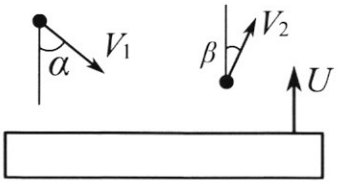
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-02**

Шифр
(заполняется секретарём)



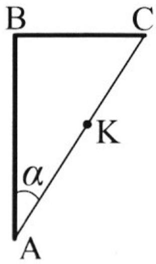
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 6 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик 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).

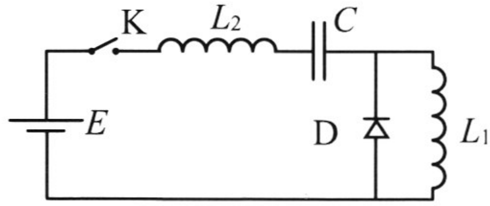
1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?



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?

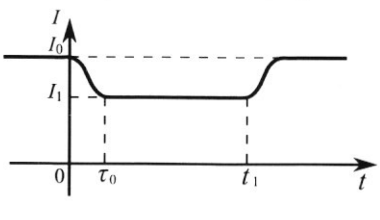
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.



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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

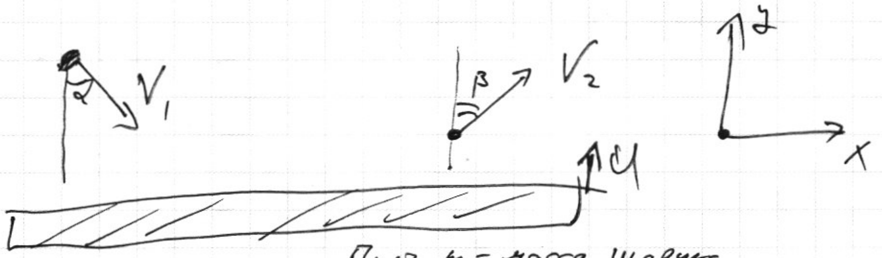
$V_1 = 6 \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

$\sin\beta = \frac{1}{3}$

1) V_2 - ?

2) u - ?



Пусть m – масса шарика

Проведем ось OX – горизонтальная и OY – вертикальная

Покажем, что после удара о ~~плиту~~ плиту ~~скорость~~ скорость шарика в проекции на OY увеличится ~~по модулю~~ на 2U.

Изначально проекция скорости шарика на OY равна

$V_{1y} = -V_1\cos\alpha$, после: $V_{2y} = V_2\cos\beta$

Пересядем в СО, кот. движется вверх со скоростью U, тогда в этой системе отчета ~~в~~ проекции скоростей на оси равны соотв. $\upsilon_{1y} = V_{1y} - U$ и $\upsilon_{2y} = V_{2y} - U$.
(с учетом выбора направления U вверх)

В этой системе отсчета плита покоится, а значит после удара импульс легкого в сравнении с плитой шарика поменяет направление по оси OY, перпендикулярной плите, т.е.

$m\upsilon_{1y} = -m\upsilon_{2y}$

$V_{1y} - u = -V_{2y} + u$

$V_2\cos\beta = V_1\cos\alpha + 2u$ (1), ч.т.д.

При этом в любых СО импульс шарика по OX сохранится, т.е. $m V_{1x} = m V_{2x}$

см. сл. стр.

№1 (продолж.)

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

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

из (1) следует

$u = \frac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2} > 0$, т.к. по условию плита движется вверх

при этом $\cos\alpha = \pm\sqrt{1-\sin^2\alpha} = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \pm\sqrt{1-\sin^2\beta} = \pm\frac{2\sqrt{2}}{3}$

(теоретически может быть как плюс, так и минус, сейчас посмотрим).

