Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

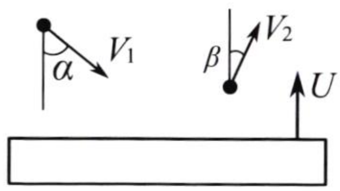
Класс 11

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.

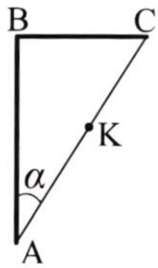
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

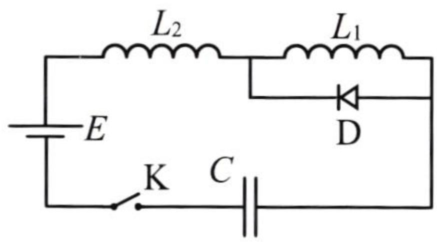
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

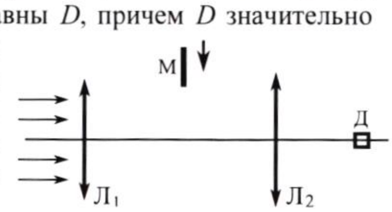


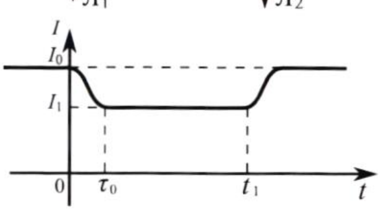
1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 5I_0/9$.



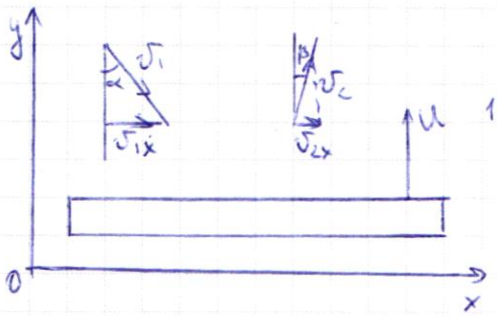


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 1

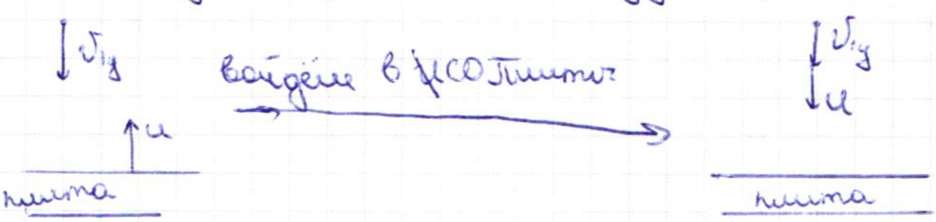
1) При отскакивании от плиты шарик меняет свою скорость только в оси, к сонаправленной со скоростью плиты (ось OY). При этом ~~скорость~~ проекция скорости на Ox сохраняется.

$v_{1x} = v_{2x}$ (следует из ЗСИ на Ox)

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

$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1 \cdot 3}{2} = 1{,}5 v_1 = 1{,}5 \cdot 12 \frac{м}{с} = 18 \frac{м}{с}$

2) ~~До~~ Найдём изменение модуля v_y



Поскольку удар неупругий, то ~~ч~~ при отражении часть скорости потеряется (часть $E_к$ уйдёт в тепло)

Пусть при отражении имеем скорость $v_{2y}' = (v_{1y} + u)\eta$,

где $0 < \eta < 1$

Возвращаясь в ИСО Земли, получаем $v_{2y} = v_{2y}' + u =$

$= v_{1y}\eta + \cancel{\&}\, u(1+\eta)$ (1)

~~v_{2y}~~ $v_{1y} = v_1 \cos\alpha$ (2)

$v_{2y} = v_2 \cos\beta$ (3)

Из (1), (2) и (3)

$$v_1 \cos\alpha \, y + u(1+y) = v_2 \cos\beta$$

$$u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha\, y}{1+y}$$

$$u = \frac{18\cdot\sqrt{1-\frac{1}{9}} - 12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}}\cdot y}{1+y} = \frac{18\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot y}{1+y} = \frac{12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}\, y}{1+y}$$

