Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

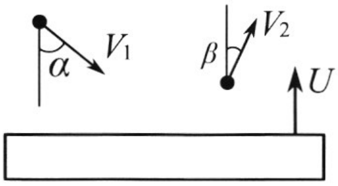
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 6 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ 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.



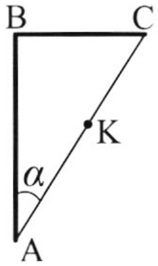
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия T_1 = 330 К, а неона T_2 = 440 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

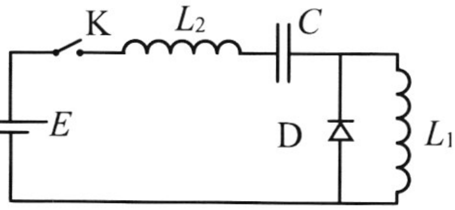
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

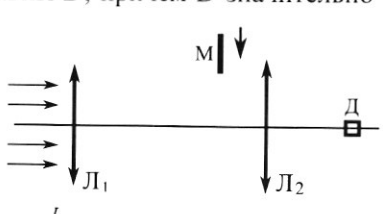
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

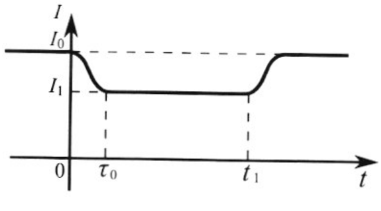
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями L_1 = 3L, L_2 = 2L, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами 1,5F_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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



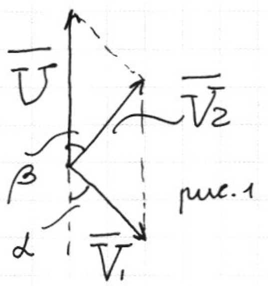


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

Задача 1.

1) Если удар неупругий, значит скорость плиты не изменилась, то есть плита просто сообщила шарику дополнительную скорость, равную U, это значит, что $\bar{V}_2 = \bar{V}_1 + \bar{U}$ (рис. 1). Опустим проекции векторов на



ось, перпендикулярную вектору $\bar{U}$, тогда получим, что $V_2 \sin\beta = V_1 \sin\alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 6 \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12 \text{ м/с}$$

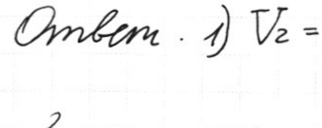
2) Теперь опустим проекции векторов на ось, параллельную вектору $\bar{U}$. Тогда получим, что $U = V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha$; $\cos\beta = \pm\sqrt{1-\left(\frac{1}{3}\right)^2} = \pm\frac{2\sqrt{2}}{3}$

~~sin~~ $\cos\alpha = \pm\sqrt{1-\left(\frac{2}{3}\right)^2} = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$. По условию плита движется вверх, значит $U > 0$. Такое выполняется только когда 1. $U = 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}$ или

2. $U = 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 6 \cdot \left(-\frac{\sqrt{5}}{3}\right) = 8\sqrt{2} + 2\sqrt{5}$

Ответ. 1) $V_2 = 12$ м/с ; 2) $U = \{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5} ; 8\sqrt{2} + 2\sqrt{5}\}$ м/с

Задание 2.



1) вначале поршень находится в равновесии, значит начальные объемы гелия и неона равны, обозначим это давление за p_1. V_1 и V_2 – объемы гелия и неона соответственно, тогда запишем ур-я Клапейрона-Менделеева для газов:

$p_1V_1 = \nu RT_1^{(1)}$ и $p_1V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$.