учитывая это, получаем

$$u = \left[\begin{array}{l} \pm\frac{12\frac{м}{с}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - 6\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \pm(4\sqrt{2}-\sqrt{5})\frac{м}{с} \\ \pm\frac{12\frac{м}{с}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} + 6\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \pm(4\sqrt{2}+\sqrt{5})\frac{м}{с} \end{array}\right.$$

т.к. $4\sqrt{2}-\sqrt{5} > 0$, то подходят значения

$u = 4\sqrt{2} \pm \sqrt{5}$; где ~~знак~~ знак "+" соотв. $\cos\alpha < 0$, т.е. шарик изначально летел вверх.

Такой случай возможен, т.к. $|u| > |V_1 \cos\alpha|$

$4\sqrt{2}+\sqrt{5} > 2\sqrt{5}$, и плита может догнать шарик.

Ответ: $u = 4\sqrt{2} \pm \sqrt{5}$ $\frac{м}{с}$.

$V_2 = 12 \frac{м}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано:

$T_1 = 330\ K$

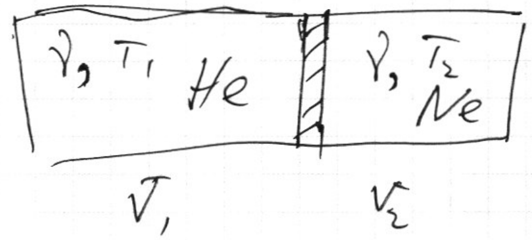
$T_2 = 440\ K$

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) T - ?

3) Q - ?



1) Т.к. изначально поршень неподвижен, то давления газов равны, $p_1 = p_2 = p$

З-н Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases} \div$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4} = 0{,}75$$

2) Пусть установится температура T

Т.к. система теплоизолирована, то общая внутренняя энергия газов сохранится

$$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$$

$$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T + \frac{3}{2}\nu R T$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 385\ K.$$

3) Медленное изменение положение ~~з~~ поршня можно связать с изобарическим расширением гелия. По I начало ~~зак~~ термодинамики

$Q = \Delta U + A$, где Q – теплота, переданная гелию от неона

ΔU – изменение вн. энергии гелия

A – работа гелия в процессе

см. сл. стр.

№2 (продолж.)

Т.к. процесс изобарический и гелий одноатомный, то

$\Delta U = \frac{3}{2} A \qquad A = \frac{2}{3}\Delta U$

$Q = \Delta U + \frac{2}{3}\Delta U = \frac{5}{3}\Delta U$

$\Delta U = U_1' - U_1 = \nu R (T - T_1)$

$Q = \frac{5}{3}\nu R (T - T_1) = \frac{5}{3} \cdot \frac{6}{25}\text{ моль} \cdot 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 55\text{К} =$

$= 182{,}82$ Дж

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}75$

$T = 385$ К

$Q = 182{,}82$ Дж

№3.

Дано:

$\angle ABC = 90°$

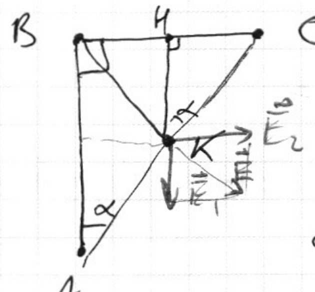
$\angle BAC = \alpha$

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\frac{E_2}{E_1}$ − ?

2) $\alpha = \frac{\pi}{8}$

E − ?



Пластины BC и AB являются бесконечно высокими, но не бесконечно широкими (в сравнении с расстояниями BK и AK), а значит нельзя сказать, что вокруг K поле, создаваемое пластинами, однородно. Найдем, чему равно поле, создаваемое напр. пластиной BC в K, обозначив $KH = h$ − расст. от K до BC, $CH = BH = x_0$ − они равны т.к. $BK = CK$ − равноб ΔBKC.

Рассмотрим тонкую полоску, находящуюся на x правее H вдоль BC. Пусть направление на нее составляет угол φ, а ее толщина мала и равна dx (см. рисунок).

