Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

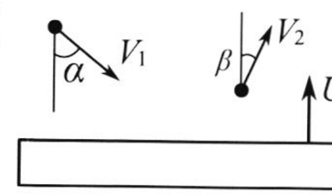
Класс 11

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.

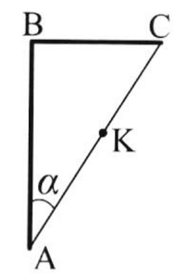
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1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

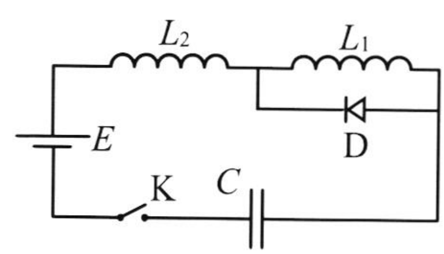
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

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.

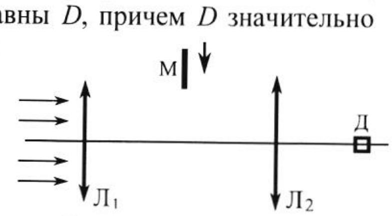


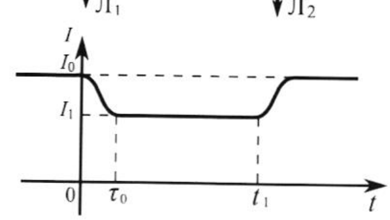
1) Найти период T этих колебаний.

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.

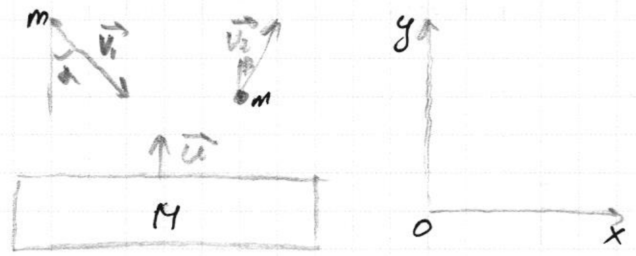
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

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

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



~~Время удара~~

Действием силы тяжести за малое время можно пренебречь. => выполняется ЗСИ.

Запишем ЗСИ на ось OX:

$m V_1 \sin\alpha = m V_2 \sin\beta$

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

Перейдем в СО, связанную с плитой, тогда ~~скоро~~ проекция скорости на ось OY до удара равна $V_1 \cos\alpha + u$, а после удара $V_2 \cos\beta - u$

Запишем ЗСИ на ось OY:

$m(V_1 \cos\alpha + u) = m(V_2 \cos\beta - u)$

$V_1 \cos\alpha + u = V_2 \cos\beta - u$

$$u = \frac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\beta}{2} = \frac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 6\cancel{2}\cancel{3}$$

$= 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$ м/с

Ответ: 1) $V_2 = 18$ м/с

2) $u = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$ м/с

№2

Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для азота и водорода. Давления в обоих частях сосуда равны =>

$$P \cdot V_в = \nu R T_1$$
$$P V_а = \nu R T_2 \quad \Rightarrow \frac{V_в}{V_а} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{11}$$

Сосуд теплоизолирован => энергия в сосуде сохраняется.

Запишем ЗСЭ:

$\Delta U_а + A_а + \Delta U_в + A_в = 0$

Процесс происходит долго => давление постоянно.

Пусть объем азота в начале равен $11 V_0$, тогда объем водорода в начале равен ~~$11V_0$~~ $7V_0$. => Общий объем $= 18 V_0$ => после выравнивания температур объемы станут равными $9V_0$ т.к. $P_а = P_в$, $\nu_а = \nu_в$, $T_а = T_в$

Давление постоянно, изменение объема азота и водорода равны $2V_0$ => Работы, совершаемые газами, равны по модулю и противоположны по знаку (водород расширяется, азот сжимается)

$\Rightarrow A_а + A_в = 0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$C_V = \frac{5}{2}R$

$Q = A + \Delta U$, при $V = const$ $A = 0$

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

$Q = C_V \cdot \nu \cdot \Delta T$

$\frac{5}{2}R\cdot\nu\Delta T = \frac{i}{2}\nu R\Delta T \Rightarrow i=5$ для обоих газов