2) Сосуд теплоизолирован, это значит, что внутренняя энергия его содержимого остается неизменной, что бы внутри не происходило. Пусть T - установившаяся температура, запишем тогда равенство начальной и конечной энергий: $\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT \Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = 375\,K$

3) V - объем всего сосуда; $\frac{V}{2}$ - объемы и гелия и неона так как их температуры, давления, количества вещества одинаковы. $V_1 + V_2 = V$; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow V_1 = \frac{3}{7}V$; $V_2 = \frac{4}{7}V$. Т.к. сосуд теплоизолирован, то теплота, которую передал неон гелию равна теплоте, которую гелий получил. По первому закону термодинамики $\delta Q = dU + \delta A$; для гелия имеем $Q = \Delta U + A$;

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1)$; из (1) следует, что $p_1 = \frac{\nu R}{V} \cdot \frac{7}{3} T_1 = \frac{\nu R}{V} \cdot \frac{7}{3} \cdot 330 = 770\frac{\nu R}{V}$; p - давление газа (гелия) в уст. состоянии после теплообмена, тогда аналогично $p = \frac{\nu RT}{\frac{V}{2}} = \frac{\nu R}{V} 2T = \frac{\nu R}{V} \cdot 2 \cdot 375 = 770\frac{\nu R}{V} \Rightarrow p = p_1$, значит изменение объема происходило при постоянном ~~объеме~~ давлении (процесс квазистатический, то есть медленный). Тогда по определению $A = p\Delta V = p\left(\frac{V}{2} - \frac{3}{7}V\right) = \frac{1}{14}pV = \frac{1}{14} \cdot \frac{\nu R}{V} \cdot \frac{7}{3} T_1 \cdot V = \frac{1}{6}\nu RT_1$; Тогда имеем, что

$Q = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{1}{6}\nu RT_1 = \frac{3}{4}\nu RT_1 + \frac{3}{4}\nu RT_2 - \frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{1}{6}\nu RT_1 =$

$= \frac{3}{4}\nu RT_2 - \frac{7}{12}\nu RT_1 = \frac{\nu R}{4}\left(3T_2 - \frac{7}{3}T_1\right) = \frac{6 \cdot 8{,}31}{25 \cdot 4}\left(3 \cdot 440 - \frac{7}{3} \cdot 330\right) =$

$= \frac{6 \cdot 8{,}31}{100}(1320 - 770) = \frac{6 \cdot 8{,}31 \cdot 550}{100} = 274{,}23$ Дж

Ответ. 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$; 2) $T = \frac{T_1+T_2}{2} = 375\,K$;

3) $Q = \frac{\nu R}{4}\left(3T_2 - \frac{7}{3}T_1\right) = 274{,}23$ Дж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 5.

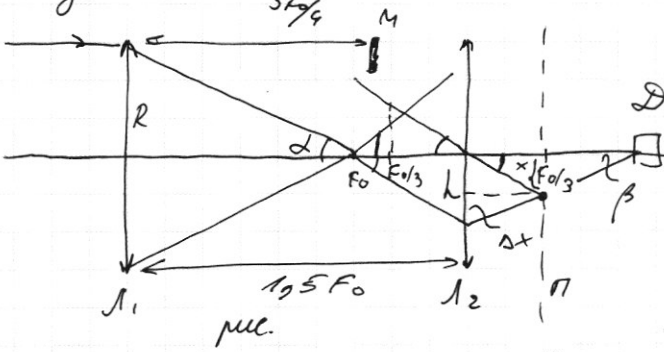


рис.

1) $R = D/2$, построим ход лучей (рис.), $\alpha, h, x, \Delta x$ - обозначения (рис.)

П - фокальная плоскость

$tg\alpha = \frac{R}{F_0}$; $tg\alpha = \frac{h}{0,5F_0} \Rightarrow h = \frac{R}{2}$

$tg\alpha = \frac{x}{F_0/3} = \frac{3x}{F_0} \Rightarrow x = \frac{R}{3} \Rightarrow \Delta x = h - x = \frac{R}{2} - \frac{R}{3} = \frac{R}{6}$; l - расстояние от $Л_2$ до D: $tg\beta = \frac{h}{l} = \frac{R}{2l}$; $tg\beta = \frac{\Delta x}{F_0/3} = \frac{R/6}{F_0/3} = \frac{R}{2F_0} \Rightarrow l = F_0$

2) По условию $N \sim I$, но с другой стороны $N \sim S \Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \frac{I_2}{I_1}$ (1)

L - диаметр мишени; $\frac{H}{F_0/4} = \frac{R}{F_0} \Rightarrow H = \frac{R}{4}$, радиус пучка, где мишень его пересекает. Из (1) и графика получим, что $\frac{\pi(\frac{R}{4})^2}{\pi(\frac{R}{4})^2 - \pi(\frac{L}{2})^2} = \frac{I_0}{I_1} =$

