Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

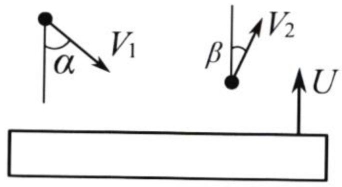
Класс 11

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.

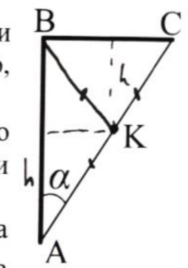
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

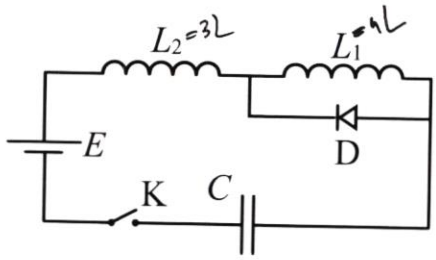
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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.

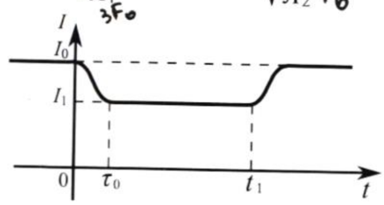


1) Найти период T этих колебаний.

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.

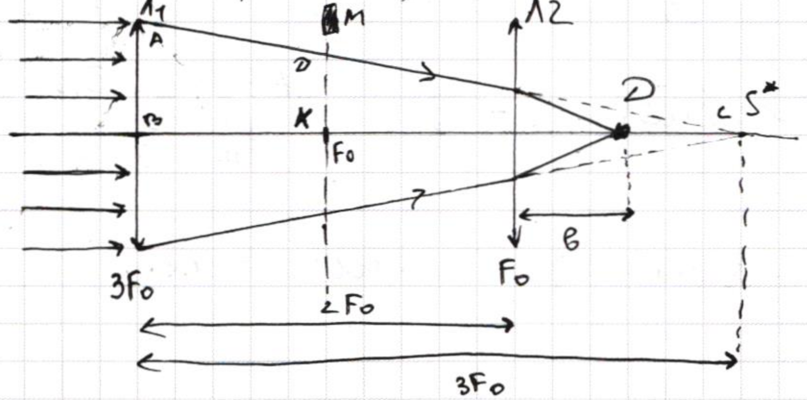
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

$D \ll F_0$

$I \sim P$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 F_0, D, I_0, $I_1 = 5I_0/9$ $D \ll F_0$



1) параллельные лучи после прохождения через $Л_1$ хотят собраться в её фокусе $3F_0$ (S^*); но на пути встречается Л2, поэтому для неё есть мнимый источник, находящийся на расстоянии F_0 от неё (т.к. расстояние между линзами $2F_0$)

Формула линзы для Л2 $\frac{1}{-F_0} + \frac{1}{в} = \frac{1}{F_0}$

$\boxed{в = \frac{F_0}{2}}$

в - расстояние между Л2 и фотодетектором

$I = k \cdot P$

$I_0 = k \cdot P_0$ $\quad I_1 = k \cdot P_1 = \frac{5I_0}{9}$

$\frac{5}{9} = \frac{P_1}{P_0} \Rightarrow \frac{5}{9}P_0 = P_1$

~~Когда ты~~ Рассмотрим сечение нашего пучка лучей плоскостью, в которой лежит мишень.

Т.к. интенсивность в сечении пучка одинакова $\Rightarrow P = \alpha S$

Пусть наше сечение имеет площадь S

А площадь, кот-ую перекрывает мишень $S_м$

$P_0 = \alpha S$ $\qquad$ $P_1 = \alpha (S - S_м)$

$\Downarrow$

$$\frac{5}{9}\alpha S = \alpha (S - S_м)$$

$$S_м = \frac{4}{9} S$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{9}$$

площадь линзы $\qquad$ коэф-ет подобия $k = \frac{2}{3}$ $\qquad$ $\triangle ABC \sim \triangle CDX$ $\quad \frac{CX}{CB} = \frac{2}{3}$

$S_м = \frac{\pi d^2}{4}$ $\qquad$ d - диаметр мишени

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

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

Мы знаем, что мишень залетает за время τ_0 (из графика, до установления тока)

$\Downarrow$

$d = V \cdot \tau_0$ $\qquad$ $V = \frac{d}{\tau_0} = \frac{\frac{4}{9}D}{\tau_0}$

$$\boxed{V = \frac{4D}{9\tau_0}}$$

Далее $I_1 = const$, потому что мишень собой перекрывает часть лучей, а площадь её постоянна

$$V \cdot \underbrace{(\tau_1 - \tau_0)}_{} = h - d$$

время, в течение кот-ого мишень внутри сечения

h - длина пути $\qquad$ $h = D \cdot \frac{2}{3}$ из подобия

$$\tau_1 = \frac{h - d}{V} + \tau_0 = \frac{\frac{2}{3}D - \frac{4}{9}D}{\frac{4D}{9\tau_0}} + \tau_0 = 1{,}5\tau_0$$

