Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

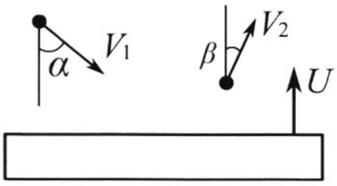
Класс 11

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.

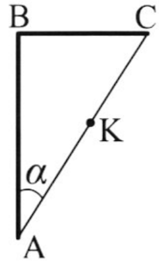
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ 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?

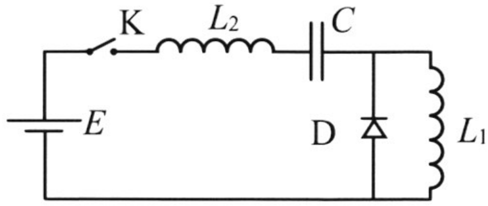
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

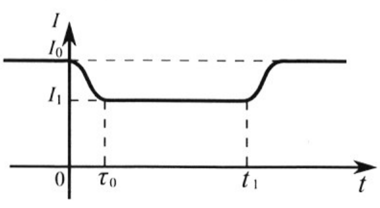


1) Найти период T этих колебаний.

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.

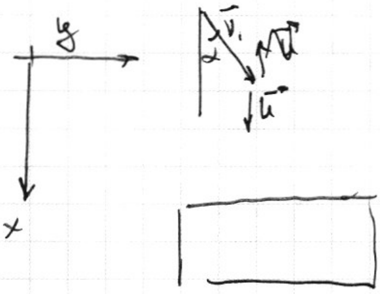
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

№1 Т.к. плита массивная, можно пренебречь изменением её импульса после удара. т.е. считать плиту ИСО

Перейдем в СО плиты

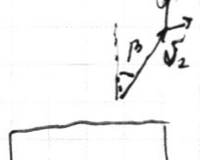
Пусть υ_{1x} υ_{1y} скор шарика до удара в СО плиты в проекции на оси



$$\upsilon_{1x} = V_1 \cos\alpha + u$$

$$\upsilon_{1y} = V_1 \sin\alpha$$

υ_{2x} ; υ_{2y} ск шарика после удара в СО плиты в проекции на оси



т.к ~~уд. ударный~~ т.к. в проекции на OY на ~~пл~~ шарик не действуют силы, то можно записать ЗСИ OY:

$$m\,\upsilon_{1y} = m\upsilon_{2y} \Rightarrow \upsilon_{1y} = \upsilon_{2y}$$

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

~~Чтобы произошел удар во-первых ИСО $\upsilon_{1x} > 0$ иначе тела не столкнутся $\Rightarrow$ $V_1\cos\alpha + u > 0 \Rightarrow u > -V_1\cos\alpha$~~

~~$\upsilon_{2x} = -V_1\cos\alpha - u$~~

~~$\upsilon_{2x} =$~~ $V_{2x} = -V_2\cos\beta$ – ск шарика после отскока на OX в СО земли

$\upsilon_{2x} = V_{2x} + u = -V_2\cos\beta + u$ ск шарика на OX в СО плиты после отскока

т.к плита ИСО, ~~[illegible] в СО~~ и удар неупругий, то энергия в конце < энергии в начале

$$m\frac{\upsilon_{1x}^2}{2} + m\frac{\upsilon_{1y}^2}{2} > \frac{m\upsilon_{2x}^2}{2} + \frac{m\upsilon_{2y}^2}{2}$$ т.к. $|\upsilon_{1y}| = |\upsilon_{2y}|$ получаем

~~υ_{1y}~~ $|\upsilon_{1x}| > |\upsilon_{2x}|$

$V_1\cos\alpha + u > V_2\cos\beta - u \Rightarrow$ ~~Δu~~ $u < \frac{V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta}{2} = \frac{6\cdot\sqrt{1-\left(\frac{2}{3}\right)^2} + 12\cdot\sqrt{1-\left(\frac{1}{3}\right)^2}}{2} =$

$= 3\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} + 6\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} = \sqrt{5} + 4\sqrt{2} \Rightarrow u \in [0; \sqrt{5}+4\sqrt{2})$