Найдём максимум и минимум функций для $0 \le y < 1$

$$u'(y) = \frac{-6\sqrt{3}(1+y) - (12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}\, y)}{(1+y)^2} = 0$$

$$u'(y) = -6\sqrt{3} - 6\sqrt{3}\, y - 12\sqrt{2} + 6\sqrt{3}\, y = 0$$

$$-6\sqrt{3} - 12\sqrt{2} < 0$$

Функция убывает ⇒ макс. и мин. значения u при $y=0$ и $y \to 1$

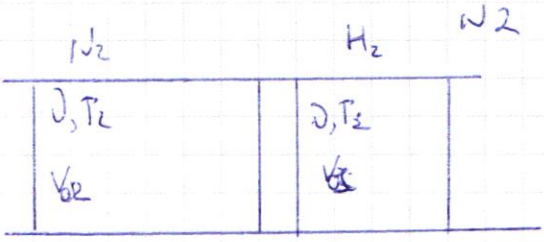
$$u(0) = \frac{12\sqrt{2} - \cancel{6\sqrt{3}}}{1} = 12\sqrt{2} - \cancel{6\sqrt{3}}$$

$$u(1) = \frac{12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$$

$$(6\sqrt{2} - 3\sqrt{3})\frac{м}{с} < u \le (12\sqrt{2})\frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $18\frac{м}{с}$; 2) $(6\sqrt{2} - 3\sqrt{3})\frac{м}{с} < u \le 12\sqrt{2}\frac{м}{с}$

№2



1) Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона для N_2 и H_2

~~$P_1 V_{01} = P_2 V$~~

$$\begin{cases} P_2 V_{02} = \nu R T_2 & (1) \\ P_1 V_{01} = \nu R T_1 & (2) \end{cases}$$

Поскольку поршень изначально покоится и начинает двигаться за счёт перераспределения тепла, то $P_1 = P_2$

Разделим (1) на (2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_{02}}{V_{01}} = \frac{T_{02}}{T_{01}}$$

$$\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_{01}}{T_{02}} = \frac{350}{550} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$$

2) Запишем ур-е теплового баланса

$\cancel{Q = C\nu T}$ $C\nu(\cancel{T_2 - T})^{(T-T_2)} + C\nu(T - T_1) = 0$, где 1-е слагаемое это ~~изменение~~ тепло полученное азотом (со знаком „–"), а 2-е — водородом

$T - T_2 + T - T_1 = 0$

$2T = T_1 + T_2$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2} = 450\,K$$

3) $Q = A + \Delta U$

Рассмотрим ~~в~~ систему двух газов: Потерь тепла нету, т.е. для системы газов $PV^{\gamma} = const$; $V = V_1 + V_2 = const$, значит $V^{\gamma} = const$, след. $P = const$, $P_1 + P_2 = const$, значит для уст. положений $P_1 = P_2 = P$
В ~~то~~ этом случае

$A = P\Delta V$; $\Delta U = \frac{i}{2}(PV' - PV'') = \frac{i}{2}P\Delta V$, где i: $C_V = \frac{5R}{2} = \frac{i}{2}R$; $i = 5$

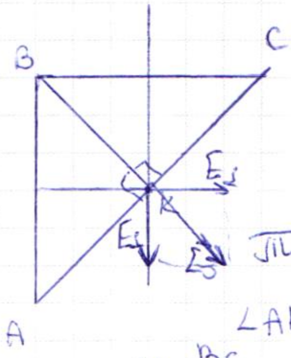
$\frac{A}{\Delta U} = \frac{2}{i}$; $A = \Delta U \frac{2}{i}$

$Q = A + \Delta U = \Delta U\left(1 + \frac{2}{i}\right) = \frac{\Delta U\,(i+2)}{i} = \frac{i+2}{i}\frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i+2}{2}\nu R(T_2 - T)$

$Q = \frac{7}{5}\nu R(T_2 - T) = \frac{7}{5}\cdot \cancel{0{,}7}^{6}\cdot 8{,}31\cdot 100 = \cancel{140\cdot 0{,}7\cdot 8{,}31 = 140\cdot 5{,}817 = 814{,}38\ Дж}$ $120\cdot 8{,}31 = 997{,}2\ Дж$