$\Delta U_в + \Delta U_а = 0$

$\frac{5}{2}\nu R(T-T_1) = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T)$

$T - T_1 = T_2 - T \Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = 450K$

$Q_а = A_а + \Delta U_а = P\cdot\Delta V + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$

$= P\cdot(-2V_0) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$

$P\cdot 11V_0 = \nu RT_2 \Rightarrow PV_0 = \frac{\nu RT_2}{11}$

$Q_а = -\frac{2}{11}\nu RT_2 - \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T) = \nu R\left(-\frac{2}{11}T_2 - \frac{5}{2}T_2 + \frac{5}{2}T_1\right)$

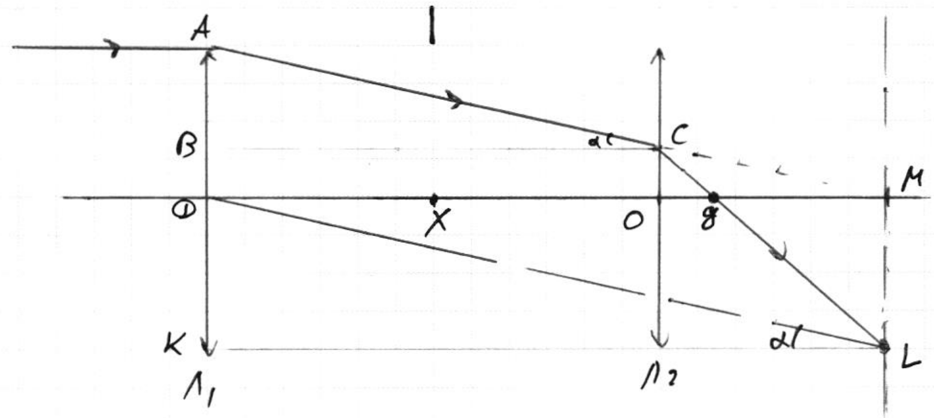
$= \nu R\left(\frac{5}{2}T - \frac{59}{22}T_2\right) = \cancel{\nu R} - \frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot\left(\frac{59\cdot 550}{22} - \frac{450\cdot 5}{2}\right)$

$= -\frac{6}{7}\cdot 8{,}31\,(1375 - 1125) = -\frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot 250 = -178\frac{5}{7}$ Дж

Ответ: 1) $\frac{7}{11}$ 2) $450K$ 3) $\approx 178\frac{5}{7}$ Дж

№5

Построим ход крайнего луча.



$\triangle ФKL$:

$KL = 3F_0 \quad ФK = \frac{D}{2} \quad \Rightarrow tg\alpha = \frac{D}{6F_0}$

$\triangle ABC$:

$AB = tg\alpha \cdot 2F = \frac{D}{3} \Rightarrow BФ = \frac{D}{6} = CO$

$\triangle COg \sim \triangle gML \Rightarrow \frac{ML}{CO} = \frac{gM}{Og} \quad \frac{gM}{Og} = \frac{OM - Og}{Og}$

$ML = \frac{D}{2} \quad CO = \frac{D}{6} \quad OM = F$

$\frac{D}{\frac{D}{3}} = \frac{F - Og}{Og} \quad 3Og = F - Og$

$Og = \frac{F}{4}$

Из графика заметим, что за время τ_0 мишень полностью попала в пучок света

$\Rightarrow V = \frac{d}{\tau_0}$, где d - диаметр мишени.