Ответ: 1) 12 м/с ; 2) $[0; \sqrt{5}+4\sqrt{2})$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$dV_г \cdot p + V_г \cdot dP = \nu R dT_г$

$dV_н \cdot P + V_н \cdot dP = \nu R dT_н$

перейдем в СО плиты

$V_г \cdot dP$

$\varepsilon = U_c$

$dP =$

$A_{ист} = C\varepsilon^2$

$dV_г = -dV_н$

$V_г \cdot dP = -V_н \cdot dP$

$V_0 -$

$dV_г = -dV_н$

$dV_н \cdot p + dP(V_0 - V_г) = \nu R dT_н = -\nu R dT_г$

$v_{1y} = v_1 \cdot \cos\alpha - u$

$C\varepsilon^2 = \frac{C\varepsilon^2}{2} + \left(\frac{L_1+L_2}{2}\right) I_{max}^2$

I_{L_1} $I_{max} \to \frac{dq}{dt}\ max$

$v_{1x} = V_1 \sin\alpha$

$I = 0$

$q(t) = A\omega$

$v_{2y} = -v_1 \cos\alpha + u$ =

$V_{2y} = u + v_1 \cos\alpha$

$v_{2x} = V_1 \sin\alpha$

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

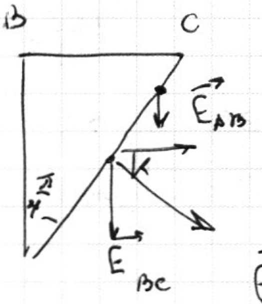
I_{max} от $q_c = \varepsilon$

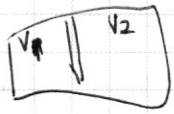
$E_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0}$

$E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$

$I(t) = A \cdot \cos(\omega t)$

$q(t) = A \sin(\omega t) + C$





$pV_1 = \nu_н RT_1$

$pV_2 = \nu_н R T_2$

$\vec{E}_0 = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$

$E_0 = \sqrt{}$

$PV_1' = \nu_н RT$

$PV_2' = \nu_н RT$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{C(L_2+L_1)}$

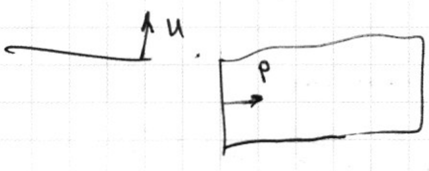
$dV_г = -dV_н$

$\frac{3}{2}\nu_н R($

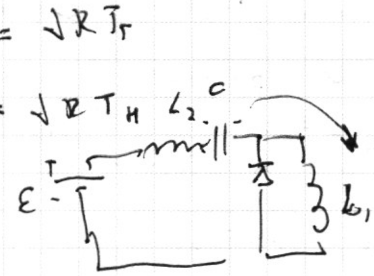
$V_2 = u \uparrow V_2$

$V_г P = \nu_г \cdot R T_г = \nu R T_г$

$V_н \cdot P = \nu_г R T_н = \nu R T_н$



$P dV = \nu R dT_г$



$dT_г = -dT_н$

$dV_г \cdot P + V_г \cdot dP = \nu R dT_г$

$dV_н \cdot P + dP \cdot V_н = \nu R dT_н = -\nu R dT_г$

$\varepsilon - \frac{q_c}{C} = (L_2 + L_1)\, q''$

$T_г = \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C(L_2+L_1)}}$

☒ 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)»

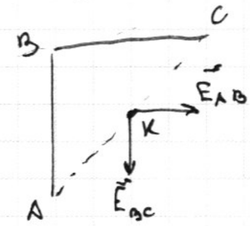
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 ~~т.к пластины бесконечны, то можно считать поле постоянным. По т. Гаусса для плоскости AB: $E_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0}$ где σ_{AB} - поверх плотность заряда на плоск AB; аналогично для BC: $E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$~~

