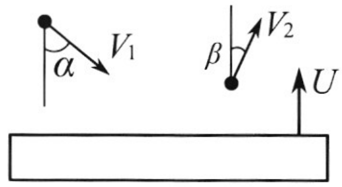
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)



1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.

1) Найти скорость V_2.

2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

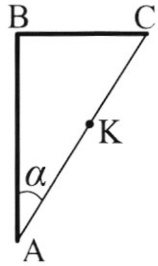
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 300 К, а кислорода T_2 = 500 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 азота и кислорода.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

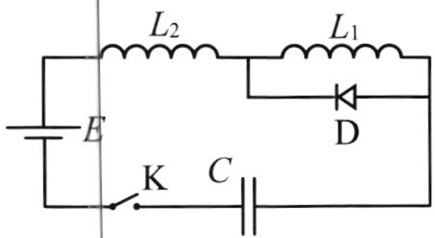
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?



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 $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.



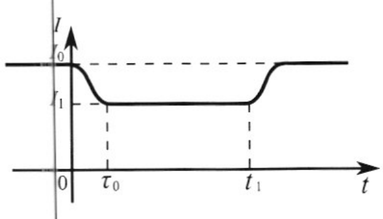
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

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 фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.

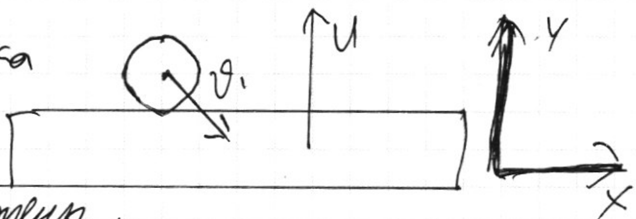


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

1) m – масса шарика
M – масса плиты



Oy и Ox расположены как на рисунке. нормаль к поверхности плиты – Oy

Т.К. поверхность гладкая, то нет сил трения => при ударе меняются только вертикальные составляющие скорости

=> ЗСИ по Ox для шарика: $mv_1\sin\alpha = mv_2\sin\beta$ =>

$$v_2 = \frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{8\cdot\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 12\ \text{м/с}$$

Т.К. время удара мало, то мы пренебрегаем влиянием сил тяжести на систему шар-плита ($\Delta p = F\cdot\Delta t$, при $\Delta t \to 0$ $\Delta p \to 0$) => ЗСИ по Oy и ~~ЗСЭ по Oy~~:

$$-mv_1\cos\alpha + MU = MU_к + mv_2\cos\beta \quad \text{I}$$

$U_к$ – скорость плиты после удара

$$\cancel{\frac{mv_1^2\cos^2\alpha}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{MU_к^2}{2}}$$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$ → $\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

ЗСЭ по Oy: Q – тепло, $Q \ge 0$

$$\frac{mv_1^2\cos^2\alpha}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{MU_к^2}{2} + \frac{mv_2^2\cos^2\beta}{2} + Q \quad \text{II}$$

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

Из I:

$$U_к = \frac{MU - mv_1\cos\alpha - mv_2\cos\beta}{M}$$

$$U_к = U - \frac{m}{M}\left(8\cdot\frac{\sqrt{7}}{4} + 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = U - \frac{m}{M}\left(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}\right)$$

$36 \times 3 = 108$

Из II:

$$mv_1^2\cos^2\alpha + MU^2 - M\left(U - \frac{m}{M}(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)\right)^2 - mv_2^2\cos^2\beta = 2Q \ge 0$$

$$m\cdot 28 + MU^2 - M\left(U^2 + \frac{m^2}{M^2}(28 + 108 + 24\sqrt{21}) - \frac{2mU}{M}(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3})\right) - m\cdot 108 = 2Q \ge 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

~~Vк~~, $\vartheta_1 = 8$ м/с

α: $\sin\alpha = \frac{3}{4}$

β: $\sin\beta = \frac{1}{2}$

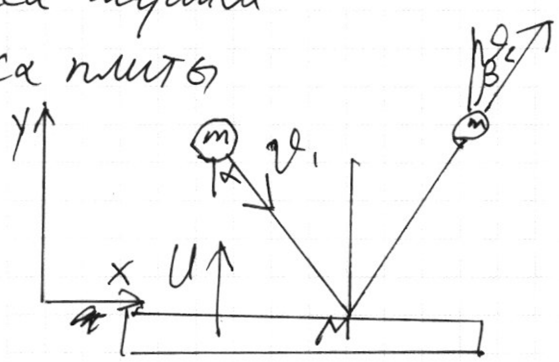
$\vartheta_2 = ?$

$U = ?$

m - масса шарика

M - масса плиты

Решение:



~~ЗСИ по оси Ox (нет внешних сил на систему шар-плита).~~

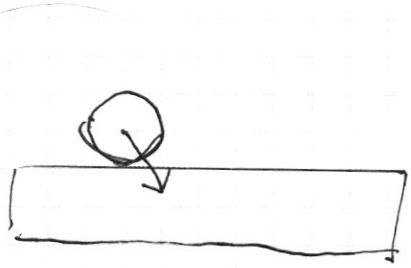
$\cancel{m\vartheta_1\sin\alpha = m\vartheta_2\sin\beta + MU_{kx}}$