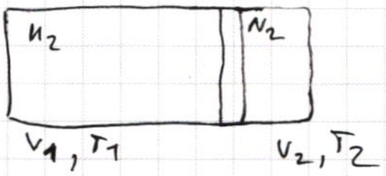
Ответ: $\frac{P_0}{2}$; $\frac{4D}{9\tau_0}$; $1{,}5\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{№2}$ т.к. процесс происходит очень медленно =>
=> силы давления слева и справа на поршень успевают выравниваться => т.к. $S=const$, то давления водорода и азота всегда равны
уравн Менд.-Клапейрона для H_2 и N_2 в начале

$$p_{нач} \cdot V_1 = \nu R T_1$$
$$p_{нач} \cdot V_2 = \nu R T_2$$
$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$$

$$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11}}$$



T - конечная температура

т.к. сосуд теплоизолирован
⇓
$$\boxed{Q_1 + Q_2 = 0}$$

для H_2
$$Q_1 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A_1$$
для N_2
$$Q_2 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) + A_2$$

$$A_1 = -A_2$$

сложим $0 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$
$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2} = 450K$$
$$\boxed{T = 450K}$$

для H_2
$$dQ_1 = \frac{5}{2}\nu R dT_1 + dA_1 = \frac{5}{2}(p_1 dV_1 + dp_1 V_1) + p_1 dV_1 = 3{,}5 p_1 dV_1 + 2{,}5 dp_1 V_1$$
для N_2
$$dQ_2 = \frac{5}{2}\nu R dT_2 + dA_2 = \frac{5}{2} dp_2 V_2 + 3{,}5 p_2 dV_2$$
мы знаем, что $p_1 = p_2$ $dV_1 = -dV_2$ $\overbrace{dQ_1 + dQ_2 = 0}^{dp_1 = dp_2}$ =>

$dQ_1 = 3{,}5\, p_1\, dV_1 + 2{,}5\, dp_1\, V_1$

$-dQ_1 = -3{,}5\, p_1\, dV_1 + 2{,}5\, dp_1\, V_2$

сложим $\quad 0 = dp_1 V_1 + dp_1 V_2$

$0 = dp_1 (V_1 + V_2)$

$dp_1 = 0 \qquad\qquad V_1 + V_2 = 0$

$\Downarrow$ противоречие

процесс изобарный

Посчитаем A_{N_2}

$p_{поп} V_{N_2} = \nu R T$

$p_{поп} V_{H_2} = \nu R T$ $\Rightarrow V_{N_2} = V_{H_2}$

$V_{N_2} + V_{H_2} = V_1 + V_2$

$p_{поп} = p_{нач}$ поршня

$2 V_{N_2} = \frac{18}{11} V_2$

$V_{N_2} = \frac{9}{11} V_2$

$\Leftarrow$

$\Delta V_{N_2} = \frac{-2}{11} V_2$

$A_{N_2} = p_{нач} \cdot \Delta V_{N_2} = \frac{\nu R T_2}{\cancel{V_2}} \cdot \frac{-2}{11} \cancel{V_2} = \frac{-2}{11} \nu R T_2$

$Q = \Delta U_{N_2} + A_{N_2} = \frac{5}{2} \nu R (T - T_2) - \frac{2}{11} \nu R T_2$

$= \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot (-100) - \frac{2}{\cancel{11}} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{550}^{50}$

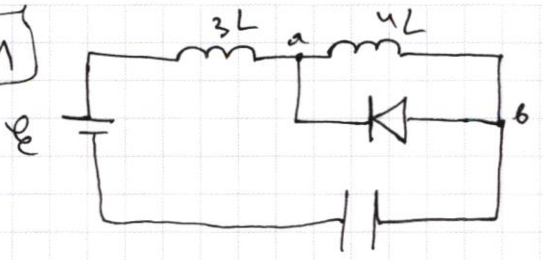
$= \frac{-\cancel{350}^{50}}{1} \cdot \frac{6}{\cancel{7}} \cdot 8{,}31 = -300 \cdot 8{,}31 = -3 \cdot 831 = -2493$ Дж

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11} \qquad T = 450$ К $\qquad Q = -2493$ Дж

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



После того, как ~~Когда~~ ключ замыкают, диод будет закрыт, пока

$\varphi_a - \varphi_b > 0$

$\varphi_a - \varphi_b = 4L I'$ => т.е. пока ток через катушку L_1 возрастает. Когда ток через L_1 становится максимальным, в следующее мгновение открывается диод.