1) т.к $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $AB = BC$ => пластины абсолютно одинаковы геометрически, т.к. они заряжены одинаково, то и модули их же полей одинаковы в т. K (K - на одинаковом расстоянии от каждой пластины и ровно по центру каждой) => когда заряжены две пластины, получаем по принципу суперпозиции:



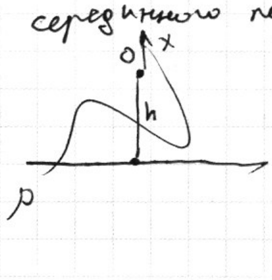
$E_0 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{2E^2} = \sqrt{2}\,E$ где $E_{AB} = E_{BC} = E$

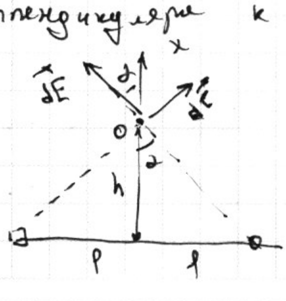
тогда отношение до и после зарядки одной из пластин

~~$\frac{E_{AB}}{E_0} = \frac{E}{}$~~ $\frac{E_0}{E_{AB}} = \frac{\sqrt{2}E}{E} = \sqrt{2}$ в $\sqrt{2}$ раза

2) т.к пластины бесконечны вдоль одной из своих сторон можно сказать что поле в любой точке, лежащей на прямой, перпендикулярной конечной стороне пластинки, одинаково, будем считать такую полубесконечную пластинку множеством палочек конечной длины с линейной плотностью заряда $\rho_л$ при этом каждая палочка из симметрии не будет влиять на поле другой

Найдем поле, которое создает эта палочка на расс h от серединного перпендикуляра к ней, рассмотрим маленькие кусочки такой палочки



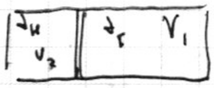


$dE_y = 0$

$dE_x = 2dE \cdot \cos\alpha$

$dE = \frac{k\,dq}{h^2} \cdot \cos^2\alpha$

№2 Рассмотрим начальное состояние газов т.к. поршень движется медленно, то можно считать, что ~~ф~~ силы, действ на него равны и что давления газов одинаковы



V_1 - нач объем ~~н~~ гелия

V_2 нач. объем неона

из ур-ия менделеева клапейрона: $PV_1 = \nu_г R T_1$

$P V_2 = \nu_н R T_2$ =>

=> $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_г \cdot T_1}{\nu_н \cdot T_2} = \frac{\frac{6}{25} \cdot 330}{\frac{6}{25} \cdot 440} = \frac{3}{4}$

т.к система замкнута, ~~т.е сумма~~ и давления одинаковы, то суммарная работа $A = 0$ => из начала Термодинамики.

$\frac{3}{2} \nu_г \cdot R(T - T_1) + \frac{3}{2} \nu_н \cdot R (T - T_2) = 0$ где T - конечная температура

=> $\nu_г (T - T_1) = \nu_н \cdot (T_2 - T)$ т.к $\nu_н = \nu_г$, то $T - T_1 = T_2 - T$ => $T = \frac{T_1 + T_2}{2} =$

$= \frac{330 + 440}{2} = \frac{770}{2} = 385$ K

Запишем уравнение менделеева клапейрона для гелия и неона в некоторый момент процесса и продифференцируем

1) ~~$P_н$~~ $P \cdot V_н = \nu_н \cdot RT_н$

$P \cdot dV_н + dP \cdot V_н = \nu_н \cdot R \cdot dT_н$ (1)

2) $P V_г = \nu_г \cdot R T_г$

$P dV_г + dP \cdot V_г = \nu_г \cdot R dT_г$ (2)

3) $V_н + V_г = const$ т.к. сосуд герметичен => $dV_н + dV_г = 0$ (3)

4) ~~$dQ_н = -dQ_г$~~ т.к сосуд герметичен и давления одинаковы

$dU_н = -dU_г$ => $\frac{3}{2} \nu_н \cdot R dT_н = -\frac{3}{2} \nu_г \cdot R dT_г$ => $dT_н = -dT_г$ (4)