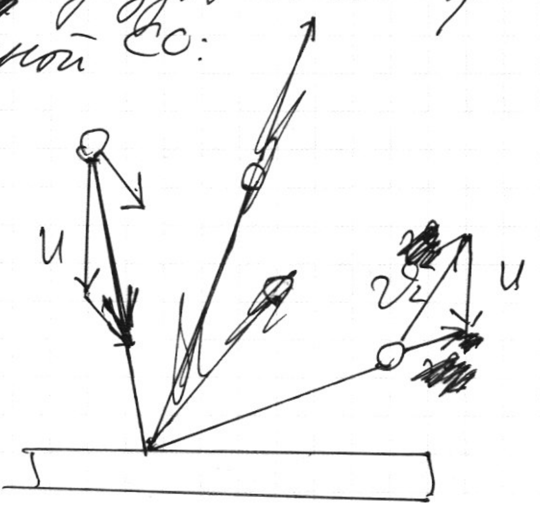
~~Uк - скорость плиты после удара~~

~~ЗСЭ по оси Ox: (Есть только внутренние взаимодействия)~~

$\cancel{\frac{m\vartheta_1^2\sin^2\alpha}{2} = \frac{m\vartheta_2^2\sin^2\beta}{2} + \frac{MU_{kx}^2}{2}}$

1) Перейдём в ИСО, движущуюся со скоростью U вверх относительно неподвижной СО:





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$-80m - \frac{m^2}{M}(136 + 24\sqrt{21}) + 2mU(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}) = 2Q > 0$

Если $M >> m$, то $\frac{m^2}{M} \to 0 \Rightarrow$

В общем виде: $v_1^2\cos^2\alpha - 2U(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) + v_2^2\cos^2\beta > 0$

$U > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$

$m>0$

$-80m + 2mU(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}) \approx 2Q > 0 \Rightarrow$

$-40 + U(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}) > 0$

$U > \frac{40}{2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}} = \frac{(6\sqrt{3} - 2\sqrt{7})}{2} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с

Ответ: $v_2 = 12$ м/с, $U > 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с

3\. 1) 1 случай: $E_{K_1} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

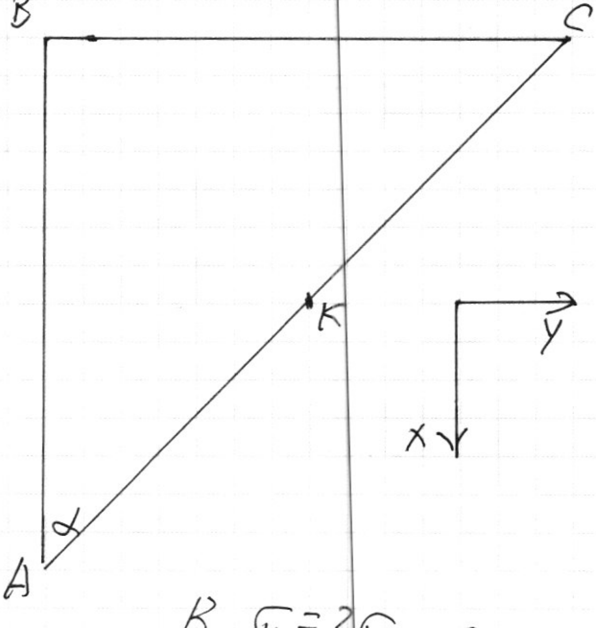
σ – поверхностная площадь заряда

2 случай: $E_{K_2} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

$E_x = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_y = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\Rightarrow E_{K_2} = \sqrt{2}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \sqrt{2}E_{K_1}$

$\frac{E_{K_2}}{E_{K_1}} = \sqrt{2}$

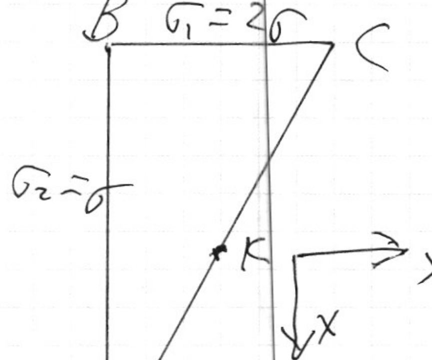


2) $E_K = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

$E_x = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

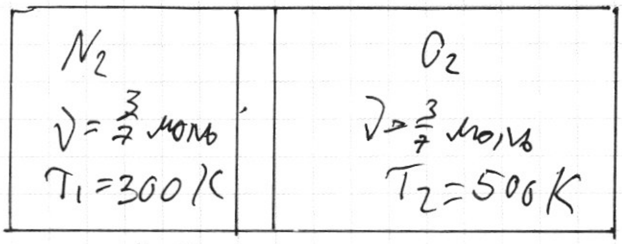
$E_y = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