Ток в детекторе пропорционален площади пучка света.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Площадь пучка при $I = I_0$ равна площади пучка в точке x.

$$S_0 = \frac{\pi}{4}\left(D \cdot \frac{MX}{M\Phi}\right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{4}{9}$$

Площадь пучка при $I = I_1$ равна

$$S = S_0 - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{4}{9}D^2 - d^2\right)$$

$$\frac{S_0}{S} = \frac{I_0}{I_1}$$

$$\frac{\frac{4}{9}D^2}{\frac{4}{9}D^2 - d^2} = \frac{9}{5}$$

$$\frac{4D^2}{4D^2 - 9d^2} = \frac{9}{5} \qquad 20D^2 = 36D^2 - 81d^2$$

$$81d^2 = 16D^2$$

$$d = \frac{4}{9}D$$

$$\Rightarrow v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}$$

За время $\tau_1 - \tau_0$ нижний край мишени пройдет расстояние $\frac{2}{3}D - d = \frac{2}{3}D - \frac{4}{9}D = \frac{2}{9}D$

$$\frac{\frac{2}{3}D}{v} = \tau_1 - \tau_0 \qquad \tau_1 = \tau_0 + \frac{2D}{3v} = \tau_0 + \frac{2D}{3 \cdot \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}} = \tau_0 + \frac{3}{2}\tau_0 = \frac{5}{2}\tau_0$$

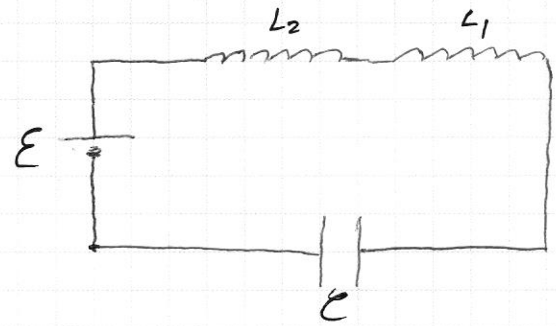
Ответ: 1) $\frac{F_0}{4}$

2) $V = \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}$

3) $t_1 = 2{,}5\,\tau_0$

№4

Пока течет ток по часовой стрелке, диод будет всегда закрыт => схема будет иметь вид:



Для такой схемы найдем период колебаний:

ЗСЭ:

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

$$(L_1 + L_2)\cdot\frac{1}{2}\dot{q}^2 + \frac{1}{2C}q^2 - \mathcal{E} q = 0$$

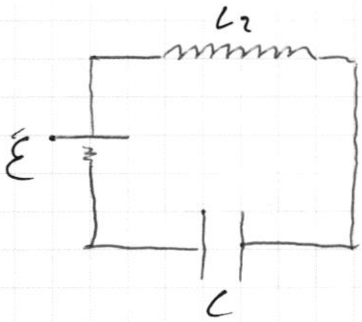
$$(L_1 + L_2)\dot{q}\ddot{q} + \frac{1}{C}\dot{q}q - \mathcal{E}\dot{q} = 0$$

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

$$\omega_1^2 = \frac{1}{(L_1+L_2)C} \Rightarrow T_1 = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{CL\cdot 7}$$

Когда ток течет против часовой, диод будет всегда открыт => схема будет выглядеть так:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Найдем период колебаний такой схемы:

ЗСЭ:

$$q\mathcal{E} = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$\frac{L_2}{2}\dot{q}^2 + \frac{q^2}{2C} - q\mathcal{E} = 0$$

$$L_2 \dot{q}\ddot{q} + \frac{1}{C}\dot{q}q - \mathcal{E}\dot{q} = 0$$

$$L_2 \ddot{q} + \frac{1}{C}q = \mathcal{E}$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{L_2 C} \Rightarrow T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{3LC}$$

Колебания начальной схемы будут состоять из колебаний этих двух (ток течет в разные стороны)

$$\Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{2}(\sqrt{7}+\sqrt{3}) = \pi\sqrt{LC}\cdot(\sqrt{7}+\sqrt{3})$$

Максимальный заряд на конденсаторе равен $C\mathcal{E}$ (когда $I=0$)

I_{m_1} будет максимальным, когда ток течет по часовой

$$\Rightarrow I_{m_1} = \omega_1 \cdot q_{max} = \frac{C\varepsilon}{\sqrt{C \cdot 7L}} = \frac{\sqrt{7}}{7}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$$

I_{m_2} будет максимальным, либо когда ток течет по часовой, либо против часовой

по часовой

$$I_{m_2} = q_{max}\,\omega_1 = \frac{\sqrt{7}}{7}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$$

против часовой

$$I_{m_2} = q_{max}\,\omega_2 = \frac{C\varepsilon}{\sqrt{3LC}} = \frac{\sqrt{3}}{3}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$$