(1) + (2): $P (dV_г + dV_н) + dP(V_г + V_н) = \nu_н \cdot R dT_н + \nu_г \cdot R dT_г$

подставляя (3) и (4), а также зная, что $\nu_н = \nu_г$ получаем:

$dP (V_г + V_н) = 0$ т.к $V_г + V_н \neq 0$, то $dP = 0$ => $P = const$, => для каждого газа процесс изобарический => $Q = \Delta Q_г = C_p \cdot \nu_г \cdot \Delta T_г =$

№3 продолжение

$$dq = \rho \cdot d(h\, tg\,\alpha) = \rho h \frac{d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$\Rightarrow \quad dE = \frac{k\cdot \rho h \cdot d\alpha}{h^2}\cdot\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{k\rho\cdot d\alpha}{h}$$

$$dE_x = \frac{2k\rho}{h}\cos\alpha\cdot d\alpha$$

отсюда $\cancel{E_x = \int_0^l \frac{2k\rho}{h}\cdot\cos\alpha\, d\alpha}$ где

$$E_x = \int_0^{\varphi} \frac{2k\rho}{h}\cos\alpha\, d\alpha$$ где $\varphi = arctg\frac{l}{h}$; $2l$ - длина полоски

$$\Rightarrow \quad E_x = \frac{2k\rho}{h}\sin\alpha\Big|_0^{\varphi} = \frac{2k\rho}{h}\sin\varphi = \frac{2k\rho}{h}\cdot\sin arctg\frac{l}{h} = \frac{2k\rho\cdot l}{h\sqrt{l^2+h^2}} =$$

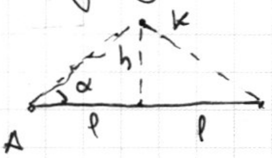
$$= \frac{2k\rho}{h\sqrt{1+\left(\frac{h}{l}\right)^2}} = \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0 h\cdot\sqrt{1+\left(\frac{h}{l}\right)^2}}$$

сделаем предельный переход $l\to\infty$, это никак не повлияет на в линейную плотность, получим:

$\to E_x = \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0 h}$ но с другой стороны это поле бесконечной пластины по т. Гаусса $E_x = \frac{\sigma_n}{2\varepsilon_0} = \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0\cdot h} \Rightarrow \rho = \pi h\cdot\sigma_n$

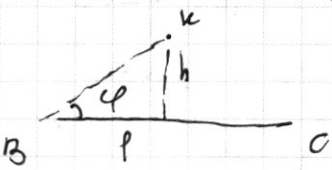
$$\Rightarrow \quad E_x = \frac{\sigma_n}{2\varepsilon_0\sqrt{1+\left(\frac{h}{l}\right)^2}}$$

тогда для пластины AB имеем



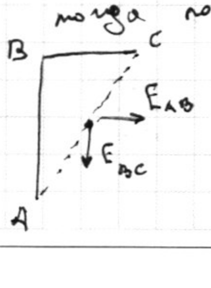
$$\Leftrightarrow \quad \frac{h_{AB}}{l_{AB}} = tg\,\alpha = tg\frac{\pi}{8} \Leftrightarrow E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{1+tg^2\frac{\pi}{8}}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\cos\frac{\pi}{8}$$

аналогично для AB



$$tg\,\varphi = \frac{h_{BC}}{l_{BC}} \Rightarrow E_{BC} = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{8}\right) = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sin\frac{\pi}{8}$$

тогда по принципу суперпозиции для т. K



$$\Rightarrow \quad E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\left(\frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2\sin^2\frac{\pi}{8} + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2\cos^2\frac{\pi}{8}} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{4\sin^2\frac{\pi}{8}+\cos^2\frac{\pi}{8}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{3\sin^2\frac{\pi}{8}+1}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{3\sin^2\frac{\pi}{8}+1}$

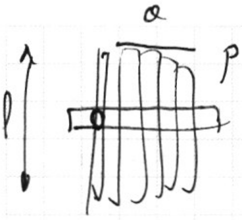
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