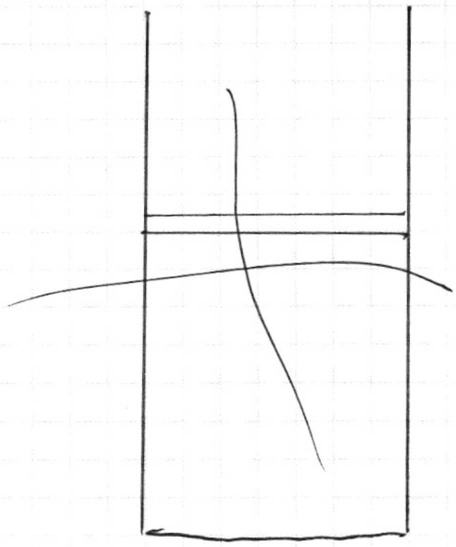
$E_K = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}$



Ответ: 1) $\sqrt{2} = \frac{E_{K_2}}{E_{K_1}}$ 2) $E_K = \frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\,\varepsilon_0}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)





$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$P V_2 = \nu R T_2$

$V = S \cdot l$

$V_2 = S l_2$

$V_1 = S l_1$

$l_1 + l_2 = l = Const$

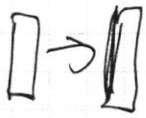
$\cancel{PV_1 + PV_2}$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \boxed{V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1}$

$E_1 = \frac{i}{2}\nu R T_1 + \frac{i}{2}\nu R T_2$

$E_2 = \frac{i}{2}\nu R T$

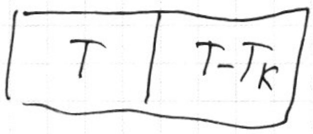
Изобара:



$A = P \Delta V$

$A_1 = P \cdot \Delta l$

$A_2 = -P \cdot \Delta l$



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

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$ $\quad P_1 V_1 = \nu R T$

$Q = \cancel{\frac{i}{2}\nu RT}\ \Delta U + A$

$A = P \Delta l$

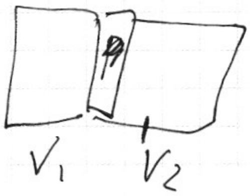
$P(T): \quad P(V - V_1) = \nu R(T_K - T_1)$

$\cancel{P \Delta l}$

$dA_1 = P dV$

$PV = \nu R T$

$T =$ "Const"

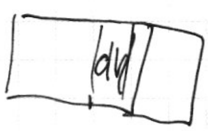


$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$(P_1 + dP)(V_1 + dV) = \nu R (T_1 + dT)$

$P dV + V dP = \nu R\, dT$

$dA + V dP = \nu R dT$



☑ 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)»

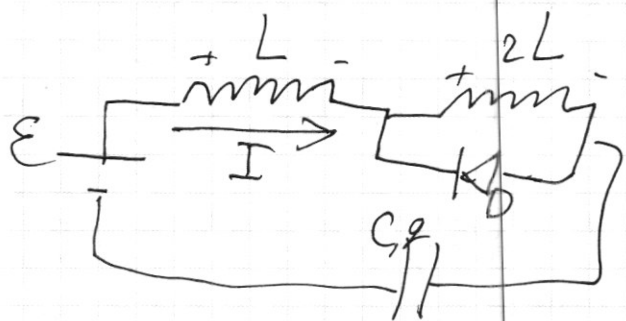
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. 1) При $I>0$:

диод не работает =>



$\mathcal{E} = \cancel{L\dot{q}} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + U$

$\mathcal{E}_{si} = -L\ddot{q}$

$U = \frac{q}{C}$

$\mathcal{E} = 3L\ddot{q} + \frac{q}{C} \Leftrightarrow \ddot{q} + \frac{1}{3LC}(q - C\mathcal{E}) = 0$ - ур-е колебаний

$q = C\mathcal{E} + A\cos\left(\frac{1}{\sqrt{3LC}}t + \varphi_0\right)$

$q(0)=0$

$\dot{q}(0)=0$ $\Rightarrow q = C\mathcal{E}\left(1-\cos\left(\frac{1}{\sqrt{3LC}}t\right)\right)$

$q' = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{3LC}}t\right) = I \Rightarrow$ через $\tau_1 = \pi\sqrt{3LC}$ I начнет течь против часовой стрелки

2) $I<0$:

диод работает $\Rightarrow \mathcal{E}_2 = 0 \Rightarrow$

$\mathcal{E} = L\ddot{q} + \frac{q}{C} \Rightarrow q = C\mathcal{E} + A\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi_0\right)$

$q(\pi\sqrt{3LC}) = 2C\mathcal{E}$ $\qquad q' = \frac{-A}{\sqrt{LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi_0\right) \Rightarrow$

$q'(\pi\sqrt{3LC}) = 0$

$\left(q' = -\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} - \pi\sqrt{3}\right)\right)$

$q = C\mathcal{E}\left(1+\cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} - \pi\sqrt{3}\right)\right) \Rightarrow$ через $\tau_2 = \pi\sqrt{LC}$ I станет снова течь по часовой

$\Rightarrow T = \tau_1 + \tau_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

$I_{m1\,max} = \max\left(\frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{3LC}}t\right)\right)$, т.к. I_1 или равно 0, или равно I (при $I \geq 0$)

$I_{m1} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$I_{m_2} = \left| \min \left(-\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} - \pi\sqrt{3}\right)\right)\right|$ или $I_{m_2} = \max\left(\frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{3LC}}\right)\right)$, т.к.