против часовой больше $\Rightarrow I_{m_2} = \frac{\sqrt{3}}{3}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$

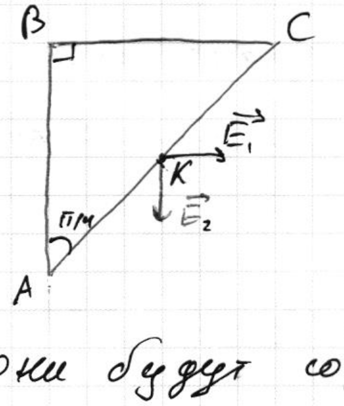
Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{7}+\sqrt{3})$

2) $I_{1M} = \frac{\sqrt{7}}{7}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$

3) $I_{2M} = \frac{\sqrt{3}}{3}\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$

№3

1)

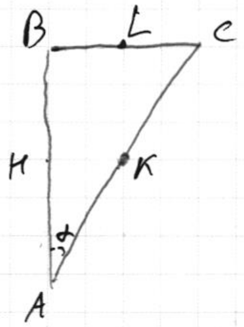


т.к. $\alpha = \pi/4$, то треугольник равнобедренный $\Rightarrow BC = AB \Rightarrow$ $\Rightarrow$ если их зарядить одинаковым поверхностным зарядом, то они будут создавать одинаковое поле.

в начале напряженность равна $E_2 = E$

в конце: $\bar{E}_K = \bar{E}_2 + \bar{E}_1 \Rightarrow E_K = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}E$

$\Rightarrow$ увеличится в $\sqrt{2}$ раз

2) 

$\alpha = \frac{\pi}{5}$

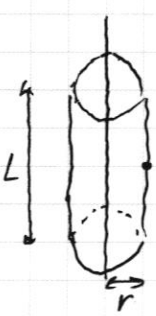
Пусть $BC = h$, тогда $AB = h \cdot ctg\frac{\pi}{5}$

$LK = \frac{h}{2} ctg\frac{\pi}{5}$

$HK = \frac{h}{2}$

Выведем формулу напряженности от заряженной пластины.

Разобьем пластину на бесконечные нити. Выведем формулу напряженности на расстоянии r.

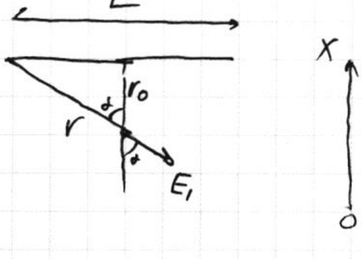


Теорема Гаусса:

$$\oint \bar{E_1} d\bar{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$E_1 \cdot 2\pi r \cdot L = \frac{\tau \cdot L}{\varepsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}$$, где τ - линейная плотность заряда.



OX: $E = E_1 \cdot \cos\alpha$

Напряженность пластины равна сумме всех

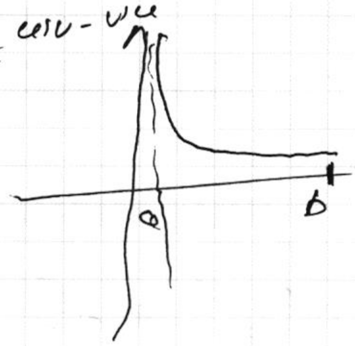
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Напряженностей от каждой нити.

Для этого нужно использовать формулу длины функции.

$E_1 = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r}$

$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - vu'}{}$



$\frac{1}{x}' = -\frac{1}{x^2}$

$= 0.$

$\frac{r_0}{r} = \cos\alpha$

$\int_a^b f(x) \cdot dx \quad r = \frac{r_0}{\cos\alpha} \int u\, dv = uv - \int v\, du$

$\cos^2\alpha = (1 - \sin^2)$

$\frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r_0} \cdot \cos\alpha$

$E = E_1 \cdot \cos\alpha = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \frac{r_0}{r^2}$

$= \left(\frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r_0} - \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r_0} \sin^2\alpha\right) \cdot \frac{dx}{L}$