см. сл. стр.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

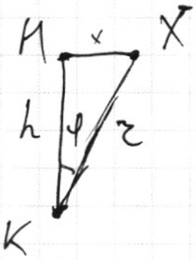
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

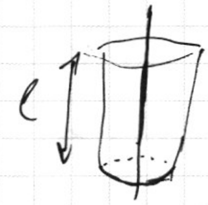
№5 (продолж.)



Пусть $KX = r$

Эту полоску можно считать однородно заряженной нитью с линейной плотностью заряда $\tau = \sigma dx$

Поле заряженной нити на расстоянии r от нее равно $E = \frac{\tau}{2\pi r \varepsilon_0}$ (по теор. Гаусса, док-во слева).



выбираем поверхность цилиндра длиной l и радиуса r

$\vec{E}$ в любой точке из симметрии перпендикулярно поверхности, значит $\Phi = ES =$

$= E 2\pi r l$

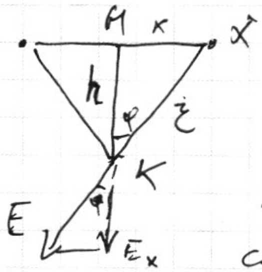
$q = \tau l$

теор. Гаусса:

$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$ $\quad E 2\pi r l = \frac{\tau l}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\tau}{2\pi r \varepsilon_0}$, ч.т.д.

Тогда полоска толщины dx будет создавать в точке K поле $dE = \frac{\sigma dx}{2\pi r \varepsilon_0}$



т.к. вследствие симметрии отн. KH все горизонтальные составляющие поля будут скомпенсированы, следует рассматривать проекцию на направление KH:

$$dE_x = dE \cdot \cos\varphi = \frac{\sigma \cos\varphi}{2\pi r \varepsilon_0} dx$$

$$\cos\varphi = \frac{h}{r} \qquad r^2 = h^2 + x^2$$

$$dE_x = \frac{\sigma \cdot \frac{h}{r}}{2\pi r \varepsilon_0} dx = \frac{\sigma h}{2\pi (h^2+x^2) \varepsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\pi \varepsilon_0 h} \cdot \frac{h^2}{(h^2+x^2)} dx =$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi \varepsilon_0} \frac{1}{1+(\frac{x}{h})^2} \cdot d\left(\frac{x}{h}\right) = \frac{\sigma}{2\pi \varepsilon_0} \frac{dt}{1+t^2}, \text{ где } t = \frac{x}{h} = tg\varphi$$

№5 (продолж. 2)

При подсчете общего поля от всех „полосок", кот. составляют пластину, следует просуммировать в пределах

$t = tg\varphi \in (-tg\alpha; tg\alpha)$, при этом

$\int \frac{dt}{1+t^2} = arctg(t)+C$ и тогда полное поле

$$\boxed{E_x = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-tg\alpha}^{tg\alpha}\frac{dt}{1+t^2} = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} arctg\, t\Big|_{-tg\alpha}^{tg\alpha} =}$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\cdot(\alpha-(-\alpha)) = \boxed{\frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0}}$$, где α – угол, противолежащий пластине в $\triangle ABC$

Можно заметить, что при $\alpha = \frac{\pi}{2}$, что соответствует бесконечно широкой пластине, получаем формулу для поля бесконечно большой пластинки.

1) Пусть поле в т. K равно E, где $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, $\vec{E}_1$ – поле от BC, $\vec{E}_2$ – поле от AB

т.к. $E_1 \perp E_2$, то

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ (теор. Пиф.)

$E_1 = \frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$ $\quad E_2 = \frac{\sigma(\frac{\pi}{2}-\alpha)}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{2}\frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$ $\quad \frac{E}{E_1} = \sqrt{2}$

2) $E_1 = \frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{8\varepsilon_0}$ $\quad E_2 = \frac{\sigma(\frac{\pi}{2}-\alpha)}{\pi\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{8\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{E_1^2+E_2^2} = \frac{\sigma}{8\varepsilon_0}\sqrt{1^2+3^2} = \frac{\sqrt{10}\sigma}{8\varepsilon_0}$