$I_2 = I$

$I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$ или $I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

Первое больше $\Rightarrow I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

Ответ: 1) $T = \pi(1+\sqrt{3})\sqrt{LC}$, 2) $I_{m_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$, 3) $I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

2. Дано:

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

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

$R = 8,31$

$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = ?$

$T_K = ?$

$Q = ?$

Решение:

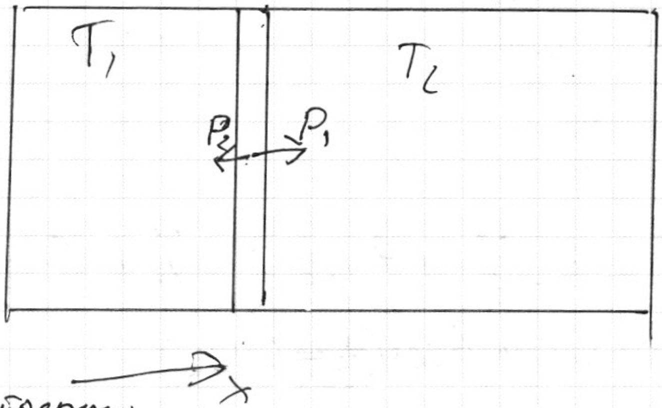
$C_V = \frac{i}{2}\nu R = \frac{5R}{2}\nu \Rightarrow \boxed{i=5}$

Пусть у поршня есть масса m. ($m \geq 0$)

тогда:

$P_1 S - P_2 S = m\ddot{x}$

~~т.к. в начальный~~



Ур-е Менделеева-Клапейрона:

$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$P_2 V_2 = \nu R T_2$

$V_1 + V_2 = V$

~~т.к. на теплопередачу нужно время и температ, то в начальный момент $T=T_1$ и $T=T_2$.~~

Т.к. температуры выравниваются медленно, то в начальный момент равновесия поршня изменением температур можно пренебречь $\Rightarrow \ddot{x} = 0 \Rightarrow P_1 = P_2 \Rightarrow$ $\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$

~~$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$~~

Т.К. Сосуд теплоизолирован и поршень движется без трения:

ЗСЭ: $E_1 = U_1 + U_2 = \frac{i}{2}\nu R T_1 + \frac{i}{2}\nu R T_2$

для двух газов $E_2 = \frac{i}{2}\nu R T_K + \frac{i}{2}\nu R T_K$

$dA = dA_1 + dA_2$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$dA_1 = P_1(V_1)dV_1$ ~~для каждого~~ т.к. существует поршень:

$dA_2 = P_2(V_2)dV_2$ $\qquad P_1(t) = P_2(t)$

$V_1 + V_2 = V \Rightarrow dV_1 = -dV_2 \Rightarrow$

$\frac{dA_1}{dt} = P_1 \frac{dV_1}{dt} = -P_2 \frac{dV_2}{dt} = -\frac{dA_2}{dt}$

$A_1(0) = 0$
$A_2(0) = 0$ $\Rightarrow A_1 = -A_2 \Rightarrow A = A_1 + A_2 = 0 \Rightarrow$

$E_1 = E_2 + A = E_2 \Rightarrow T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400K$

3) $Q = \Delta U + A$ $\boxed{Q_{\text{переданное}} = Q_{N_2}, \text{ т.к. азот мог получить тепло только от кислорода}}$

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R(T_K - T_1)$

Если у азота объём V_1, температура T и давление P: (у всего сосуда объем V)

$PV_1 = \nu RT$

$P(V - V_1) = \nu R(T_K - T)$ — т.к. ЗСЭ выполняется для любого промежутка времени, т.к. $dA_1 = -dA_2$

$PV = \nu RT_K = Const$
$V = Const$ $\Rightarrow P = Const \Rightarrow A = P\Delta V = \cancel{P}V_K -$

$A = PV_K - PV_1$

$V_K = \frac{V}{2} = \cancel{\frac{V_1+V_2}{2}}$

$V = \frac{8}{3}V_1$

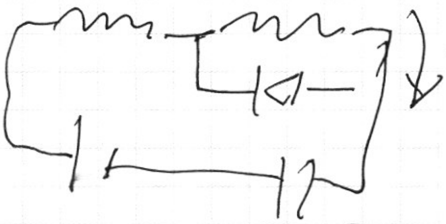
$\cancel{V_1 = V_1}$ $\frac{V_1}{V} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{3}{8} \Rightarrow V_1 = \frac{3}{8}V \Rightarrow A = \frac{PV}{8} = \frac{PV_1}{3} = \frac{\nu R T_1}{3}$