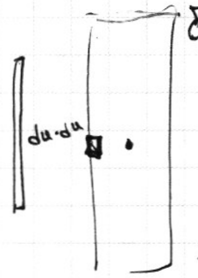
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$p = \frac{\sigma_п h}{2\varepsilon_0}$ $\frac{p}{2\pi h} = \sigma$

$\frac{p}{h} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $P_{газ} = \frac{\nu R T_н}{V_н}$

$p = 2\pi h \cdot \sigma$



$dq = p \cdot dl$

$\sigma_1 = \frac{q}{l \cdot a}$

$\boxed{A_н = -A_г}$ $p = 2\pi h \cdot \sigma$

$d V_г = -d V_н$

$pl =$

$p \cdot 2l = q =$

$l \to \infty$

$\frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}$

$p = \sigma_1 \cdot dl$

dx

$2E \cdot \cos\alpha$

при $l \to \infty$

$p \to \infty$

$E \cdot S =$

$h \cdot tg\,\alpha$

$\sigma_1 dl$

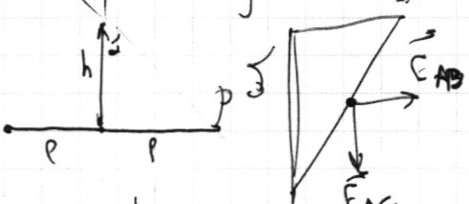
$p \cdot V_н = \nu_н R = \nu R T_н$

σ

$p \cdot dV_н + V_н \cdot dP = \nu R dT_н$

$\sigma - ?$

$\sqrt{l^2+h^2}$ $A_н - ?$



$\frac{3}{2} \nu R dT$

$\frac{\sigma_п}{2\varepsilon_0 \sqrt{1+\left(\frac{h}{l}\right)^2}} = E$

$p dV_н + V_н \cdot dP = \nu R dT_н$

$p dV_г + V_г \cdot dP = \nu R dT_г$

$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ k

$\sigma \cdot dl$

$\sin\alpha\, d\alpha$

$V_н \cdot dP = -V_г \cdot dP \Rightarrow dP = 0$

$Q = C_p \cdot \nu \Delta T = \frac{5}{2} R \nu$

$-q$

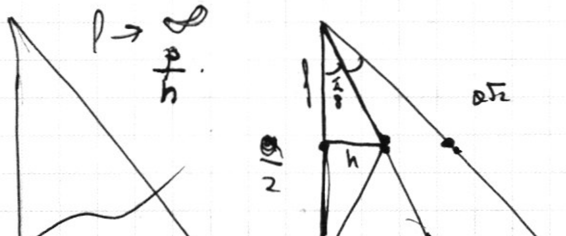
$\frac{l}{h\sqrt{l^2+h^2}}$ $p = \varepsilon_0$ $A_н = \nu R \Delta T_н \Rightarrow$

$l \to \infty$

$\frac{p}{h}$

4.

$\frac{\alpha}{2} tg\left(\frac{\alpha}{8}\right)$



$a\sqrt{2}$

$\frac{a\sqrt{2}}{a} = \frac{a_2}{a_1}$

$2E\cos\alpha$

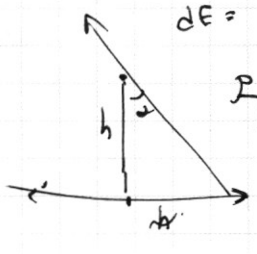
$a_1\sqrt{2} = a_2$

$\frac{a}{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{8}\right)$

$dE = \frac{dq}{h^2} \cdot \cos^2\alpha$

$\frac{1}{h\sqrt{1+\left(\frac{h}{l}\right)^2}}$ $\frac{\cos\frac{\pi}{8}}{h} p$

$\frac{p\, d\alpha}{h}$



$arctg\frac{l}{h}$ $p\, d\alpha$

$(\sqrt{2}+1)\, a_1 = a$

$\int_0 p \frac{\cos\alpha \cdot d\alpha}{h}$

$a_1 = \frac{a}{\sqrt{2}+1} = a(\sqrt{2}-1)$

$\frac{h}{\cos\alpha} =$

$a_2 = a(2-\sqrt{2})$

$\frac{h}{l} = tg\frac{\pi}{8}$

$dq = p\,d(h\,tg\,\alpha) = \frac{h \cdot d\alpha}{\cos^2\alpha}$

$tg\frac{\pi}{8} = \frac{h}{l}$

h

☒ черновик ☐ чистовик

Страница №__

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

№2 продолжение

$$= \frac{5}{2} R \nu_г \cdot (T - T_1) = \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{25} \cdot (385 - 330) =$$

