2 C}{2} = \mathcal{E}$

$Lq_1'' + Cq_1 = 0$ $\qquad q_1 = q_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$

$I = -q_m \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

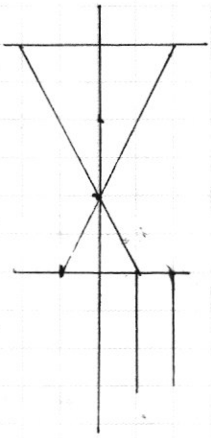
$q_1(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = -$

В начальный момент времени: $q(0) = 0$; $I(0) = 0$

$|q_{1m}| = q_0 \qquad \frac{LI_m^2}{2} + \frac{q_0^2 C}{2} = \frac{4q_0^2 C}{2} \Rightarrow$

$\frac{LI_m^2}{2} + \frac{q_0^2 C}{2} = \mathcal{E}q_0$

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $8{,}85 \cdot 10^{-9}$ $9 \cdot 10^{9}$ $D < F$



$d = 2F_0$ $\quad \frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ $\quad f = \frac{F_0 \cdot d}{d - F_0} = d$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)