$dE = \frac{dx}{L} \cdot E_1 \cdot \cos\alpha = \frac{\tau\, r_0}{2\pi\varepsilon_0 \cdot L r^2} dx = \frac{\delta\, r_0}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dx}{r^2}$

$r^2 = r_0^2 + \frac{\cancel{x}^2}{4}$

$\frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0 r_0} \cdot dx - \frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0 r_0} \cdot \sin^2\alpha \cdot dx$

$= \frac{\delta\, r_0}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dx}{r_0^2 + \frac{x^2}{4}} = \frac{4\delta\, r_0}{2\pi\varepsilon_0} \frac{dx}{4r_0^2 + x^2}$

$\frac{dx}{4r_0^2 + x^2} \quad u = \frac{1}{4r_0^2 + x^2} \quad dv = dx$

$v = x$

$du = \left(\frac{4r_0}{} - \frac{2x}{(4r_0^2 + x^2)^2}\right.$

$\left(\frac{1}{\sqrt{4r_0^2 + x^2}}\right)'$

$-2 \int \frac{x\, dx}{(4r_0^2 + x^2)^2}$

$= -\frac{\frac{2x}{2\sqrt{4r_0^2 + x^2}}}{4r_0^2 + x^2} \qquad dx = \frac{da}{2c}$

$\frac{dx}{4r_0^2 + x^2} = \frac{2x \cdot dx}{(4r_0^2 + x^2)} \cdot \frac{1}{2x} \qquad a = c^2$

$da = 2c\, dx$

$u = \frac{1}{2x} \quad du' = -\frac{1}{2x^2}\cancel{dx}$

$dv = \frac{2x\, dx}{4r_0^2 + x^2} \quad v = \frac{-1}{(4r_0^2 + x^2)^2}$

$\frac{a\, da}{(a + 4r_0^2)\, 2c}$

$-\frac{dx}{2(4r_0^2 + x^2)^2 x^2} \qquad \sin^2 + \cos^2 = 1 \;|\; : \sin^2$

$\frac{1}{1 + \frac{r_0^2}{L^2/4}} = \frac{L^2/4}{L^2/4 + r_0^2} = \frac{L^2}{L^2 + 4r_0^2} dx \qquad 1 + \operatorname{ctg}^2\alpha = \frac{1}{\sin^2} \qquad \sin^2 = \frac{1}{1 + \operatorname{ctg}^2\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$x = A\cos$

$v = A\omega$

$a = A\omega^2$

$$\frac{1}{2}\dot{q}^2\cdot(L_1+L_2) + q^2\cdot\frac{1}{2C} - q\cdot\mathcal{E} = 0$$

$$\dot{q}\cdot\ddot{q}\,(L_1+L_2) + \dot{q}q\cdot\frac{1}{C} - \dot{q}\,\mathcal{E} = 0$$

$\frac{a}{x} = \omega^2$

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

$$\ddot{q}\,(L_1+L_2)C + q = \mathcal{E}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{(L_1+L_2)C} \quad ?$$

$\mathcal{E} = \frac{q}{C}$

$q = C\mathcal{E}$

$\frac{l^2}{l^2+4r_0^2}$

$\cancel{dU} = L$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C}$$

$$T = \frac{1}{2}(T_1+T_2) = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_2} + \sqrt{L_1+L_2}\right)$$

$\cancel{q = q_0\cos(\omega_1 t + \varphi)}$

$\omega_2^2 = \frac{1}{CL_2}$

$$I_{m1} = \underline{C\mathcal{E}\cdot\omega_1}$$

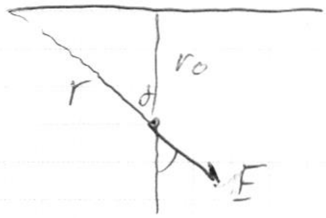
$$I_{m2} = C\mathcal{E}\,\omega_2$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$$dE_0 = E_\alpha \cdot \cos\alpha \cdot \frac{dx}{h}$$

$$E_\alpha = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r} \qquad dE_0 = \cos\alpha \frac{\tau \, dx}{2\pi\varepsilon_0 r h} = \cos\alpha \frac{\delta \, dx}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$dE_0 = \frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0} \frac{\cancel{dx}}{r_0} \cos^2\alpha$$

$$E_0 = 2\int_r^{r_0} \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r} dr$$