Ответ: 1) $\frac{E}{E_1} = \sqrt{2}$

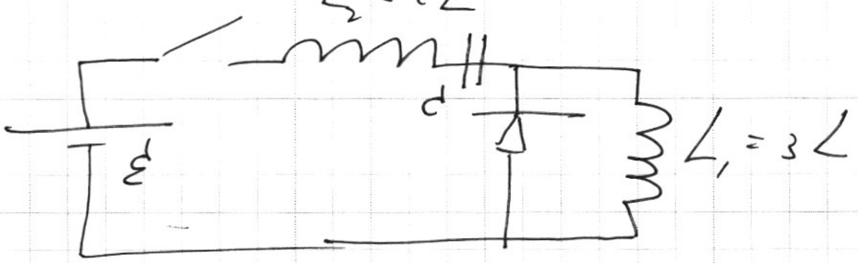
2) $E = \frac{\sqrt{10}\sigma}{8\varepsilon_0}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

Дано:
$\mathcal{E}$; $L_1 = 3L$;
$L_2 = 2L$; C

T - ?
I_{01} - ?
I_{02} - ?



Ток будет попеременно течь то по часовой, то против часовой стрелки.

При этом при течении по часовой стрелке ток будет течь через L_1, а против - через диод.

1) Будет совершаться полупериод ~~одно~~ колебаний с одной частотой, и полупериод - с другой, тогда

$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \frac{T_1 + T_2}{2}$, где T_1 и T_2 - периоды двух колебаний соотв.

Когда ток течёт через L_1, эквивалентная индуктивность катушек равна $L_1 + L_2 = 5L$

$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{2LC}$ $\quad T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C} = 2\pi\sqrt{5LC}$, и

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \pi\sqrt{LC}\cdot(\sqrt{2} + \sqrt{5})$.

Определим амплитуду тока в обоих колебаниях.

2) $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

Когда напряжение на конденсаторе максимально и равно U_{01}, то $I_1 = 0$, $\frac{dI_1}{dt} = \max$.

см. сл. стр.

№4 (продолж.)

Сразу перед достижением максимального напряжения ток уменьшался, значит $\frac{dI_1}{dt}$ направлена против направления тока, а значит ЭДС индукции обоих катушек сонаправлено $\mathcal{E}$. При этом $\left|\frac{dI_1}{dt}\right| = max = \omega_1 I_{01}$, а

$$U_{01} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_i = \mathcal{E} + (L_1 + L_2)\cdot\left|\frac{dI_1}{dt\,max}\right| = \mathcal{E} + 5L\omega_1 I_{01} =$$
$$= \mathcal{E} + \sqrt{\frac{5L}{C}} I_{01}$$

По ЗСЭ:

$$\frac{CU_{01}^2}{\cancel{2}} = \frac{5LI_{01}^2}{\cancel{2}} + A_{ист}$$

$$C\mathcal{E}^2 + \cancel{C\frac{5L}{C}I_{01}^2} + 2C\mathcal{E}\sqrt{\frac{5L}{C}}I_{01} = \cancel{5LI_{01}^2} + 2A_{ист}$$

$$A_{ист} = \mathcal{E}\Delta q = \mathcal{E}CU_{01} = C\mathcal{E}^2 + C\mathcal{E}\sqrt{\frac{5L}{C}}I_{01}$$

$$C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}\sqrt{\frac{5L}{C}}I_{01} = 2C\mathcal{E}^2 + C\mathcal{E}\sqrt{\frac{5L}{C}}I_{01}$$

$$\cancel{C}\cancel{\mathcal{E}}\sqrt{\frac{5L}{C}}I_{01} = \cancel{C}\mathcal{E}^{\cancel{2}}$$

$$I_{01} = \sqrt{\frac{C}{5L}}\mathcal{E}$$

3) Рассуждения аналогичны, однако тут ЭДС индукции катушек будут противонаправлены $\mathcal{E}$, и

$$U_{02} = \mathcal{E} - L_2\left|\frac{dI_2}{dt\,max}\right| = \mathcal{E} - 2L\omega_2 I_{02} = \mathcal{E} - \sqrt{\frac{2L}{C}}I_{02}$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \sqrt{\frac{C}{2L}}$$

ЗСЭ:

$$\frac{CU_{02}^2}{2} = \frac{2LI_{02}^2}{2} + A_{ист.}$$

$$A_{ист} = \mathcal{E}\Delta q = \mathcal{E}CU_{02} = C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}\sqrt{\frac{2L}{C}}$$

см. сл. стр.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№5 (продолж.)

По ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{O_2F} + \frac{1}{O_2D} \qquad O_2F = O_1O_2 - O_1F = \frac{F_0}{2}$$

$$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f}$$

$$f = F_0$$

Ток I_1 достигается, когда мишень полностью расположилась в угле $\angle NFM$, и ток прямо пропорционален площади, через которую свет падает на $Л_2$.

$\triangle AFB \sim \triangle MFN$

$$\frac{MN}{AB} = \frac{FE}{FO_1} \qquad MN = d_1 = AB \cdot \frac{FE}{FO_1} = D \cdot \frac{\frac{F_0}{4}}{F_0} = \frac{D}{4}$$

площадь мишени

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_0} = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{8}{9}$$

площадь MN

$$9d_1^2 - 9d_2^2 = 8d_1^2$$

$$d_2 = \frac{d_1}{3} = \frac{D}{12}$$

За время τ_0 мишень полностью оказывается внутри угла $\angle NFM$, т.е. проходит свою длину (диаметр.)

$$v = \frac{d_2}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$$

За время t_1 мишень своей передней частью пройдет от M до N (т.к. t_1 - время между началом уменьшения тока и началом увеличения тока; дойдя до N мишень будет выходить из угла $\angle NFM$), значит

$$t_1 = \frac{d_1}{v} = \frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{12\tau_0}} = 3\tau_0$$

Ответ: $f = F_0$; $v = \frac{D}{12\tau_0}$; $t_1 = 3\tau_0$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолж.)

Откуда аналогично получаем

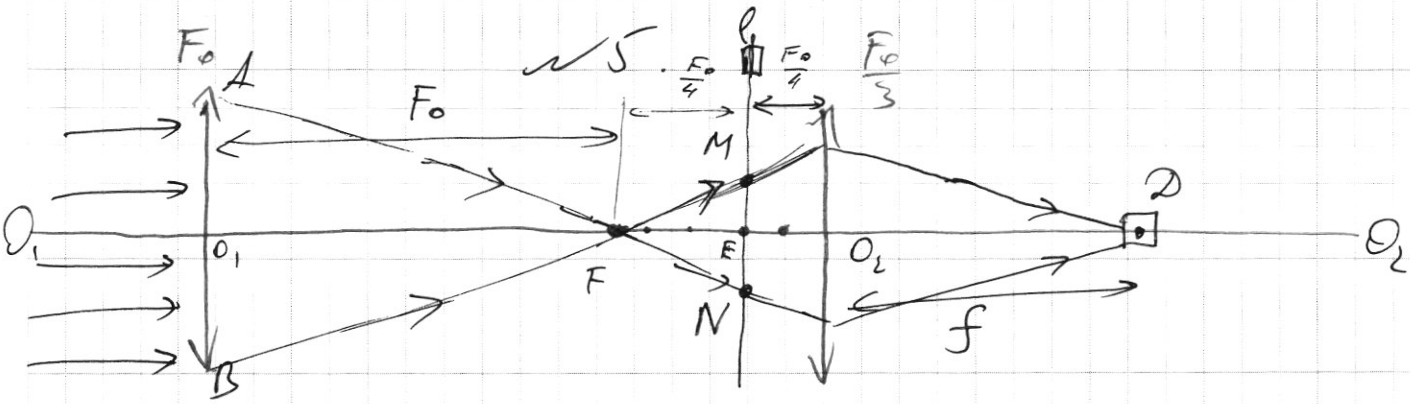
$I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$, что $> I_{01}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{2}+\sqrt{3})$

2) $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$.