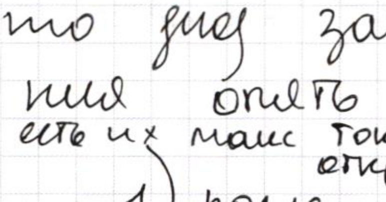
Т.к. $U_D = 0$ => пока диод открыт, ток через L_1 не изменяется ($I = const$)

Далее (с открытым диодом) начинаются колебания тока с участием только L_2 => для L_2 может достигнуться больший макс. ток ($I_{м2}$)

Когда через катушку L_2 снова потечёт ток I в том же направлении, что и через L_1, то диод закрывается => начинаются колебания опять через L_1 и L_2. Но т.к. I есть их макс ток, то он опять захочет падать, т.е. диод откроется, т.е. далее колебания через L_2 продолжатся

1) после замыкания пусть у нас будут колебания с периодом T

(диод закрыт)



$\mathcal{E} = 7L I' + \frac{q}{C}$ $\qquad I = q''$

$\mathcal{E} = 7L \cdot q'' + \frac{q}{C} \rightarrow \frac{\mathcal{E}}{7L} = q'' + \frac{q}{C \cdot 7L} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{7LC}$

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{7LC}}$$

когда в данном (закрытый диод) случае на катушках макс. токи $\Rightarrow$ $I' = 0$

$$U_{L_2} = 0 \quad U_{L_1} = 0$$

$$\Downarrow$$

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

Закон сохр-ия энергии $A_{ист} = \Delta U$

$$\mathcal{E} \cdot q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + (L_1 + L_2)\frac{I_{м1}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = 7L \cdot \frac{I_{м1}^2}{2}$$

$$\boxed{I_{м1} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{7L}}}$$

3) когда будут колебания только через L_2, то достигнется $I_{м2}$

при $I_{м2}$ $\quad i' = 0 \Rightarrow U_{L_2} = 0$

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

$U_{L_1} = const$ в данном процессе

$\Delta q = 0$

$$\mathcal{E} \cdot \Delta q = \Delta U_к + \Delta U_{L2}$$

$$0 = \Delta U_к + \Delta U_{L2}$$

$$0 = \frac{q^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} + L_2\frac{I_{кон}^2}{2} - L_2\frac{I_{нач}^2}{2}$$

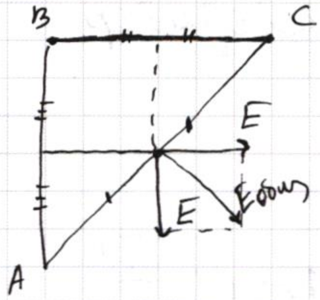
$\Downarrow$ то есть в последующих процессах токи через катушки не превышают $I_{м1}$

$$I_{кон} = I_{нач} = I_{м1} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{7L}} = I_{м2}$$

Ответ: $T = 2\pi\sqrt{7LC}$ $\quad I_{м1} = I_{м2} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{7L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 пусть от пластины BC будет поле E



Оно направлено вертикально вниз в силу симметрии + продолжение вектора пересекает BC в её середине

$tg\,\alpha = \frac{BC}{AB} = 1 \quad BC = AB$

$BC = AB \quad L_{BC} = L_{AB} = L$ => это полностью одинаковые пластины => от пластины BA будет такое же поле E, направленное горизонтально влево

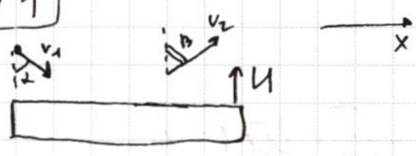
$E_{общ}$ найдём методом наложения

$E_{общ} = \sqrt{2}\,E$

$$\boxed{\frac{E_{общ}}{E} = \sqrt{2}}$$

Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раза

№1

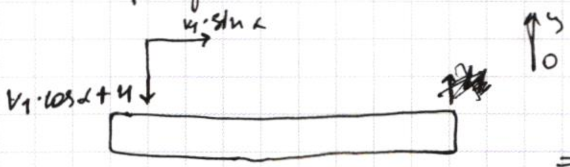


при ударе импульс сохраняется по OX

$mV_1 \cdot \sin\alpha = mV_2 \cdot \sin\beta$

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

Перейдем в СО массивной плиты



Т.к. плита массивная $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ шар ударяется как об стенку $\Rightarrow$ скорость отлёта по Oy равна $v_1\cdot\cos\alpha+u$; переходим опять в лабораторную СО

$$v_1\cdot\cos\alpha+2u=V_2\cos\beta$$

$$u=\frac{V_2\cdot\cos\beta-V_1\cdot\cos\alpha}{2}=\frac{18\,м/с\cdot\sqrt{1-\frac{1}{9}}-12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}}}{2}$$

$$=\cancel{9}^{3}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{\cancel{3}}-\cancel{6}^{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}}=6\sqrt{2}-3\sqrt{3}\ м/с$$