$\Rightarrow 1 - \frac{4L^2}{R^2} = \frac{8}{9} \Rightarrow \frac{4L^2}{R^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{2L}{R} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{L}{R} = \frac{1}{6} \Rightarrow L = \frac{R}{6}$

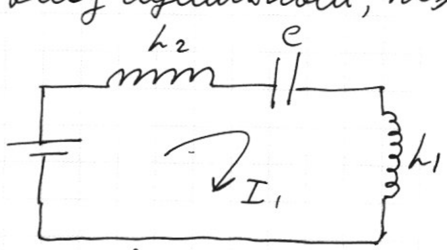
Очевидно, что $\frac{L}{v} = \tau_0 \Rightarrow v = \frac{L}{\tau_0} = \frac{R}{6\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$

3) $\tau_1 - \tau_0 = \frac{\frac{R}{2} - L}{v} = \frac{\frac{D}{4} - \frac{D}{12}}{\frac{D}{12}\tau_0} = 2\tau_0 \Rightarrow \tau_1 = 3\tau_0$

Ответ. 1) F_0; 2) $\frac{D}{12\tau_0}$; 3) $3\tau_0$.

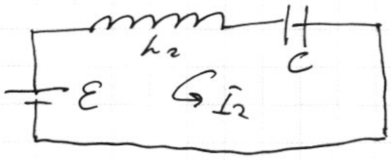
Задание 4.

1) Диод идеальный, поэтому, сначала цепь имеет вид (рис.1).



(рис. 1)

После, когда ток пойдет в обратную сторону, напряжение на катушке L_1 будет равно 0 и ток будет идти через диод. Цепь примет вид (рис. 2)



(рис.2)

поэтому период T складывается из полупериодов $\frac{T_1}{2}$ и $\frac{T_2}{2}$, цепочек 1 и 2 соответственно. Получаем $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} =$
$= \frac{\pi}{\omega_{01}} + \frac{\pi}{\omega_{02}} = \pi\left(\sqrt{(L_1+L_2)C} + \sqrt{L_2 C}\right)$ — по ф-ле Томсона $\Rightarrow T =$
$= \pi\left(\sqrt{(3L+2L)C} + \sqrt{2LC}\right) = (\sqrt{5}+\sqrt{2})\pi\sqrt{LC}$

2) Запишем ур-е колебаний для 1й цепи: $-\mathcal{E} + (L_1+L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$, где q — заряд на конденсаторе C; $\ddot{q} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}(q - \mathcal{E}C) = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow q = \mathcal{E}C + A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Начальные условия: $q(0) = 0$, $\dot{q}(0) = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow 0 = \mathcal{E}C + A\cos\varphi_0$ и $0 = -A\omega_0\sin\varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$ рад $\Rightarrow A = -\mathcal{E}C$
Ур-е примет вид: $q(t) = \mathcal{E}C(1 - \cos(\omega_0 t)) \Rightarrow \dot{q}(t) = -\mathcal{E}C\omega_0 \sin(\omega_0 t)$
Значит максимальный ток через катушку L_1 равен
$I_{01} = \mathcal{E}C\omega_0 = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) При переходе заряд на конд. C равен $\mathcal{E}C$; запишем ур-е для 2й цепи: $-\mathcal{E} - L_2\ddot{q} + \frac{\mathcal{E}C - q}{C} = 0$, где q — заряд, уходящий из конденсатора; $\ddot{q} + \frac{1}{L_2 C}q = 0 \Rightarrow q(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$
$q(0) = \mathcal{E}C$; $\dot{q}(0) = 0$; $\Rightarrow \mathcal{E}C = A\cos\varphi_0$ и $0 = -A\omega_0\sin\varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$ рад;
$A = \mathcal{E}C \Rightarrow q(t) = \mathcal{E}C\cos(\omega_0 t) \Rightarrow \dot{q}(t) = -\mathcal{E}C\omega_0\sin(\omega_0 t)$, значит аналогично $I_{02} = \mathcal{E}C\omega_0 = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{L_2 C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

Ответ. 1) $T = (\sqrt{5}+\sqrt{2})\pi\sqrt{LC}$; 2) $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$; 3) $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 3.