$$= \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{25} \cdot 55 = 8{,}31 \cdot \underline{2}\; 3 \cdot 11 = 16{,}62 \cdot 11 = 18{,}282 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} \times\, 16{,}62 \\ 11 \\ \hline 1662 \\ 1662 \\ \hline 18{,}282 \end{array}$$

Ответ: 1) $\cancel{\frac{V_1}{V_2}}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$; 2) 385 K; 3) 18,3 Дж

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

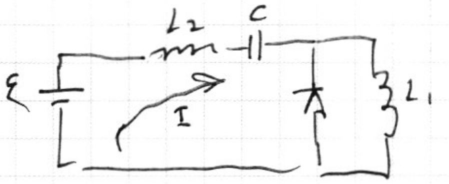
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

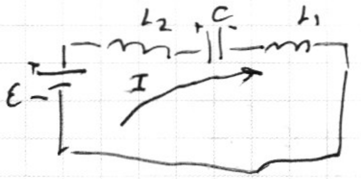
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

~~При~~ разных направлениях протекания тока будут меняться составы цепи, в начале



ток против диода => можно его выкинуть т.к $R_D \to \infty$



сделаем обход

$$\mathcal{E} - L_2 \frac{dI}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{q_c}{C}$$

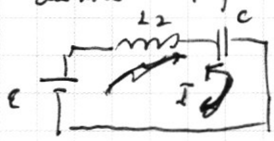
$$(L_1 + L_2) \cdot q'' + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$$

$$q'' + \frac{q}{C(L_1+L_2)} - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow \quad \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

При протекании тока вдоль диода ~~тот~~ будет открыт ~~открыт~~ => $U_{L_1} = 0$

можно перерисовать цепь



аналогично получим

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL_2}} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{CL_2}$$

~~то~~ т.к направление тока чередуется, то суммарный период будет складываться из полусуммы первого и второго периодов

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)} + \pi\sqrt{C(L_2)} = \pi\sqrt{5CL} + \pi\sqrt{2CL} = \pi\sqrt{CL}\left(\sqrt{5} + \sqrt{2}\right)$$

$I_{max} \Rightarrow \mathcal{E}_{si} = 0 \Rightarrow U_c = \mathcal{E}$ (для каждого варианта цепи)

$W_1 = 0$ - начальный момент времени (до начала самих колебаний)

$A_{ист} = \mathcal{E} \cdot \Delta q = \mathcal{E}(q_{c1} - q_{c0})$ $\quad q_{c0} = 0$ - в нач. момент

$q_{c1} = CU_c = C\mathcal{E}$

первая цепь - без L_1, вторая цепь - без L_1

№4 продолжение

~~Запиш~~. Пусть в первой цепи ток максимален и равен I_1

Запишем ЗСЭ для первой цепи $A_{ист} = W_2$

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{(L_1+L_2)}{2} I_1^2$$

$$C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)}{2} I_1^2 \Leftrightarrow C\mathcal{E}^2 = (L_1+L_2) I_1^2 \Rightarrow I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$

Пусть во второй цепи ток максимален и равен I_2

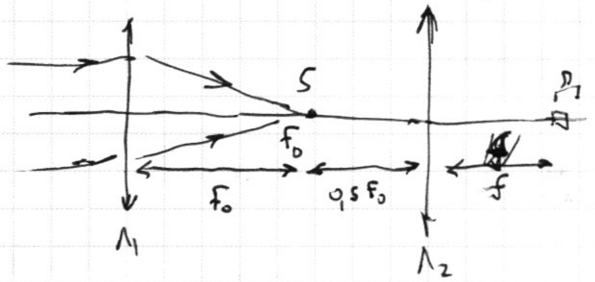
$$C\mathcal{E}^2 = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} \Rightarrow I_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$$

$$I_{01} = I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$$

$$I_{02} = \max(I_1; I_2) = I_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