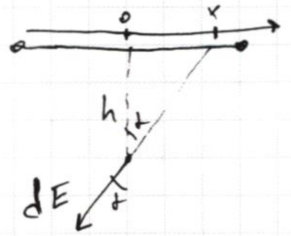
получается одно! значение для u

Ответ: 1) $V_2=18$ м/с

2) $u=6\sqrt{2}-3\sqrt{3}$ м/с

$\boxed{№3}$ продолжение

рассмотрим пластину



разобьем пластину на маленькие ниточки длиной dx

$$\lambda=\sigma\cdot dx$$

$\Downarrow$

по теореме Гаусса $\frac{\lambda\cdot\ell}{\varepsilon_0}=E\cdot 2\pi r\ell$

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

тогда $dE=\frac{\sigma\cdot dx}{\varepsilon_0\cdot 2\pi\cdot\sqrt{x^2+h^2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. $E_{рез}$ из симметрии направлено вертикально => все остальные составляющие убьются

$$\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2+x^2}}$$

$$dE_{рез} = dE\cdot\cos\alpha = \frac{\sigma\cdot dx\cdot h}{\varepsilon_0\cdot 2\pi(h^2+x^2)}$$

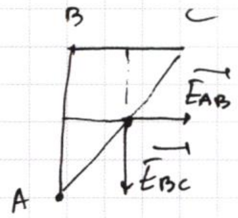
$$E_{рез} = \int_{-\frac{d}{2}}^{d/2}\frac{\sigma_0 h\cdot dx}{\varepsilon_0\cdot 2\pi(h^2+x^2)}$$

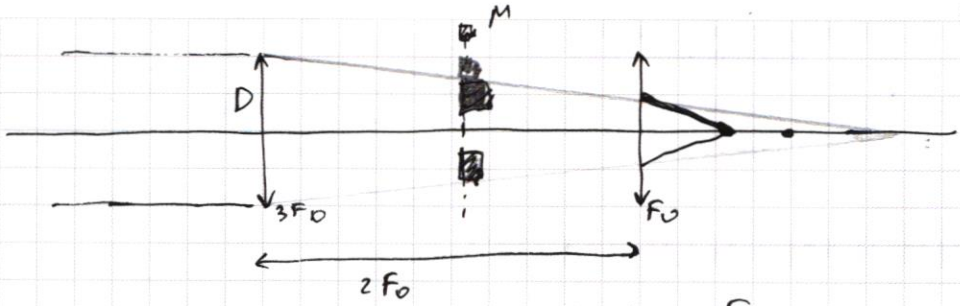
$$E_{BC} = \int_{-\frac{d}{2}}^{d/2}\frac{3\sigma_0\,\frac{d}{2\cdot tg\alpha}\,dx}{\varepsilon_0\cdot 2\pi\cdot\left(\frac{d^2}{4tg^2\alpha}+x^2\right)}$$

$$h_{BC} = \frac{d}{2\cdot tg\alpha} \qquad BA = \frac{d}{tg\alpha}$$

$$E_{AB} = \int_{-\frac{d}{2tg\alpha}}^{\frac{d}{2tg\alpha}}\frac{\sigma_0\,\frac{d}{2}\cdot dx}{\varepsilon_0\cdot 2\pi\left(\frac{d^2}{4}+x^2\right)}$$

$$\vec{E_k} = \vec{E_{AB}} + \vec{E_{BC}}$$





$D \ll F_0$

$I \sim P$

$\frac{P}{S} = const$

$$\frac{1}{-f_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} \qquad \frac{1}{b} = \frac{F_0}{2} \qquad b = \frac{F_0}{2}$$

$$\frac{D}{\cancel{2}\cdot 3F_0} = \frac{h}{\cancel{2F_0}} \qquad h = \frac{D}{3} \qquad 2h = \cancel{V}(t_1$$

$$\cancel{\frac{2D}{3}} \qquad 2h = V\cdot(t_1 - t_0)$$

$$I_0 = k\cdot P_{наr}$$

$$\frac{5I_0}{9} = k\cdot P_{ст} \qquad P = const$$

$$P_{ст} = \frac{5}{9}P_{наr}$$

$$\frac{9}{5} = \frac{P_{наr}}{P_{ст}}$$

$$P = \alpha\cdot S \qquad P_{ст} = \alpha\cdot(S - S_м)$$

$$\cancel{\alpha}\cdot(S - S_м) = \frac{5}{9}\cancel{\alpha}\cdot S$$

$$\frac{\pi D^2}{4}\cdot\left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{9} = S \qquad \frac{4}{9}S = S_м$$