№5.



Дано:

$F_1 = F_0$

$F_2 = \frac{F_0}{3}$

$AB = D$

$O_1E = \frac{5F_0}{4}$

$I_1 = \frac{8}{9}I_0$

$O_1O_2 = 1{,}5\,F_0$

---

f - ?

v - ?

t_1 - ?

Пусть AB - линза $Л_1$, O_1 и O_2 - центры линз

F - ее фокус

l - линия движения мишени

$l \cap BF = M$ $\quad l \cap AF = N$ $\quad D$ - детектор

$l \cap O_1O_2 = E$ $\quad O_2D = f$

$MN = d_1$

d_2 - ~~размер~~ диаметр мишени

по усл. $O_1F = F_0$

$FE = O_1E - O_1F = \frac{5F_0}{4} - F_0 = \frac{F_0}{4}$

Лучи параллельного пучка, после преломления в $Л_1$, сфокусируются в фокусе F.

см. сл. стр.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

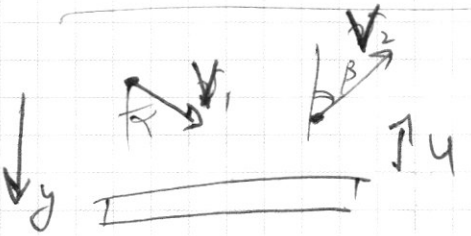
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

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

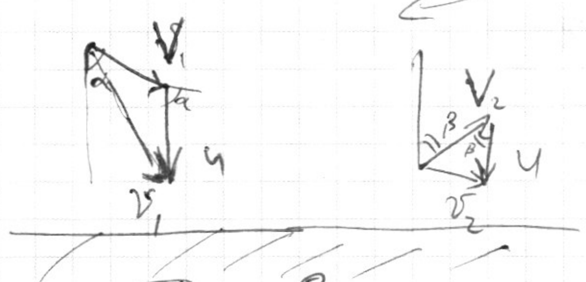


в СО ↑u:

$v_{1y} = V_1\cos\alpha + u$

$v_{2y} = -V_2\cos\beta + u$

$v_{2y} = -v_{1y} \quad v_{1x} = v_{2x}$



$\cos\alpha = \pm\sqrt{1-\frac{4}{9}} = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \pm\sqrt{1-\frac{1}{9}} = \pm\frac{2\sqrt{2}}{3}$

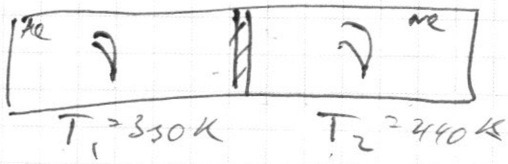
$$\begin{cases} V_1\cos\alpha + 2u = V_2\cos\beta \\ V_1\sin\alpha = V_2\sin\beta \end{cases}$$

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

$u = \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2}$ ... и всё?

№2.

$i = 3$



$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$

$p_1 = p_2$

$$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ pV_2 = \nu RT_2 \end{cases}$$

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

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4} = 0{,}75$

$T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = 385\,К$

$\Delta U_2 = U_2 - U_2' = \nu R(T_2 - T) = \frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot(440-385) = \ldots$

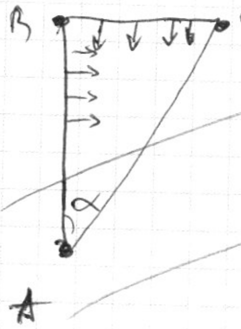
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

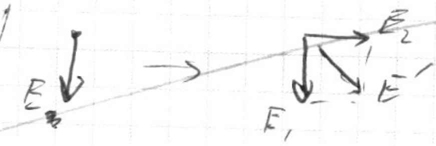
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3



1)