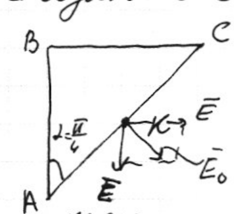
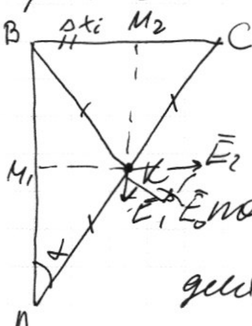
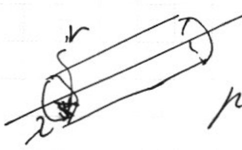


рис. 1.

1) E - поле, которое создаёт пластина BC. Тогда в первом случае, когда $\alpha = \frac{\pi}{4}$, она создает такое же поле, т.к. поверхностные плотности зарядов одинаковые (см. рис. 1) Тогда поле станет равно $E_0 = \sqrt{E^2+E^2} = \sqrt{2}E$, то есть увеличится в $\sqrt{2}$ раз.



2) $AK = CK = BK$; M_1 и M_2 - середины AB и BC соответственно. поле в т. K есть суперпозиция полей от BC и AB. Рассмотрим сначало поле для BC, разрежем BC на много очень тонких полос Δx_i; у этих полос линейная плотность равна $\lambda = \frac{dq}{dl}$; Применив теорему Гаусса: $E\cdot 2\pi r \cdot L = \frac{\lambda L}{\varepsilon_0} =$



$= E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ - получим поле ~~от~~ от этой полосы на расстоянии r. Так как т. B и т. C симметричны относительно M_2, то горизонтальные составляющие поля взаимно уничтожатся, тогда поле в т. K, создаваемое пластиной BC равно $E_1 = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 \cdot M_2K}\cdot BC = \frac{\sigma_1}{2\pi\varepsilon_0 \cdot M_2E}$,

Аналогично для пластины AB: $E_2 = \frac{\sigma_2}{2\pi\varepsilon_0 \cdot M_1K}$; $\frac{M_1K}{M_2K} = tg\,\alpha$

$\bar{E}_1 \perp \bar{E}_2$; т.к. $\angle ABC = 90°$; значит поле E_0 равно: $E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} =$

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{tg^2\alpha}} = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{1+16ctg^2\alpha} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{1+16ctg^2\frac{\pi}{8}} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{1+16\cdot\frac{2+\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{\frac{34+15\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}}$$

Ответ. 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{\frac{34+15\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}$

He, ν	He, ν
T_1	T_2

$p_2 V_1' = \nu RT$; $p_2 V_2' = \nu RT \Rightarrow V_1' = V_2' = \frac{V}{2}$

2) $\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = \frac{770}{2} = 375K$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow V_1 = \frac{3}{7}V$; $V_2 = \frac{4}{7}V$

$p_1 = \frac{\nu R \cdot 330}{\frac{3}{7}V} = \frac{\nu R}{V}\cdot 770$; $p_1 = p_2 = p$

$Q = \Delta U + A$: $A = p\Delta V$; $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T-T_1)$; $A = p\left(\frac{V}{2} - \frac{3}{7}V\right) =$

$= \frac{7-6}{14} pV = \frac{1}{14}pV$; $p = \frac{\nu RT}{\frac{V}{2}} = \frac{2\nu RT}{V} \Rightarrow A = \frac{1}{14}\cdot\frac{2\nu RT}{V}\cdot V =$

$= \frac{1}{7}\nu RT \Rightarrow Q = \frac{3}{2}\nu R(T-T_1) + \frac{1}{7}\nu RT = \left(\frac{3}{2}+\frac{1}{7}\right)\nu RT - \frac{3}{2}\nu RT_1 =$

$= \frac{21+2}{14}\nu RT - \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{23}{14}\nu RT - \frac{3}{2}\nu RT_1 = \nu R\left(\frac{23}{14}T - T_1\right) =$

$= \frac{6}{25}\cdot 8{,}31\left(\frac{23}{14}\cdot 375 - 330\right) = \frac{6}{25}\cdot 8{,}31\left(\frac{23}{2\cdot 7}\cdot\frac{770}{2} - 330\right) =$