Ответ: 1) $\pi\sqrt{CL}\left(\sqrt{5}+\sqrt{2}\right)$ 2) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$ 3) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

№5 т.к. лучи после прохождения Л₁ собрутся в фокусе, можно считать фокус Л₁ - точечным источником для Л₂



По закону тонкой линзы для Л₂

$$\frac{1}{0,5F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{F_0}{3}} \Rightarrow f = \frac{\frac{F_0}{3}\cdot\frac{1}{2}F_0}{\frac{1}{2}F_0 - \frac{1}{3}F_0} = F_0$$

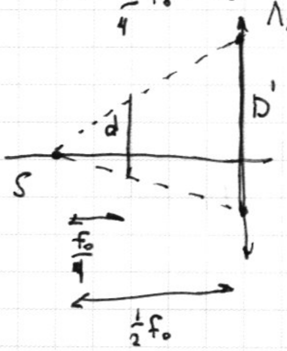
т.к. интенсивность света пропорциональна площади пучка, то

$I \sim S$ где I сила тока; S - площадь пучка

из графика следует, что ~~весь~~ участок с установившимся током означает, что мишень закрыла собой часть раб. пов. линзы и что

диаметр ~~размер~~ мишени $d < D$

т.к. $\frac{5}{4}F_0 > F_0$ мишень справа от источника S, тогда в момент, когда ~~линза~~ мишень полностью в обл линзы



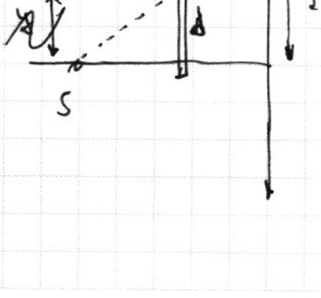
D' - круговая область на линзе, на которую не попадает свет; из подобия

$$\frac{d}{D'} = \frac{\frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow D' = 2d$$

~~из найдём относительной~~ тогда из пропорц. площади и тока

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \pi\left(\frac{D'}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{8}{9} \Rightarrow \left(\frac{D'}{2}\right)^2 = \frac{1}{9}\left(\frac{D}{2}\right)^2 \Rightarrow D' = \frac{D}{3} = 2d \Rightarrow$$

$\Rightarrow d = \frac{D}{6} < \frac{D}{2}$ т.к. ~~установится~~ начало уст. тока произойдет в момент, когда мишень впервые полностью закроет собой обл. диаметром D'



отсюда $V_м = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{6\tau_0}$

~~из подобия~~ $\cancel{y = \frac{D}{4} \Rightarrow x = \frac{D}{2} - y = \frac{D}{4}}$

$\cancel{\Rightarrow V_м = \frac{D}{4\tau_0}}$

т.к. ~~мишень~~ т начало отсчета в момент касания верхним ~~верхн~~ лучом нижней точки мишени

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

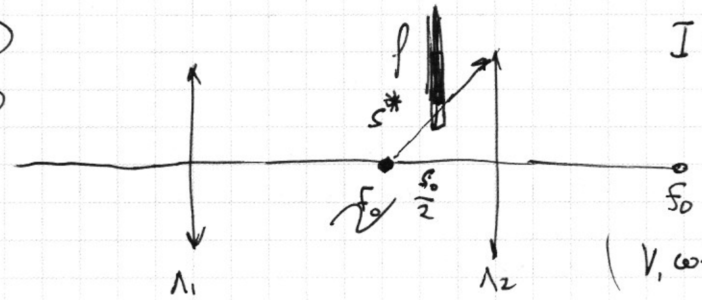
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