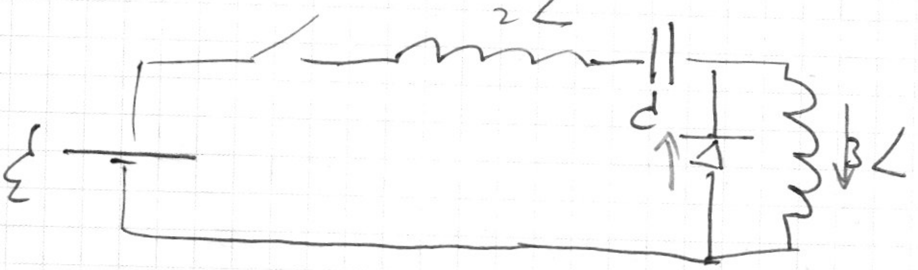


$E' = \sqrt{2} E$

2)

$E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{17}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

№4



$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$T_1 = 2\pi\sqrt{2LC}$ $\quad T_2 = 2\pi\sqrt{5LC}$

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

$\cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2LI_{m2}^2}{2} \quad I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}}$

$\cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2LI_{m1}^2}{2} + \frac{3LI_{m1}^2}{2} \quad I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}}$

2) Колебания с $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

при ~~…~~ $U_c = max$ $\quad I = 0$ $\quad \dot{I} = max$

ток ↓

изменение тока

$\dot{I}_{m1} = \omega I_{m1}$

$U_{m1} = \mathcal{E} + 5L\omega I_{m1}$

$\frac{CU_{m1}^2}{2} = \frac{5LI_{m1}^2}{2}$ . . .

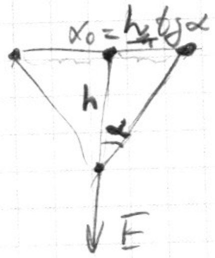
☑ черновик ☐ чистовик

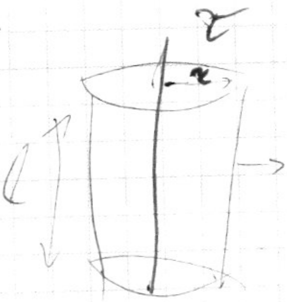
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3.

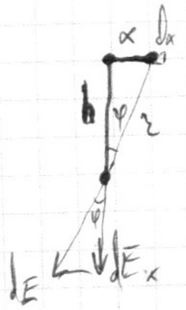




$$E \cdot 2\pi r l = \frac{\tau l}{\varepsilon_0}$$

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

$tg\,\alpha = \frac{x_0}{h}$



$\tau = \sigma\, dx$

$r = \frac{h}{\cos\varphi} = \frac{x}{\sin\varphi}$

$r^2 = h^2 + x^2$

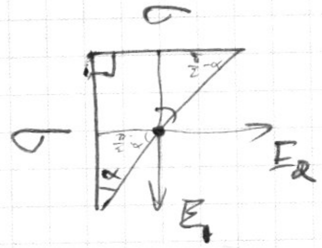
$$dE = \frac{\sigma\, dx}{2\pi r \varepsilon_0}$$

$$dE_x = dE\cos\varphi = \frac{\sigma\, dx}{2\pi r \varepsilon_0}\cos\varphi = \frac{\sigma \cdot \frac{h}{r}}{2\pi r \varepsilon_0} dx = \frac{\sigma h}{2\pi (h^2+x^2)\varepsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0 h} \cdot \frac{1}{\left(1+\left(\frac{x}{h}\right)^2\right)} dx = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \frac{1}{1+\left(\frac{x}{h}\right)^2} d\left(\frac{x}{h}\right)$$

$$E_x = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \int_{-tg\alpha}^{tg\alpha} \frac{1}{1+\left(\frac{x}{h}\right)^2} d\left(\frac{x}{h}\right) = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{h}\right)\Big|_{-tg\alpha}^{tg\alpha} = \frac{\sigma \cdot 2\alpha}{2\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0}$$

$$\int \frac{1}{(1+t^2)} dt = \operatorname{arctg} t \ ? \quad \text{да!}$$

1)