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

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

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

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

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

$$2h - d = V\cdot(t_1 - t_0)$$

$$2\cdot\frac{D}{3} - \frac{4}{9}D = V\cdot(t_1 - t_0)$$

$$\frac{\tau_0}{2}$$

$$\frac{\frac{2}{9}D}{V} + t_0 = t_1$$

$$\cancel{\frac{2}{9}D} = \frac{{}^{2}4D}{9\tau_0}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

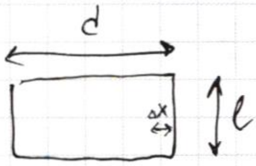
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

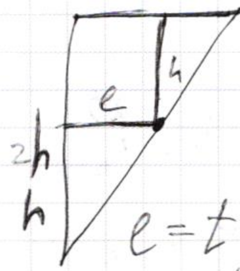
$$dE = \frac{\lambda}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi} \quad \frac{h}{h^2+x^2}$$



$\sigma \cdot d \cdot l = \lambda \cdot l$ $\quad \lambda$

$\lambda = \sigma \cdot d$

Δx_0



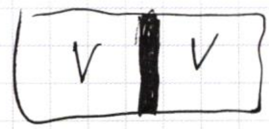
$l = tg\frac{\pi}{5} \cdot h$

$$dE = \frac{\sigma \cdot dx}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi} \quad \frac{h}{h^2+x^2}$$

$$E = \frac{\sigma h}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi} \quad \frac{dx}{h^2+x^2}$$

$dQ_2 = 3{,}5 p_2 dV_2 + 2{,}5 dp_2 V_2$

$-dQ_2 = -3{,}5 p_2 \cdot dV_2 + 2{,}5 dp_2 \cdot V_A$



$p V_1 = \nu R T$

$p V_2 = \nu R T$

$V_1 + V_2 = 2V$

$\frac{7}{11} V_2 + V_2 = 2V$

$\frac{18}{11} V_2 = 2V$

$V = \frac{9}{11} V_2$

$p_{нач} = \frac{\nu R T_2}{V_2} = \frac{\nu R \cdot \cancel{450}\, 550}{V_2}$

$p = const$

$p_{кон} = \frac{\nu R T}{V} = \frac{\nu R \cdot 450}{\frac{9}{11} V_2}$

$\begin{array}{r} \times 831 \\ 3 \\ \hline 2493 \end{array}$

$A = -\frac{\nu R T_2}{\cancel{V_2}} \cdot \frac{2}{11} \cancel{V_2}$

$p = const$

это ли...

550 $\quad \frac{450 \cdot 11}{9}$

$A = -\frac{2}{11} \nu R T_2$

450 $\quad 50 \quad 50$

$\begin{array}{r} \times 831 \\ 3 \\ \hline 2493 \end{array}$

$Q = \frac{5}{2} \nu R \cdot (-100) - \frac{2}{11} \cdot \nu R \cdot \cancel{550}^{50} = -350 \nu R =$

$= -\cancel{350}^{50} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 = -2493 Дж$

$-\frac{5}{2} \nu R \cdot \cancel{100}^{50} - \frac{2}{\cancel{11}} \nu R \cdot \cancel{550}^{50}$

$-250 \quad -100$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

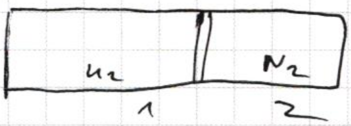
Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

N 2

$\nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_1 = 350K \qquad T_2 = 550K$

$i=5 \qquad i=5$

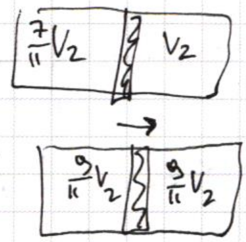


$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2 \qquad p_1 = p_2$

$V_1 = \frac{7}{11}V_2$

1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\cancel{350}^{7}}{\cancel{550}_{11}} = \frac{7}{11}$



$\frac{2}{11}V_2$

$p_{кон}V_{1кон} = \nu RT \qquad p_{кон}\cdot V_{2кон} = \nu RT$

для азота

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

для водорода

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

$0 = \cancel{\frac{5}{2}\nu R}T - \cancel{\frac{5}{2}\nu R}T_2 + \cancel{\frac{5}{2}\nu R}T - \cancel{\frac{5}{2}\nu R}T_1$

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

3) $Q_{азот} = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) + A$

$dQ_2 = \frac{5}{2}\nu R\,dt_2 + dA_2$

$dQ_2 = \frac{5}{2}\nu R\,dt_2 + p\,dV_2 = \frac{5}{2}(p\,dV + V\cdot dp) + p\,dV$