$Q = \frac{i}{2}\nu R(T_K - T_1) + \frac{\nu R T_1}{3}$

$Q = \left(\frac{5}{2} + 1\right)\left(8{,}31 \cdot \frac{3}{7} \cdot 100\right) = \frac{1}{2}(831 \cdot 3) = 1246{,}5$ Дж $\qquad 831 \times 3 = 2493$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) $400K$ 3) $1246{,}5$ Дж

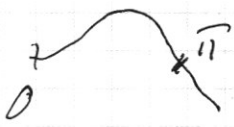
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$I = \frac{CE}{\sqrt{LC}} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

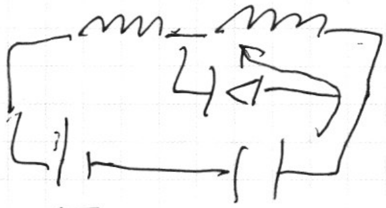
C, CE

$3E$



$q = 2CE$

q'



$$E = U + L\ddot{q}$$

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

E

$\cancel{2}\ 4$

$\cancel{-CE = A\cos(\pi\sqrt{3}+\varphi}$

$\cancel{q=}\ CE = \cancel{+}A\cos(\pi\sqrt{3}+\varphi_0)$

$\cancel{-CE =}$

$$\frac{CE}{\sqrt{LC}} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

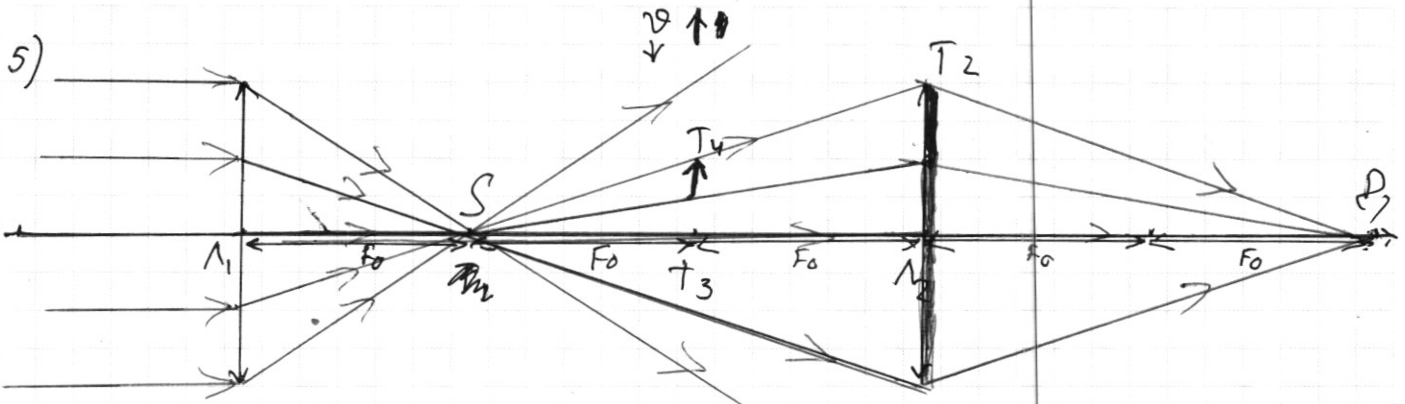
$\pi\sqrt{3}+\varphi_0 = 0$

$$q' = \frac{CE}{\sqrt{LC}}\sin(\cancel{\pi\sqrt{3}}\ 0)$$

$$q = CE(1-\cos(0)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)



$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F}$ – формула тонкой линзы

$\frac{1}{\infty}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow v=F_0 \Rightarrow \Lambda_2 S=\Lambda_2\Lambda_1-v=2F_0$

для второй линзы:

$\frac{1}{2F_0}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow v=2F_0=\Lambda_2 P_1$

$I=k\cdot j$

Мишень может влиять на силу тока только преграждая путь части света, которая могла бы вызвать ток.

Мишень может:

1) Не заслонять свет – ток $=I_0$

2) заслонять свет частично – ток как-то меняется от того, какую часть она заслоняет свет – похожее поведение на графике $I(t)$ при $t\in(0;\tau_0)$

3) Заслонять свет собой полностью – тогда ток может зависеть от того, участки с какой интенсивностью заслоняет мишень. Частный случай – интенсивность света на всех участках постоянна – ток равен константе (похожее поведение $I(t)$, $t\in(\tau_0;t_1)$).

4) Заслонять весь свет — $I = k \cdot j = k \cdot 0 = 0$ — такого на графике $I(t)$ нет $\Rightarrow$

Предположение, что в момент τ_0 мишень начала заслонять свет собой полностью, а в момент t_1 перестала, ~~интенсивность света постоянна~~.