$E_1 = \frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$ $\qquad \alpha = \frac{\pi}{4}$

$E_2 = \frac{\sigma\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sqrt{2}\,\sigma}{4\varepsilon_0}$

$\frac{1}{2} - \frac{1}{8} = \frac{4}{8} - \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$

$\alpha = \frac{\pi}{8}$

2) $E_1 = \frac{\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{8\varepsilon_0}$

$E_2 = \frac{\sigma\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)}{\pi\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{8\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma}{8\varepsilon_0}\sqrt{1^2+3^2} = \frac{\sqrt{10}\,\sigma}{8\varepsilon_0}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

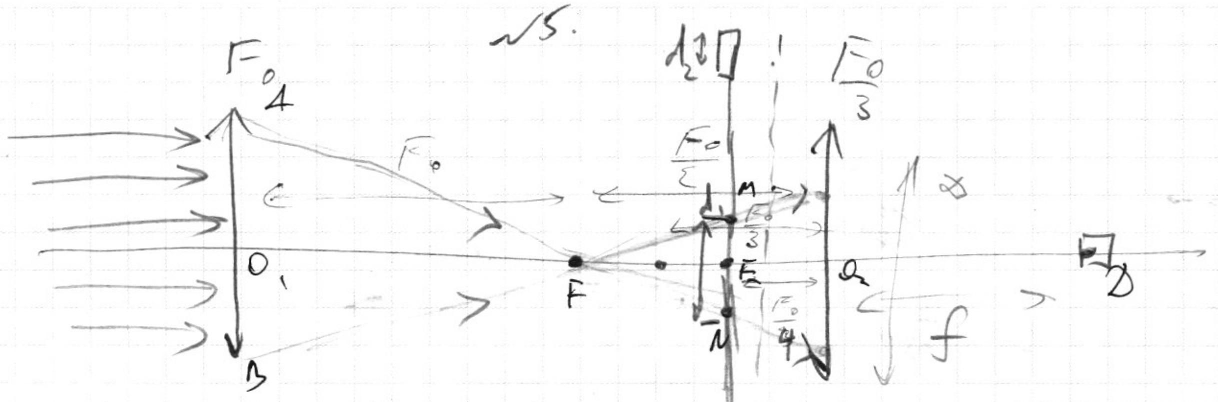
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.



$$\frac{1}{\frac{F_0}{2}}+\frac{1}{f}=\frac{1}{\frac{F_0}{3}}$$

$$\boxed{f=F_0}$$

$$\frac{D}{F_0}=\frac{d_1}{\frac{F_0}{2}-\frac{F_0}{4}}=4\frac{d_1}{F_0}$$

$$d_1=\frac{D}{4}$$

$$\boxed{I_1=\frac{8}{9}I_0 \quad \tau_0 \quad D \quad F_0}$$

$$\frac{I_1}{I_0}=\frac{\frac{\pi d_1^2}{4}-\frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}}=\frac{8}{9}$$

$$9d_1^2-9d_2^2=8d_1^2$$

$$d_2=\frac{d_1}{3}=\frac{D}{12}$$

270 | 2, 385

831 · 22 = 1662, 1662, 18282

$$\boxed{v=\frac{d_2}{\tau_0}=\frac{D}{12\tau_0}}$$

$$\boxed{t_1=\frac{d_1}{v}=\frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{12\tau_0}}=3\tau_0}$$

$$u=\frac{V_2\cos\beta-V_1\cos\alpha}{2}=\pm\frac{12\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}-6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}}{2}=\pm(4\sqrt{2}-\sqrt{5})$$

$$=\pm\frac{12\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}+6\frac{\sqrt{5}}{3}}{2}=\pm(4\sqrt{2}+\sqrt{5})$$

$$|V_1\cos\alpha|=6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}=2\sqrt{5}$$

$$|V_2\cos\beta|=12\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}=8\sqrt{2}$$

т.к. $u>0$, то

$$u=4\sqrt{2}\pm\sqrt{5}\ \frac{м}{с}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)