$= 3{,}5\,p\,dV + 2{,}5\,dp\cdot V$

$p_2V_2 = \nu Rt_2$

$dQ_2 = 3{,}5\,p_2\,dV_2 + 2{,}5\,dp_2\,V_2$

$\cancel{-dQ_1}$

$dQ_1 = 3{,}5\,p_1\,dV_1 + 2{,}5\,dp_1\,V_1$

$p_1V_1 = \nu Rt_1$

$\frac{7}{11} + 1 = \frac{18}{11} \qquad \frac{\cancel{350}^{7}}{\cancel{550}_{11}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

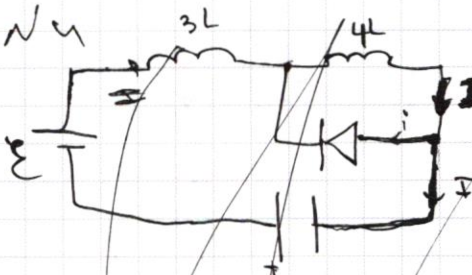
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4



Ток через 4L начнет уменьшаться

диод открыт

$\mathcal{E} = 3L\cdot i' + \frac{q}{C}$ $q' = i$

$\mathcal{E} = 3L\cdot q'' + \frac{q}{C}$

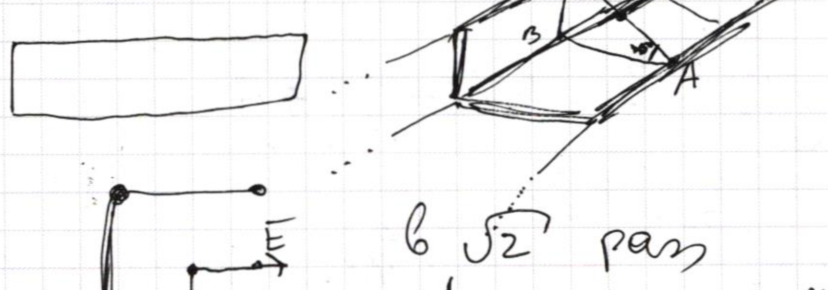
$\frac{\mathcal{E}}{3L} = q'' + \frac{q}{3L\cdot C}$ $q = q_м\cdot \sin(\omega t + \varphi) + B$

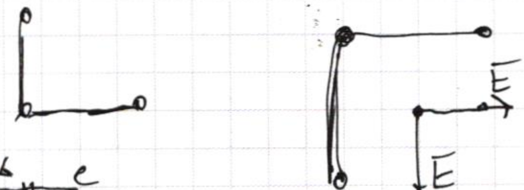
$B = C\mathcal{E}$

$q = q$

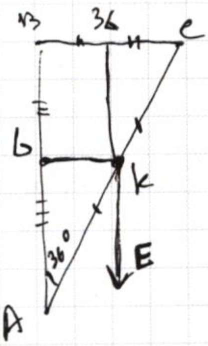
$\mathcal{E}_0$ q $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E$ от пластины

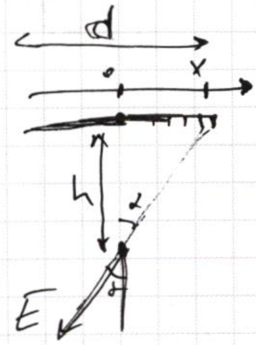
N 3





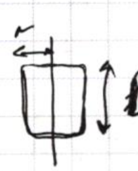
в $\sqrt{2}$ раз





2π 360°

по 360



$E = \frac{\lambda}{\varepsilon_0\cdot 2\pi r\sqrt{h^2+x^2}}$

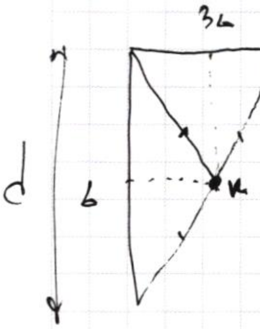
$\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2+x^2}}$

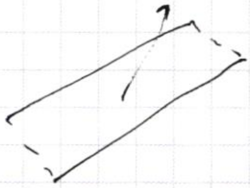
$\frac{\lambda l}{\varepsilon_0} = E\cdot 2\pi r\cdot l$

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

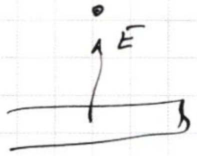
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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