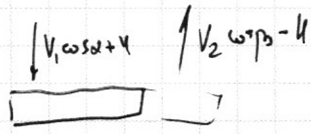
1
4
5



$I \sim S$

$V_1 \cos\alpha + u$

$4\sigma \cdot \rho$



$(V_1 \cos\alpha + u)^2$

$4\sigma = \frac{9}{5}$

$u = 0 \Rightarrow$

$S^*: \quad \frac{1}{0{,}5F_0} + \frac{1}{f} = \frac{31}{F_0}$

D

$f = F_0$

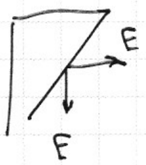
$$\frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}{\pi\frac{D^2}{2}} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{8}{9}$$

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

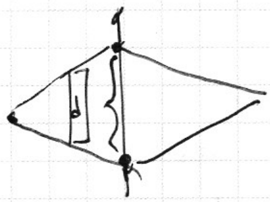
$x \; u = \frac{V_1 \cos\alpha + V_2 \cos\beta}{2}$

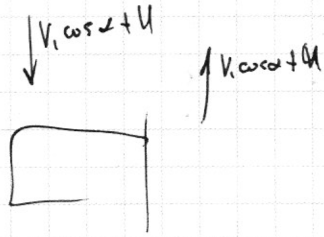
$\frac{1}{9}\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow d = \frac{D}{3}$

$4\sigma\alpha$



$\rho = 4\sigma \cdot \rho$

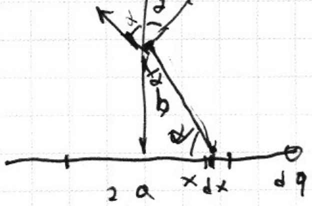




$\boxed{2u + V_1 \cos\alpha}$

$(\mathrm{tg}^2\alpha + 1) = \frac{1}{\cos^2\alpha}$

$d\alpha$



$2E \cdot \cos\alpha$

$E = \frac{\rho \cdot dx}{b^2 + x^2}$

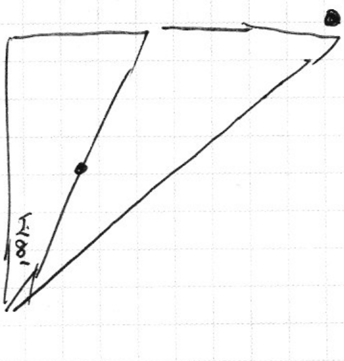
α

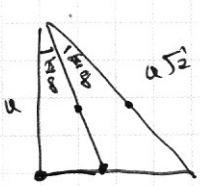
$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{x}{b}$

$x = b\,\mathrm{tg}\,\alpha$

$$\int^{\alpha} \frac{\rho\, dx}{(b^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$b\, d\,\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\sin\alpha\, d\alpha}{\cos^2\alpha}$





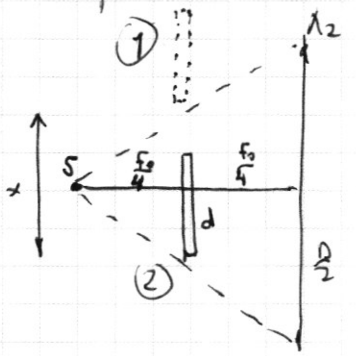
$b^3 (\mathrm{tg}^2\alpha + 1)^{\frac{3}{2}}$ $\mathrm{arctg}\frac{a}{b}$

$\cos^3\alpha. \quad \int_0 K \cdot \cos\alpha \cdot d\alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 продолжение

конец уст. тока I_1 произойдет когда мишень пересечет крайний нижний луч, выходящий из S на источник



(1) - начальное положение

(2) - конечное

отсюда $t_1 = \frac{x}{V}$

из подобия $x = \frac{D}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{D}{2V} = \frac{D}{2D} \cdot 6\tau_0 =$

$= 3\tau_0$

* Поскольку $D' = 2d = \frac{D}{3}$ то мишень никогда полностью не закрывает собой линзу

Ответ: 1) F_0; 2) $\frac{D}{6\tau_0}$; 3) $3\tau_0$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)