Ответ: 1) $\frac{7}{11}$; 2) 450K; 3) ~~814,38 Дж~~ 997,2 Дж ~~Ответ~~

N3



1) $\angle BAC = \frac{\pi}{4}$, тогда $\angle ACB = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4}$

ΔABC — равнобедренный

Т.к. $AK = KC$ (BK — медиана), то $BK \perp AC$ (BK — высота)

$\angle AKB = \angle BKC = \frac{\pi}{2}$

~~Точка~~ ~~K~~ и BC симметричны относительно прямой, проходящей через K и перпендикулярной BC.

Из симметрии E_1 в т. K будет направлена вдоль этой прямой.

Теперь зарядим до б только AB. Всё будет также, как и с BC (BK — ось симметрии). Значит модуль напряжённости для AB $E_{AB} = E_1$ и направлен симметрично отн. BK.

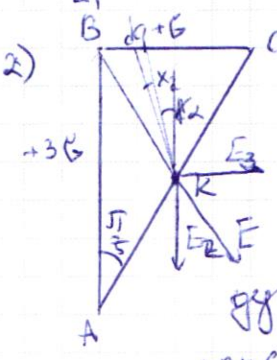
Т.к. AB⊥BC, то и $E_{AB} \perp E_1$

Применяя метод супер позиции получаем, что $\vec{E_0} = \vec{E_1} + \vec{E_{AB}}$

$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_1^2} = \sqrt{2}\,E_1$, E_0 — напр. от AB и BC

$\frac{E_0}{E_1} = \sqrt{2}$

2)



Поскольку $\angle ABC = 90^\circ$, то около ABC можно описать окружность с центром в K (т.к. AK=KC)

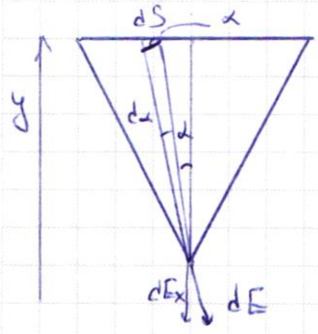
$\angle BAC$ и $\angle BKC$ опираются на одну и ту же дугу, но $\angle BAC$ — вписанный, а $\angle BKC$ — центральный;

$\angle BKC = 2\angle BAC = \frac{2\pi}{5}$

Используя принцип суперпозиции найдём отдельно поля от BC и AB, а затем сложим их

$dE_L = \frac{k\,dq}{x^2} = \frac{k\sigma\, dS}{x^2}$; $\frac{dS \cos\alpha}{x^2}$ можно обозначить как $d\Omega$, т.е. как малый телесный угол — (из маленького треуг. на след. стр.)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$dE_2 = \frac{k\, d\Omega \cdot \sigma}{\cancel{x^2} \cos\alpha}$$

Поскольку всё симметрично относительно оси y, то ~~на~~ $\Sigma dE_{2y}^{x} = 0$, $E = \Sigma dE_{2}y$

$$dE_{2x}^{y} = dE_2 \cdot \cos\alpha = \frac{k\, d\Omega \cdot \sigma}{\cancel{x}}$$

$$\cancel{E_x}\ E_y = E_2 = \Sigma dE_y = \int_0^{\Omega} \cancel{k\sigma}\, k\sigma\, d\Omega = k\sigma\,\Omega$$

Поскольку, чтобы полностью заставить („со всех сторон") ~~этими~~ пространство вокруг К этими пластинами, нужно их $\frac{360^\circ}{2\pi/5}$ штук (торцы не учитываем, т.к. они маленькие в сравнении с самими пластинами) и полный телесный угол 4π, то

$$\Omega = 4\pi \cdot \frac{1}{N} = 4\pi \cdot \frac{\cancel{5}\,2\pi/5}{2\pi} = \frac{\cancel{4}\,8\pi}{10} = \cancel{\frac{2\pi}{5}}\ \frac{4\pi}{5}$$