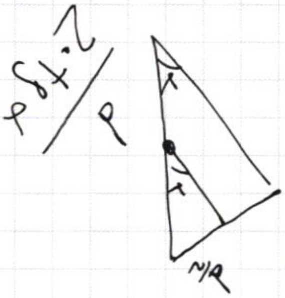


$3\Delta \cdot$



$E \sim q$

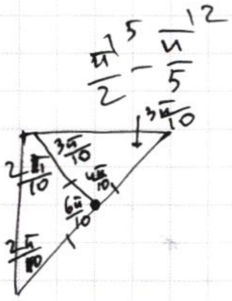
$$BC = tg\,\frac{\pi}{5} \cdot BA$$



$$3\Delta \cdot tg\,\frac{\pi}{5}\,BA$$

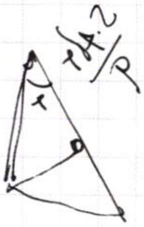
$$\Delta \cdot BA$$

$$\frac{\Delta \cdot dx}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi} \cdot \frac{h}{h^2+x^2}$$



$$\frac{h \cdot 3\Delta \cdot dx}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi (h^2+x^2)}$$

$$\frac{h \cdot tg\,\alpha \cdot \Delta \cdot dx}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi (tg^2\alpha \cdot h^2 + x^2)}$$



$Mu_1 - Mu = -N \cdot dt$

$m v_2 \cdot \cos\beta + m v_1 \cos\alpha = N_2 \cdot dt$

$Mu - m v_1 \cos\alpha = M u_1 + m v_2 \cos\beta$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

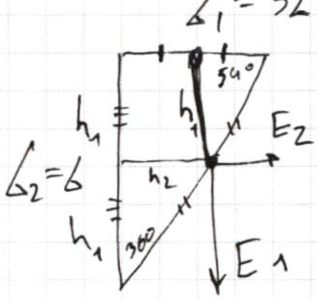
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5} = \frac{3\pi}{10}$ $\qquad \frac{2\pi}{10}$

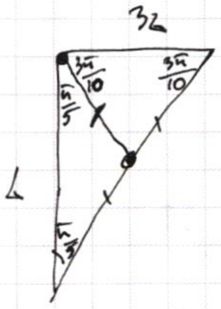
$h_2 = tg\frac{\pi}{2} \cdot h_1$

~~$\angle E$~~

~~E_1~~

$$E = \frac{\lambda_0 dx}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi\sqrt{h^2+x^2}}$$

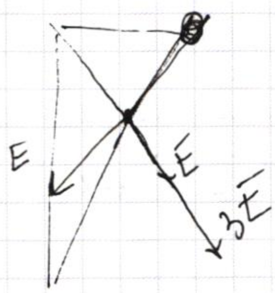
$$E = \frac{\cancel{\lambda_0 dx}\ 1}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi r}$$



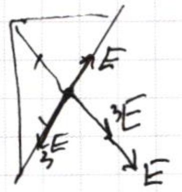
$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5} = \frac{3\pi}{10}$

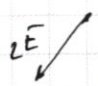
$\pi - \frac{3\pi}{10} - \frac{2\pi}{5} = \frac{3}{10}$

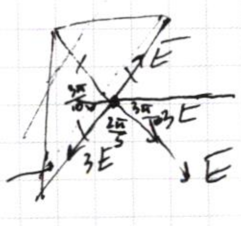
$360/5$



$\frac{2\pi}{5}$ 72







$4E \cdot \cos\frac{3\pi}{10} - 2E \cdot \cos\frac{3\pi}{10} = 2E \cdot \cos\frac{3\pi}{10}$

$2E \cdot \sin\frac{2\pi}{10} + 4E \cdot \sin\frac{2\pi}{10} = 6E \cdot \sin\frac{3\pi}{10}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 в СО

$v_1 \cdot \sin\alpha$

$v_1 \cdot \cos\alpha + u$

ЗСЭ не сохр.
ЗСИ есть

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

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

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

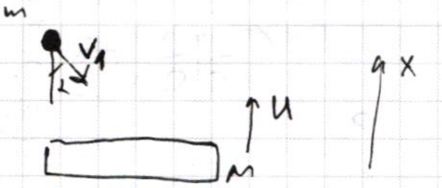
$$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{18 \cdot 3}{8} = 18 \text{ м/с}$$

$v_1 \cdot \cos\alpha + u$ отлетает с такой скоростью

$v_1 \cdot \cos\alpha + 2u = v_2 \cdot \cos\beta$

$2u = v_2 \cdot \cos\beta - v_1 \cdot \cos\alpha$

$$u = \frac{v_2 \cdot \cos\beta - v_1 \cdot \cos\alpha}{2} = \frac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \text{ м/с}$$