$= \frac{6}{25}\cdot 8{,}31\left(\frac{23\cdot 110}{4} - 330\right) = \frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot\frac{2530-1320}{4} =$

$= \frac{3}{50}\cdot 8{,}31\cdot 1210 = \frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot 121 = \frac{6\cdot 8{,}31\cdot 121}{10} =$

$= 603{,}306$ Дж

8,31 | 14

$375 = \frac{770}{2} = 14{,}4$

375 − 35 = 24 | 7 / 5

23 · 11 = 23, 23, 253

8,31 · 6 = 49,86

49,86 · 121 = 4986 + 9972 + 4986 = 6033,06

$\frac{3}{4} - \frac{3}{2} + \frac{1}{6} =$

$= \frac{18-36+4}{24} = \frac{22-36}{24} = -\frac{14}{24} = -\frac{7}{12}$

$\frac{6\cdot 8{,}31}{100}$

440 · 3 = 1320

1320 − 770 = 550

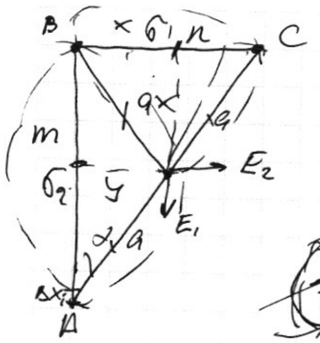
8,31 · 6 = 49,86

49,86 · 55 = 24930 + 24930 = 274,230

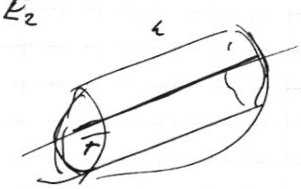
$\frac{3}{2}\nu R(T-T_1) + \frac{1}{7}\nu RT$

$T = \frac{T_1+T_2}{2}$; $T_1 + T_2 = \frac{pV}{\nu R}$

$\frac{1}{14}\nu R(T_1+T_2) = \frac{1}{14}pV$



$\cancel{\lambda = d} \quad \lambda = \frac{dq}{dl}$



$E \cdot 2\pi r \cdot h = \frac{\lambda h}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi r \varepsilon_0}$

1) $E \cdot 2\pi h^2 = \frac{\sigma_1 \cdot \pi h^2}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}$

$E_1 = \frac{\lambda}{2\pi r \varepsilon_0}; \quad E_1 = \frac{\lambda \cdot \cancel{2a}}{2\pi x \varepsilon_0} = ; \quad E_2 = \frac{\lambda \cdot b}{2\pi y \varepsilon_0} = \frac{\sigma_2}{2\pi y \varepsilon_0}$

$= \frac{\sigma_1}{2\pi x \varepsilon_0}$

$\cos\frac{\pi}{4} = 2\cos^2\frac{\pi}{8} - 1 \Rightarrow \cos^2\frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2}}{4} + \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2}+2}{4} \Rightarrow$

$\cancel{\Rightarrow \cos^2} \Rightarrow \cos\frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2} \Rightarrow$

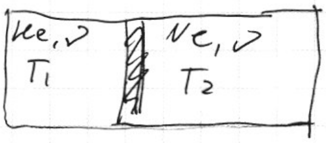
$\Rightarrow \sin\frac{\pi}{8} = \sqrt{1 - \frac{2+\sqrt{2}}{4}} = \frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{2} \Rightarrow ctg\frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2+\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}}$

$\frac{2-\sqrt{2}+32+16\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}} = \frac{34+15\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

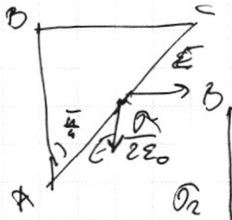


1) $p_1V_1 = \nu RT_1$; $p_1V_2 = \nu RT_2 \to \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{440} = \frac{3}{4} = 0,75$

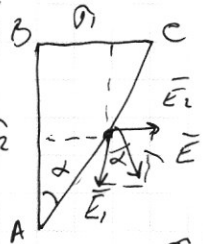
2) $p_2V_1 = \nu RT$; $p_2V_2 = \nu RT \Rightarrow V_1 = V_2 = \frac{V}{2}$; $p_1V = \nu R(T_1+T_2)$