Значит $E_2 = k \cdot \sigma \cdot \frac{4\pi}{5} = \frac{4\pi k\sigma}{5}$

Делаем всё аналогично для E_3;

Там центральный угол равен $\pi - \frac{2\pi}{5} = \frac{3\pi}{5}$

$$\Omega_2 = 4\pi \cdot \frac{3\pi/5}{2\pi} = \frac{12\pi}{10} = \frac{6\pi}{5}$$

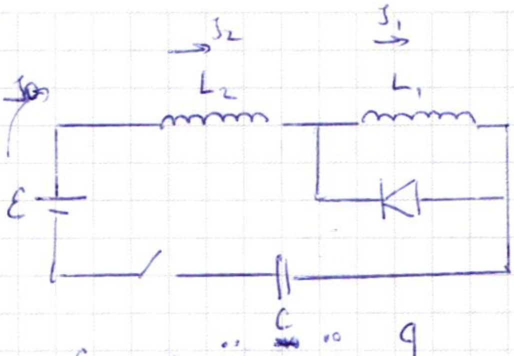
$$E_3 = k \cdot 3\sigma \cdot \Omega_2 = \frac{18\pi k\sigma}{5}$$

Т.к. $E_2 \perp E_3$, то $E = \sqrt{E_2^2 + E_3^2} = \sqrt{\frac{16(\pi k\sigma)^2}{25} + \frac{\cancel{64}\,324(\pi k\sigma)^2}{25}} = \frac{2\sqrt{85}}{5}$

$$= \pi k\sigma \cdot \sqrt{\frac{\cancel{80}}{25}} = \cancel{4}\,\frac{\pi k\sigma}{5}\sqrt{\cancel{16\cdot 5}\ 340} = \cancel{\frac{4\sqrt{5}}{5}}\ \frac{2\sqrt{85}}{5}\pi k\sigma$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{4\sqrt{5}}{5}\pi k\sigma$

N 4



1) Найдём полупериоды колебаний для случая, когда J_0 направлен, как показано на рисунке, и когда наоборот

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

$\ddot q + \frac{q}{C(L_1+L_2)} = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}$ (1) ; $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}$

$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$; $t_1 = \frac{1}{2}T_1 = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

Для $J \uparrow\downarrow J_0$

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

$\ddot q + \frac{q}{L_2C} = -\frac{\mathcal{E}}{L_2}$

$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C}$; $t_2 = \frac{1}{2}T_2 = \pi\sqrt{L_2C}$; $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2C}}$

$T = t_1 + t_2 = \pi\left(\sqrt{L_2C} + \sqrt{(L_1+L_2)C}\right)$

2) Для второго полупериода $J_1 = 0$, т.к. диод открыт

Рассмотрим первый $J_1 = J_2 = J$

$q = q_1 + q_м\cos(\omega_1 t)$, где $q_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}\cdot C(L_1+L_2) = C\mathcal{E}$ (из (1))

$J = \dot q = -q_м\omega_1\sin(\omega t)$

$J_м$ достигается при $\sin(\omega t) = -1$ (принадлежит 1-му полупериоду)

$J_м = q_м\omega_1$

Найдём $q_м$. ~~Заряд на конденсаторе максимален,~~ когда ~~тока нет, т.е.~~ $\cancel{\mathcal{E} = \frac{q_м}{C} + L_1\dot J + L_2\dot J}$, ~~где~~ $\cancel{\dot J = \ddot q = -q_м\omega^2}$

На 1-ом полупериоде J максимально, при $\dot J = 0$

$q_м = q_1 = C\mathcal{E}$ $\qquad \mathcal{E} = \frac{q_м}{C}$

$q_м = C\mathcal{E}$

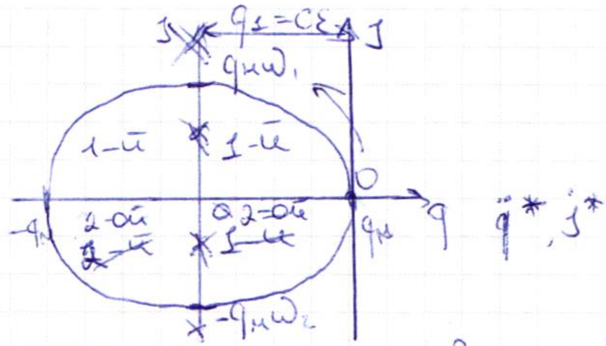
$J_м = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$ $\qquad J_м = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