$M \gg m$

$Mu - m \cdot v_1 \cdot \cos\alpha$

$\cos(x + \frac{\pi}{2}) = -\sin x$

$\mathcal{E} = 3L i' + \frac{q}{C}$ $\quad i' = q''$ $\quad q = q_м \cdot \cos(\frac{1}{\sqrt{3LC}} \cdot t + \frac{\pi}{2}) + C\mathcal{E}$

$\frac{\mathcal{E}}{3L} = q'' + \frac{q}{3LC}$ $\quad q = q_м \cdot \cos(\omega t + \varphi) + B$

$B = C\mathcal{E}$

$q = q_м \cdot \cos(\frac{1}{\sqrt{3LC}} \cdot \overset{0}{t} + \varphi) + C\mathcal{E}$

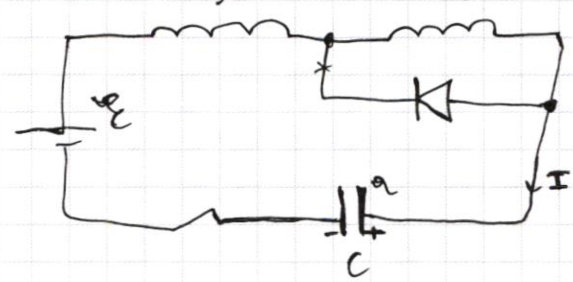
$\varphi = \frac{\pi}{2}$

$q = q_м \cdot \cos\varphi + C\mathcal{E} = C\mathcal{E}$ $\quad \cos\varphi = 0$ $\quad \sin\varphi = 1$

$i = q' = -$

$q = q_м \cdot (-1) \cdot \sin(\omega t) + C\mathcal{E}$

№4



Тока через D нет..

$\mathcal{E} = 7L \cdot I' + \frac{q}{C}$ $\qquad q' = I$

$\mathcal{E} = 7L \cdot q'' + \frac{q}{C}$

$\frac{\mathcal{E}}{7L} = q'' + \frac{q}{7CL}$ $\qquad \omega^2 = \frac{1}{7CL}$

1) $T = 2\pi\sqrt{7CL}$

2) $I' = 0$ $\qquad \mathcal{E}C = q$

$\mathcal{E} \cdot q = \frac{q^2}{2C} + 7L \cdot \frac{I^2}{2}$

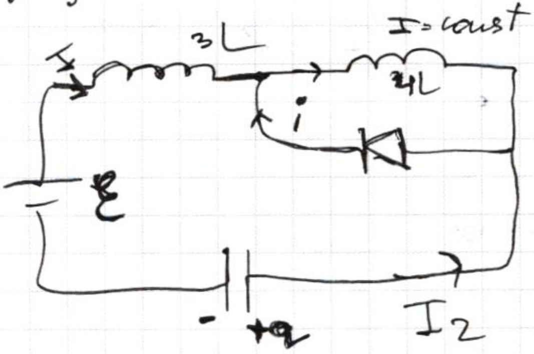
$\mathcal{E} \cdot \mathcal{E}C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + 7L \cdot \frac{I^2}{2}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = 7L \cdot \frac{I^2}{\cancel{2}}$

$I^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{7L}$

$I_{M1} = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{7L}}$

диод открывается



$U_D = 0$

$\mathcal{E} = -3L I_2' + \frac{q}{C}$

$-q' = I_2$

$\mathcal{E} = 3Lq'' + \frac{q}{C}$

$\frac{\mathcal{E}}{3L} = q'' + \frac{q}{3LC}$

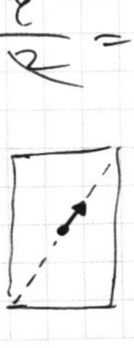
$I_2' = 0$

$C\mathcal{E} = q$

$\mathcal{E} \cdot q = \frac{q^2}{2C} + 3L \cdot \frac{I_{2max}^2}{2}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = 3L \cdot \frac{I_{2max}^2}{\cancel{2}}$

$I_{2max} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{3L}}$



$\frac{1}{2} + \frac{3}{14} = \frac{7}{14} + \frac{3}{14} = \frac{10}{14}$

$U_{нач} = q\,C\frac{\mathcal{E}^2}{2} + 3L \cdot \frac{1}{2} \cdot \mathcal{E}^2 \cdot \frac{C}{7L} =$

$\mathcal{E} \cdot (q_{кон} - C\mathcal{E}) = \frac{q_{кон}^2}{2C} - \left(\frac{10}{14} C\mathcal{E}^2\right)$

$-\mathcal{E} \cdot (q_{кон} - C\mathcal{E}) = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{3L I^2}{2} - \frac{q_{кон}^2}{2C}$

$\left(\frac{10}{14} - \frac{1}{2}\right)$

$\frac{3}{14} \cdot 7 \, C\mathcal{E}^2 = 3L I^2$

$I = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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