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

№4

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

$$\mathcal{E} = U_2 + U_1 + U_C$$

№5

$$\cancel{D_C = D_1 + D_2 = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{3F_0} = \frac{1}{F_0}\frac{4}{3}}$$

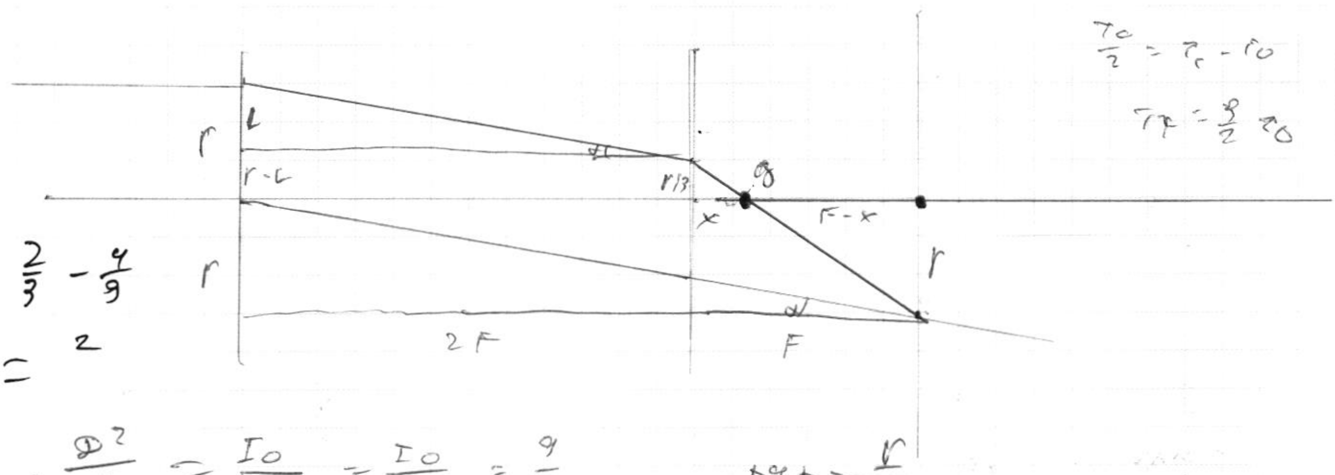
F

$$\frac{D}{3V} = \tau_1 - \tau_0$$

$$\frac{D\tau_0}{3 \cdot \frac{2}{3}D} = \tau_1 - \tau_0$$

$$\frac{\tau_0}{2} = \tau_1 - \tau_0$$

$$\tau_1 = \frac{3}{2}\tau_0$$



$$\frac{2}{3} - \frac{4}{9} = \frac{2}{}$$

$$\frac{D^2}{D^2 - d^2} = \frac{I_0}{I_1} = \frac{I_0}{5/9 I_0} = \frac{9}{5}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{r}{3F}$$

$$5D^2 = 9D^2 - 9d^2$$

$$L = \frac{r}{3F} \cdot 2F = \frac{2}{3}r$$

$$9d^2 = 4D^2$$

$$V \cdot 2\tau_0 + V(\tau_1 - \tau_0) = D$$

$$\frac{r}{F-x} = \frac{r/3}{x}$$

$$d^2 = \frac{4}{9}D^2$$

$$\frac{D}{V} = \tau_0 + \tau_1$$

$$\frac{D \cdot 9}{2 \cdot 4 \cdot 2}$$

$$3x = F - x$$

$$d = \frac{2}{3}D$$

$$4x = F \qquad x = \frac{F}{4}$$

$$\frac{D}{V} = \frac{3}{2}\tau_0 \qquad V = \frac{d}{\tau_0} = \frac{2}{3}\frac{D}{\tau_0}$$

$$\frac{3}{2}\tau_0 = \tau_0 + \tau_1$$

$$\tau_1 = \tau_0/2$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

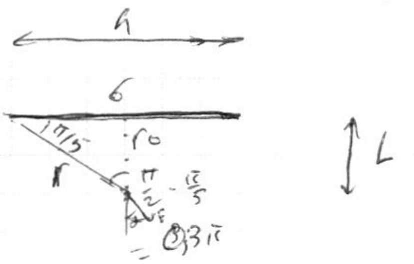
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