3) Здесь надо сравнить максимальные токи от двух полупериодов. $J_{м1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Для 2-го полупериода:~~



Точка O – стартовая

$q - q_1 = q_м \cos\omega t$

$J = -q_м \omega \cos\omega t$

$\left(\frac{q-q_1}{q_м}\right)^2 + \left(\frac{J}{q_м\omega}\right)^2 = 1$

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

$q = q_2 + q_{м_2}\cos(\omega_2 t)$

$q_2 = -\frac{\mathcal{E}}{L_2} \cdot L_2C = -C\mathcal{E}$

$q = -C\mathcal{E} + q_{м_2}\cos(\omega_2 t)$

$J = \cancel{q_{2}} - q_{м_2}\omega_2 \sin(\omega_2 t)$

Т.к. в данном случае ток течёт против часовой стрелки, то

$J_2 = -J = q_{м_2}\omega_2 \sin(\omega_2 t)$. Максимум достигается при $\sin(\omega_2 t) = 1$ (лежит во 2-м полупериоде)

$J_{2м} = q_{м_2}\omega_2$.

~~$q_{м_2}$ так же, как и в первом случае при $J=0$, $q_{м_2} = C\mathcal{E}$~~

$-\mathcal{E} = \frac{q_{м_2}}{C} + L_2\dot{J}$

$q_{м_2} = (-\mathcal{E} - L_2\dot{J})C$, ~~максимум по модулю достигается~~ при $J = \cancel{0}$

из диаграммы сверху можно увидеть, что

~~$|q_{м_2}| = |q_{м_1}| = C\mathcal{E}$~~

~~$J_{м_2} = q_{м_2}\omega_2 = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{C(L_1+L_2)}}$~~ $= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

$L_1 + L_2 > L_2$

$\frac{1}{L_1+L_2} < \frac{1}{L_2}$

$\frac{C}{L_1+L_2} < \frac{C}{L_1+L_2}$

$\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} < \sqrt{\frac{C}{L_2}}$

для 2): из диаграммы видно, что $|q_{м_1}| = \cancel{2\mathcal{E}}\, 2\mathcal{E}C$

$J_м = 2C\mathcal{E}\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

для 3): из диаграммы ~~$|q_{м_2}| = 2\mathcal{E}$~~

$|q_{м_2}| = 2C\mathcal{E}$

$J_{м_2} = q_{м_2}\omega_2 = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

$2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} < 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

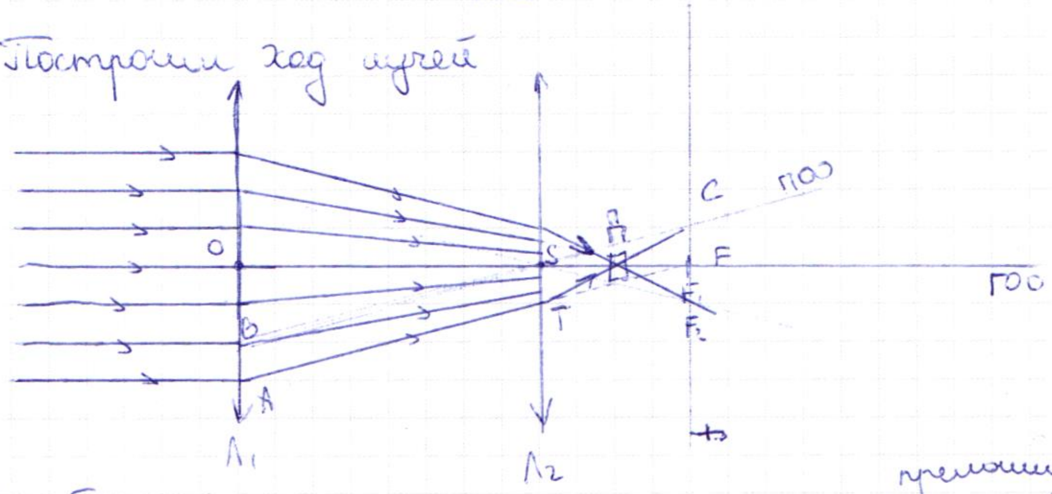
$I_{м_1} < I_{м_2}$

Значит для L_2 $I_{м_2} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

Ответ: 1) $\pi\left(\sqrt{L_2C} + \sqrt{(L_1+L_2)C}\right)$ 2) $I_{1м} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$; 3) $I_{2м} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