$Q = \frac{3}{2}\nu R(T-T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T-T_2) + A$; $\cancel{Q = A}$

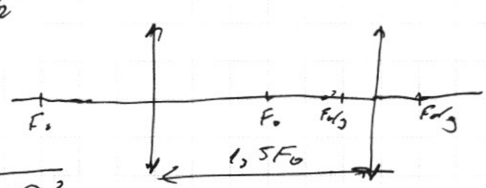
№3. 1)



1. E 2. $\sqrt{E^2+E^2} = \sqrt{2}E \approx 1,4E$



$E = \sqrt{E_1^2+E_2^2}$

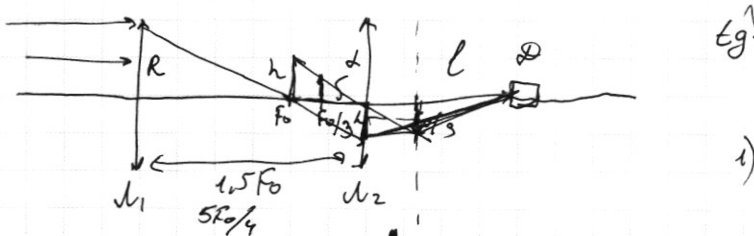


$E = \frac{\sigma_1^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma_2^2}{4\varepsilon_0^2} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2}}{2\varepsilon_0} =$

$\frac{E_1}{E_2} = tg\,\alpha$

$\cancel{\frac{R}{h} = \frac{F_0}{F_0/3} = 3} \Rightarrow h = \frac{R}{3}$

$\cancel{tg\,\alpha = \frac{R}{F_0}}$



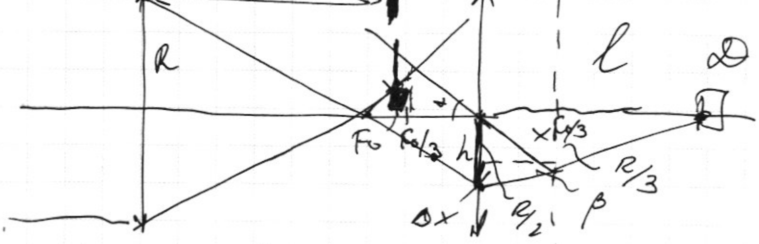
1) $\frac{R}{h} = \frac{F_0}{0,5F_0} = 2 \Rightarrow h = \frac{R}{2}$

$tg\,\alpha = \frac{x}{F_0/3} = \frac{3x}{F_0}$

$\frac{R}{F_0} = \frac{3x}{F_0} \Rightarrow x = \frac{R}{3}$

$\Delta x = \frac{R}{2} - \frac{R}{3} = \frac{R}{6}$

$tg\,\beta = \frac{R/6}{F_0/3} = \frac{R}{2F_0}$



$\frac{R/2}{l} = \frac{R}{2F_0} \to \frac{1}{l} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow l = F_0$; $N \sim I$

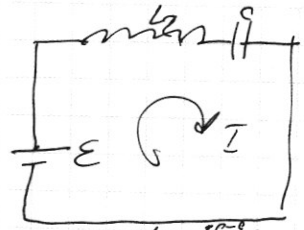
2) $\frac{h}{v} = \tau_0$; $\frac{h_1}{F_0/4} = \frac{R}{F_0} \Rightarrow h_1 = \frac{R}{4}$; $R/2$; $\frac{\frac{R}{2}-h}{v} = \tau_1 - \tau_0$

$N \sim I$; $N \sim S \Rightarrow N \sim IS \Rightarrow \cancel{N = kIS}$; $S = kI$

$\frac{\pi(\frac{R}{2})^2}{\pi(\frac{R}{2})^2 - \pi(\frac{h}{2})^2} = \frac{I_0}{I_1} \Rightarrow 1 - \frac{\frac{h^2}{4}}{R^2} = \frac{8}{9} \Rightarrow \frac{4h^2}{R^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{2h}{R} = \frac{1}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow h = \frac{R}{6} \Rightarrow v = \frac{h}{\tau_0} = \frac{R}{6\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$; $\tau_1 = \tau_0 + \frac{\frac{D}{4} - \frac{D}{12}}{D/12\tau_0} = \tau_0 + \frac{3-1}{1}\cdot\tau_0 = 3\tau_0$