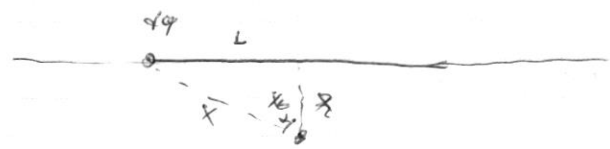
20775



$$L = \frac{h}{2}\sin\frac{\pi}{5}$$

$$\cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$$

8,31 · 250 = 4155, 1662, 2077750



$$dE = \frac{K\,dq}{x^2}$$

$$x^2 = L^2 + x_0^2 \qquad dq = \frac{q\cdot dL}{L} = \tau\, dL$$

12465 | 7, 178

$$dE = \frac{K\,dq}{L^2+x_0^2} = \frac{K\tau\, dL}{L^2+x_0^2} = \frac{K\tau\, dL}{\left(\frac{L}{\sin\alpha}\right)^2} =$$

20775 · 6 = 124650

$$= \frac{K\tau\, dL}{L^2}\sin^2\alpha \qquad L = x_0\, tg\,\alpha$$

$$\frac{K\tau\, dL}{x_0^2}\cdot\frac{\sin^2\alpha}{\sin^2\alpha}\cdot\cos^2\alpha = \frac{K\tau}{x_0}\cos^2\alpha\, dL$$

$$\frac{2}{11}+\frac{5}{2} = \frac{4+55}{22} = \frac{59}{22}$$

$$\cancel{E\cdot\pi r^2} \quad E\cdot 2\pi r\cdot \cancel{h} = \frac{\tau\cdot h}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\frac{59\cdot 550}{11\cdot 2} \qquad \delta = \frac{\tau}{h}$$

59 · 25 = 295, 108, 1375

225 · 5 = 1125

$$r = \frac{r_0}{\cos\alpha} \qquad dE_0 = E\cdot\cos\alpha = \frac{\tau\cos^2\alpha}{2\pi\varepsilon_0 r_0} = \frac{2\tau\cos^2\alpha}{2\pi\varepsilon_0 h\sin\pi/5}$$

$$= \frac{\delta\cos^2\alpha}{\pi\varepsilon_0\sin\pi/5}$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

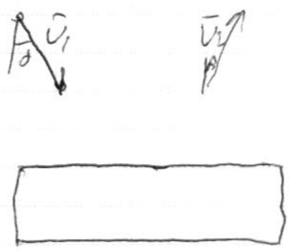
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

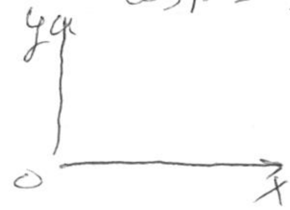
№1

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

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

$v_1 = 12$ м/с





Зсм. Ox:

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

$dq = \frac{dx}{x} q$

1) $v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1 = 18$ м/с

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

$v_1\cos\alpha + u = v_2\cos\beta - u$

$2u = v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha = \frac{2\sqrt{2}}{3}\cdot 18 - 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$

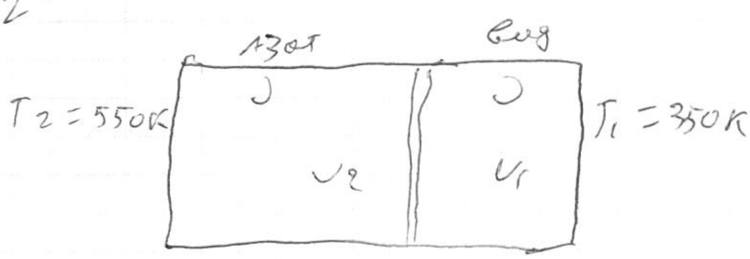
$\cancel{d\tau = \frac{dx}{x}}$

$= 12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}$

$u = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3})$

$\tau = \delta x$

№2



$P_1 \cdot 11 V_0 = \nu R \cdot 550$

$P_2 \cdot 9 V_0 = \nu R \cdot 450$

$\frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{11}{9} = \frac{11}{9}$ $\quad \frac{P_1}{P_2} = 1$