N5

Построим ход лучей



Чтобы сильно не загромождать рисунок я ~~нарисовал~~ преломлении в $Л_2$ только крайние 2 луча

BC — ПОО , TF - продолжение луча AT

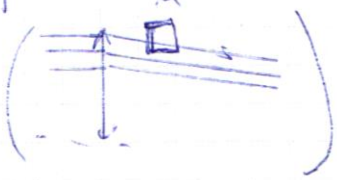
BC // AF т.к. это условие для ПОО и AF = BC , т.к. соответвующие точки находятся на пар. прямых $Л_1$ и f

ABCF — параллелограмм

$\Delta STF = \Delta FCS$, поэтому $ST = CF$ $\Rightarrow$ $SD = DF$, т.к. T и C ~~ST=CF~~ равноудалены от ГОО

$SD = \frac{1}{2} SF = \frac{1}{2} F_0$

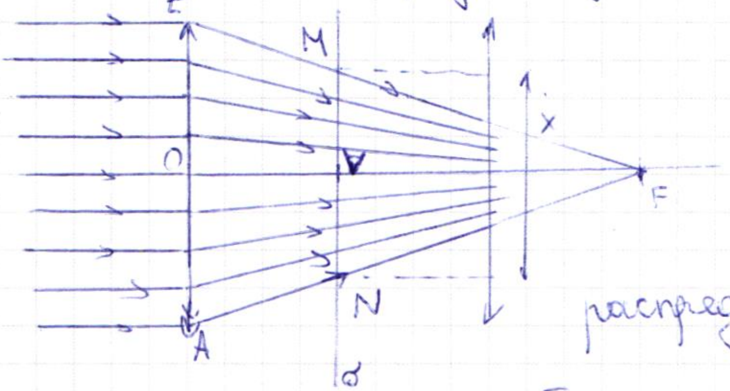
2) ~~Δt~~ τ_0 - это время в течение которого мишень заходит в ход лучей



т.е. при $t = 0$ мишень находится чуть выше крайнего луча, а при $t = \tau_0$ — чуть ниже крайнего луча

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит $l = v \cdot \tau_0$, где l – длина мишени



Вдоль прямой а (по которой движется мишень) интенсивность света распределена равномерно, т.е.

чтобы $J_1 = \frac{5}{9} J_0$, надо чтобы мишень закрывала свет интенсивностью $\Delta J = J_0 - J_1 = \frac{4}{9} J_0$. И из-за равномерного распределения ~~это и есть~~ $l = \frac{4}{9} x$ $\left(\frac{J}{l} = const_x ; \frac{J_0}{x} = \frac{\Delta J_x}{l} \right)$

$l = \frac{\Delta J x}{J_0} = \frac{4}{9} x$

Из подобия $\triangle AEF$ и $\triangle NMF$ следует, что

$\frac{AE}{OF} = \frac{MN}{VF}$; $AE = D$; $OF = 3F_0$; $VF = OF - F_0 = 2F_0$

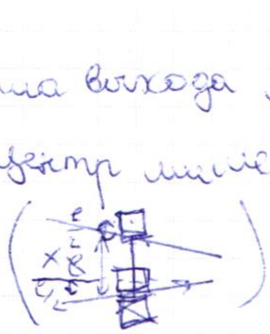
$\frac{D}{3F_0} = \frac{x}{2F_0}$

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

$l = \frac{4}{9} x = \frac{4}{9} \cdot \frac{2}{3} D = \frac{8}{27} D$

$v = \frac{l}{\tau_0} = \frac{8D}{27\tau_0}$

3) t_1 – это время от движения, до начала выхода мишени из области со светом. ~~Тело при~~ Центр мишени прошёл расстояние $l_1 = x - \frac{l}{2} + \frac{l}{2} = x$