В плоскости, для которой ось линз — нормаль и содержащ... T_1: Интенсивность света для различных участков постоянна

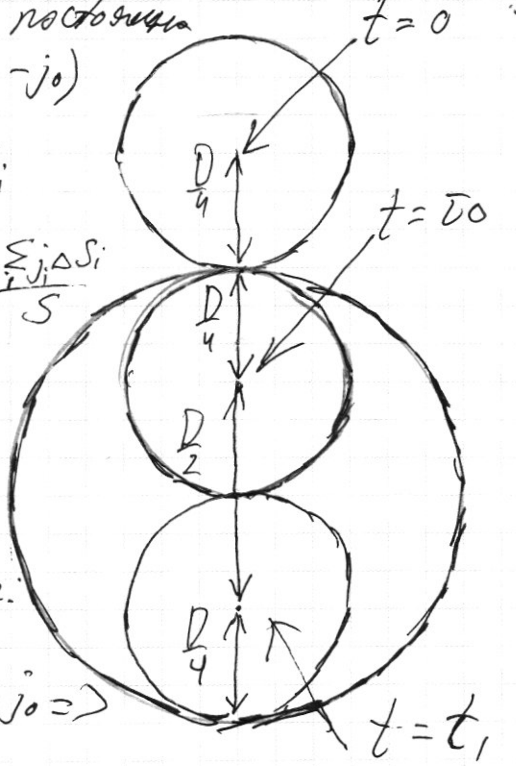
$j_1 = \frac{3}{4} j_0 \Rightarrow \Delta j = \frac{j_0}{4}$ $\Downarrow$ $(\Delta j = j_1 - j_0)$

$jS = \sum_i j_i \Delta S_i \Rightarrow j = \frac{\sum_i j_i \Delta S_i}{S}$

r — радиус мишени

в момент τ_0:

$\Delta j = \frac{\pi r^2}{S} j_0$



Из подобных $\triangle T_4 S T_3$ и $\triangle T_2 S \Lambda_2$:

$T_4 T_3 = \frac{D}{2} \Rightarrow S = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow \Delta j = \frac{4r^2}{D^2} j_0 \Rightarrow$

$r = \frac{D}{4} \Rightarrow 2r = \frac{D}{2}$

За $t = \tau_0$ центр мишени прошёл расстояние $\frac{D}{2} \Rightarrow$

$v = \frac{D}{2\tau_0}$

За $t = t_1$ центр мишени прошёл расстояние $D \Rightarrow$

$t_1 = \frac{D}{v} = 2\tau_0$

Ответ: 1) $2\tau_0$, 2) $\frac{D}{2\tau_0}$, 3) $2\tau_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

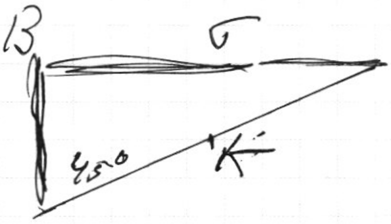
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cancel{-80m + MU^2} + 2mU(2\sqrt{7}+6\sqrt{3}) - \cancel{\frac{m^2}{M}(136+24\sqrt{21})} -$

$-\cancel{\frac{2mU}{M}(2\sqrt{7}+8\sqrt{3})} > 0$ ~~Если $M \gg m$, то $\frac{m^2}{M} \to 0$~~ $\Rightarrow$

$\cancel{-80m + 2mU(2\sqrt{7}+6\sqrt{3}) - 2m}$

$108 - 28 = 80$



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

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

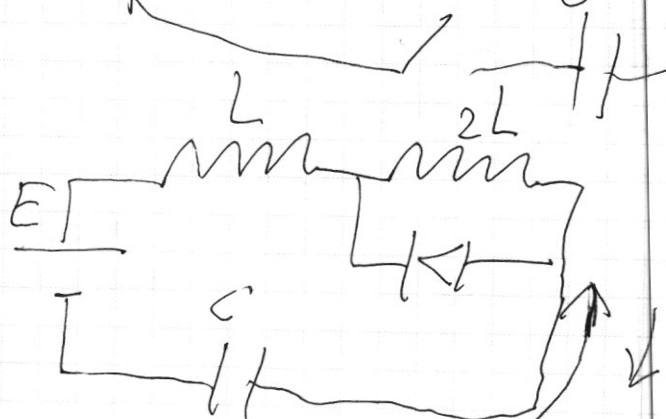
$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma\sqrt{2}}{2\varepsilon_0} \Rightarrow 8\sqrt{2}$

$PV = \nu RT$

$C_p = \frac{7}{2}\nu R$

$Q = \frac{7}{2}\nu R \cdot 100$

$\mathcal{E}_{si} = \left| L\frac{dI}{dt} \right|$



$\cancel{\frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{LC}}$

$\frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{3LC} \Rightarrow \cancel{T = \pi\sqrt{LC}(1+\sqrt{3})}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