$V = 18 V_0$

1) $P V_2 = \nu R T_2$

$P V_1 = \nu R T_1$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{11} = \frac{7V_0}{11V_0}$

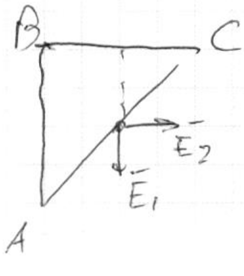
2) ~~$p \cdot V = \nu R T$~~ $\quad V = 9V_0 \quad i_2 = 3 \quad i_1 = 5$

$+\frac{i_1}{2}\nu R \Delta T_1 + \int p\, dV_1 = \frac{i_2}{2}\nu R \Delta T_2 + \int p\, dV_2$

$\frac{550 \cdot 3}{1650} \quad \frac{350 \cdot 5}{1750}$

№3

$AB = BC$



$E_1 = E_2$

$E \parallel \sqrt{2}$

$\frac{3400}{8}$ 1700 850 425

$550+350 = 900$

$i_2(T_2 - T) = i_1(T - T_1)$

$3T_2 - 3T = 5T - 5T_1$

$8T = 3T_2 + 5T_1$

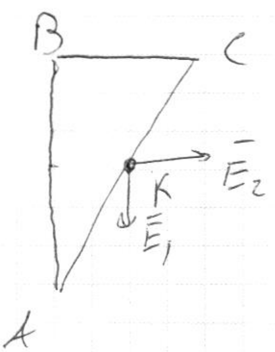
$8T = 3 \cdot 550 + 5 \cdot 350$

$= 1650 + 1750$

$= 3400$

$T = 425$

2)



$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{9+1} =$

$= \frac{\sqrt{10}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$

$T_2' \, 9V_0 + \Delta V T_2' = T_1' \, 11V_0 - \Delta V T_1'$

$V_0(11T_1' - 9T_2') = \Delta V(T_1' + T_2')$

№8 $\quad \tau \to \infty \Rightarrow p - const$

3) ~~$Q = \int_{11V_0}^{9V_0} \delta Q = \int_{11V_0}^{9V_0} C_V \cdot \nu \cdot V \, dT = C_V \nu \int_{T_2}^{T} V \, dT$~~

$Q = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + \int_{11V_0}^{9V_0} p \cdot dV$

$p \cdot V = \nu R_0 T$

$p = \frac{\nu R T}{V}$

p - const

$\frac{T_2'}{11V_0 - \Delta V} = \frac{T_1'}{9V_0 + \Delta V}$

$p_0 \, 11V_0 = \nu R T_2$

$p_0 \cdot 9V_0 = \nu R T_1$

$p_1 \cdot (11V_0 - \Delta V) = \nu R T_2'$

$p_1 (9V_0 + \Delta V) = \nu R T_1'$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

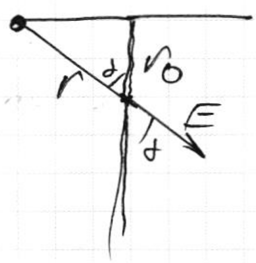
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

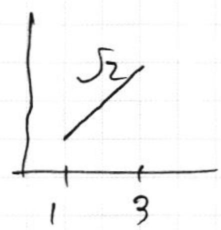
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$E \cdot \cos\alpha$

$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}$



$y = x$

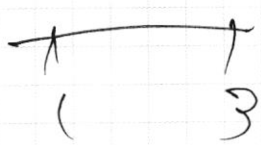
$L = \int_1^3 \sqrt{x} \cdot dx \quad \frac{1}{2\sqrt{x}}\Big|_1^3$

$\frac{1}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{1}}$

$= \frac{x^2}{2}\Big|_1^3$

$= \frac{9}{2} - \frac{1}{2} = \frac{8}{2} = 4$

$y = 2$



$y = 2$

$\sqrt{2}'$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)