$t_1 = \frac{x}{v} = \frac{2D}{3} \cdot \frac{27\tau_0}{8D} = \cancel{3\tau_0}\ \frac{9\tau_0}{4}$

Ответ: 1) $\frac{F_0}{2}$; 2) $v = \frac{8D}{27\tau_0}$; 3) $t_1 = \frac{9\tau_0}{4}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

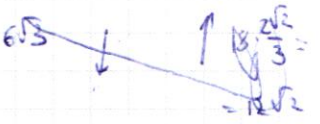
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $U_1 + U_2 = U_1 + \Delta U_1 + U_2 + \Delta U_2 + A_1 + A_2$

$A_1 = -A_2$

$\int P dV \quad \int P dV$



$\Delta U_1 - \Delta U_2 = 0$

$\frac{i}{2} \nu R \Delta T$

$Q = \Delta U + A$

$\frac{q}{C} + L q \omega^2 = \mathcal{E}$

$q_m\left(\frac{1}{C} + (L_1 + L_2)\omega^2\right) = \mathcal{E}$

$q_m\left(\frac{2}{C}\right) = \mathcal{E}$

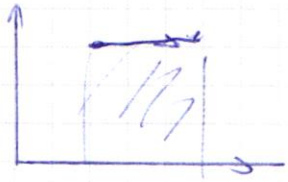
$q_m = \frac{\mathcal{E} C}{2}$

$\frac{i}{2}\nu R(T_1 - T_0) - \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_0) = 0$

$PV = \nu RT$

$P = \frac{\nu RT}{V}$

$A =$

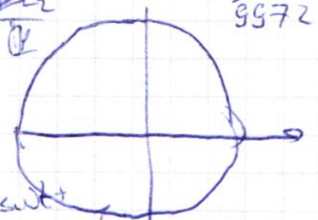


$A = P\Delta V$

$831 \times 12 = 1662 + 831 = 9972$

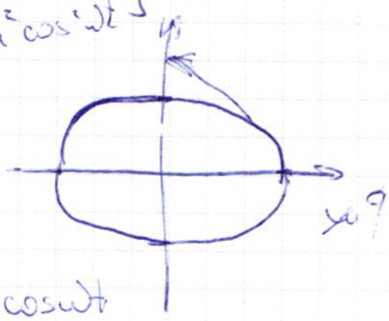
$831 \times 7 = 5817$

$5817 \times 14 = 23268 + 5817 = 81438$



$\mathcal{E} +$

$q^2 = q_1^2 + 2 q_1 q_m \cos\omega t + q_m^2 \cos^2 \omega t$



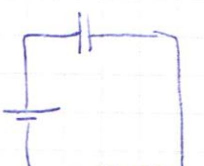
$q - q_1$

$\Delta U = \frac{i}{2}(PV_2 - PV_1) = \frac{i}{2} P\Delta V$

$Q = \frac{i+2}{2} P\Delta V = \frac{i+2}{2}\,\frac{2\Delta U}{i} = \Delta U\,\frac{i+2}{i}$

$q = q_1 + q_m \cos\omega t$

$54 \,|\, 85$



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

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

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

$J = -q_m \omega \sin\omega t$

$q^2 + \frac{J^2}{\omega^2} = q_1^2 + q_m^2 + 2 q_1 q_m \cos\omega t$

$\frac{\mathcal{E}}{L} = \frac{1}{LC} q_1$

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

$q_1 = C\mathcal{E}$

$q = q_1 + q_m \cos(\omega t)$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

$\omega^2 x_1 = \mathcal{E}$

$\frac{q^2}{q_1 + q_m} + \frac{J^2}{(q_1 + q_m)\omega^2}$

$\frac{(q - q_1)^2}{q_m^2} + \frac{J^2}{q_m^2 \omega^2} = 1$

~~$q_1 = \mathcal{E}\sqrt{LC}$~~

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)