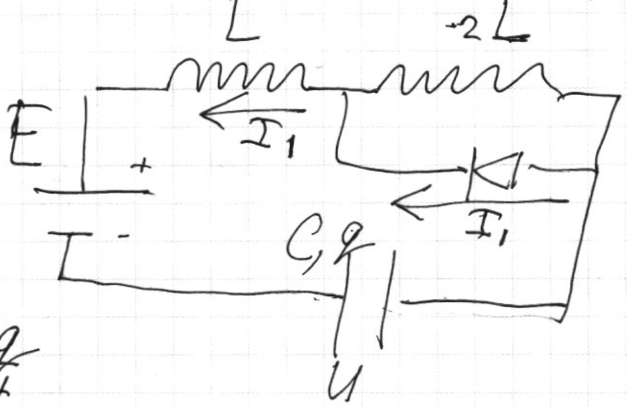
Страница №___

(Нумеровать только чистовики)

$m \cdot 28 + \cancel{Mu^2} = \cancel{M}(u^2 + \frac{m^2}{M^2}(28 + 108 + 24\sqrt{21}) - \frac{2mu}{M}(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3})$

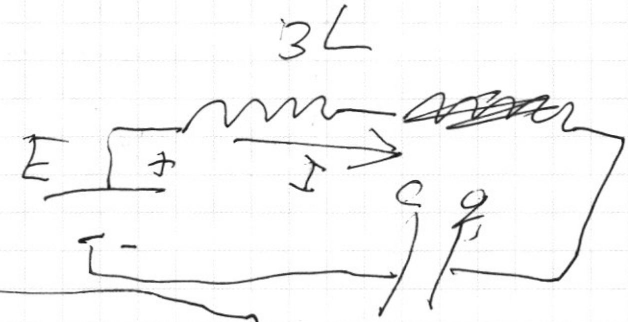
$- m \cdot 108$

$-80m + 2mu(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}) - \frac{m^2}{M}(136 + 24\sqrt{21})$



$I_1 = \frac{dq}{dt}$

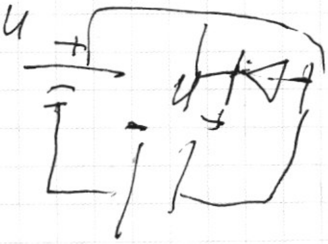
$u = \frac{q}{C}$



$\boxed{E = L\ddot{q} + \frac{q}{C}}$ (пока $I_1 = 0$)

$T = 2\pi\sqrt{3LC}$

$\frac{t}{2} = \pi\sqrt{3LC}$



$\ddot{q} + \frac{1}{LC}(q - EC) = 0$

$q = CE + A\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi_0\right) = CE\left(1 - \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)\right)$

$\varphi_0 = 0$

$A = -CE$

$\cancel{q'\left(\frac{\pi}{2}\right) = CE(1)}$

$\frac{CE}{\sqrt{LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$

$q' = \frac{CE}{\sqrt{LC}}\sin\alpha \quad \frac{CE}{\sqrt{LC}}$

$\vartheta_1^2\cos^2\alpha + 2u(\vartheta_1\cos\alpha + \vartheta_2\cos\beta) - \vartheta_2^2\cos^2\beta > 0$

$\vartheta_1\cos\alpha - \vartheta_2\cos\beta + 2u > 0$

$u > \frac{\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1\cos\alpha}{2}$

$\sqrt{3} \cdot 6$

$\frac{\sqrt{7}}{4} \cdot 8$

$6\sqrt{3}$

$\boxed{2\sqrt{7}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

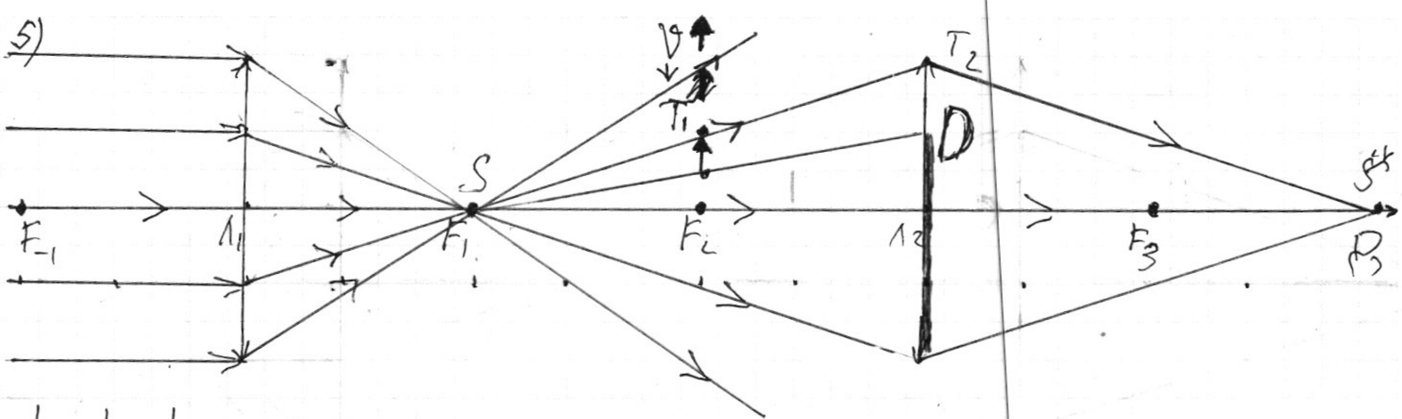
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)