$0 - \frac{T}{2}$

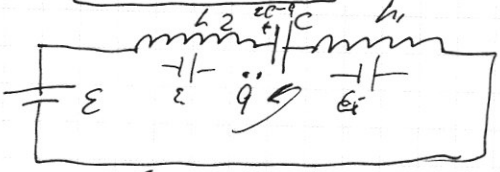


1) $-\mathcal{E} + L_2\dot{I} + \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \dot{I} + \frac{1}{L_2C}q - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{L_2C}(q - \mathcal{E}C) = 0$; $\omega_{01}^2 = \frac{1}{L_2C}$

$\cancel{-\mathcal{E} + (L_1+L_2)\ddot{q}}$

$\frac{T}{2} - T$



$-\mathcal{E} - (L_1+L_2)\ddot{q} + \frac{\cancel{\mathcal{E}C}\,q}{C} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}q + \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}(q + \mathcal{E}C) = 0 \Rightarrow \omega_{02}^2 = \frac{1}{(L_1+L_2)C}$; $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$

$T = \frac{\pi}{\omega_{01}} + \frac{\pi}{\omega_{02}} = \pi\left(\sqrt{L_2C} + \sqrt{(L_1+L_2)C}\right) = \pi\left(\sqrt{2LC} + \sqrt{5LC}\right) =$

$= \pi\sqrt{LC}(\sqrt{2} + \sqrt{5}) = (\sqrt{2}+\sqrt{5})\pi\sqrt{LC}$

~~2) $\ddot{q} + \frac{1}{L_2C}(q - \mathcal{E}C) = 0 \Rightarrow q = \mathcal{E}C + A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$~~

2) $-\mathcal{E} - (L_1+L_2)\ddot{q} + \frac{\mathcal{E}C - q}{C} = 0 \Rightarrow (L_1+L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{(L_1+L_2)C}q = 0$; $q(0) = \mathcal{E}C$; $I(0) = 0$

~~$q(t) = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0) \Rightarrow \sin\varphi_0 = 0$~~ $q(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

$\sin(\varphi_0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow \mathcal{E}C = A \Rightarrow q(t) = \mathcal{E}C\cos(\omega_0 t)$

$\dot{q}(t) = -\mathcal{E}C\omega_0\sin(\omega_0 t)$; $I_{01} = \mathcal{E}C\omega_0 = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{5LC}} =$

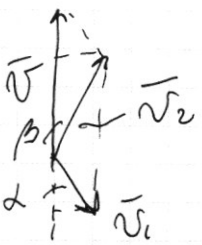
$= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) $\ddot{q} + \frac{1}{L_2C}(q - \mathcal{E}C) = 0$; $q(0) = 0$, $\dot{q}(0) = 0$

$q(t) = \mathcal{E}C + A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$; $0 = \mathcal{E}C + A\sin\varphi_0$, $0 = +A\omega_0\cos\varphi_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$; $\Rightarrow A = -\mathcal{E}C \Rightarrow q(t) = \mathcal{E}C(1 - \sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}))$

$\dot{q}(t) = -\mathcal{E}C\omega_0\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow I_{02} = \mathcal{E}C\omega_0 = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{L_2C}} = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{2LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$



$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 6\cdot\frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12$ м/с

$v = v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha$

$\cos\beta = \pm\sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \pm\frac{2\sqrt{2}}{3}$; $\sin\alpha = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$

$v = 12\cos\beta - 6\cos\alpha = 6(2\cos\beta - \cos\alpha)$

1) $v = 6(2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{\sqrt{5}}{3}) = 6\cdot\frac{4\sqrt{2}-\sqrt{5}}{3}$; 2) $v = 6(2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} + \frac{\sqrt{5}}{3}) = 6\cdot\frac{4\sqrt{2}+\sqrt{5}}{3}$

3) $v = 6(-2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} + \frac{\sqrt{5}}{3}) = 6\cdot\frac{\sqrt{5}-4\sqrt{2}}{3} < 0$

$\underline{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}$ $\quad 8\sqrt{2} + 2\sqrt{5}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)