$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F}$ – Формула тонкой линзы:

$\frac{1}{\infty}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow v=F_0 \Rightarrow \Lambda_1 S = F_0 \Rightarrow \Lambda_2 S = \Lambda_2\Lambda_1-\Lambda_1F_1 = 3F_0-F_0=2F_0$

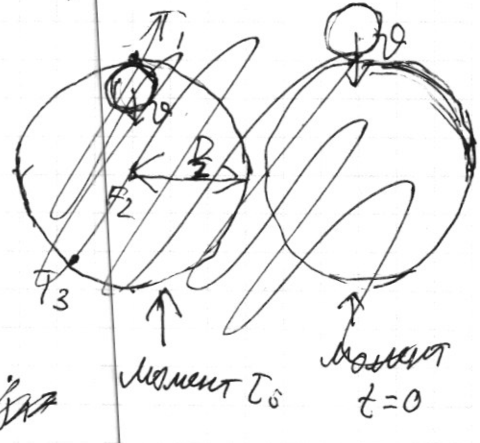
$\frac{1}{2F_0}+\frac{1}{v}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow v=2F_0 \Rightarrow \Lambda_2 S^* = 2F_0 = \Lambda_2 D_1$

j – интенсивность света

$I = k\cdot j \Rightarrow j_1=\frac{3}{4}j_0$, $j_1-j_0=\Delta j=\frac{j_0}{4}$

Из подобных треугольников: $T_1F_2=\frac{D}{2}$

($\Delta T_1F_2S \sim \Delta F_1\Lambda_2T_2$)



r – радиус мишени.

т.к. при $t\in(\tau_0;t_1)$ $I=I_1=Const$, то ~~можно предположить, что~~ плотность света в плоскости $T_1F_2T_3$ постоянна

Из графических соображений $\Delta j=\frac{j_0}{S_{сеч}}\cdot S_{мишени}$

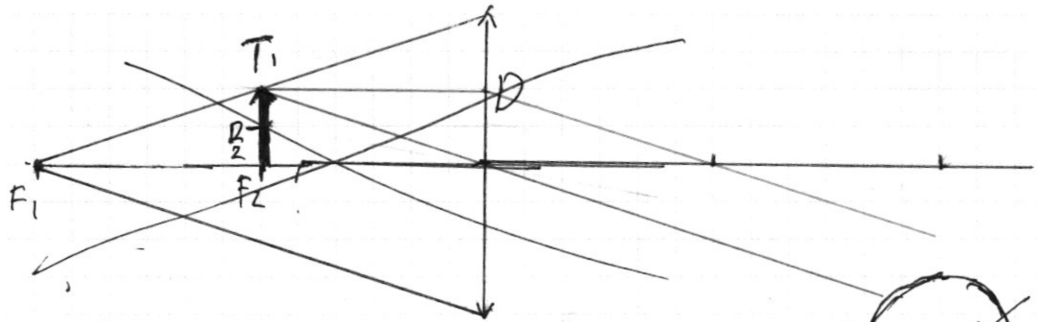
r – радиус мишени

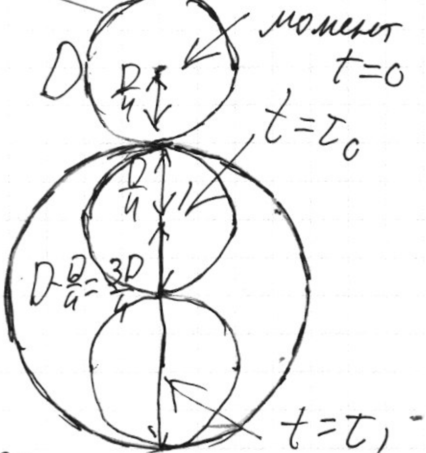
$\Delta j=\frac{j_0 4r^2}{D^2}$, $\Delta j=\frac{j_0}{4}$ $\Rightarrow r=\frac{D}{4} \Rightarrow \boxed{2r=\frac{D}{2}} \Rightarrow$ за время τ_0 мишень опустилась на свой диаметр

$\vartheta=\frac{D}{2\tau_0} \Rightarrow$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)





за $t=t_1$ мишень опустилась на D

$t_1 = \frac{D}{2\vartheta} = 2\tau_0$

Обоснование:

~~Т.к. при $t\in(\tau_0;t_1)$ $I=I_1=Const$, а мишень меняет своё положение, то значит,~~ что Мишень может влиять на силу тока только ~~заслон.~~ преграждая путь части света, которая могла бы вызвать ток.

~~Она может~~ Мишень может:

1) не заслонять свет — логично, что тогда ток $=I_0$

2) заслонять свет своей частью — тогда ток будет зависеть от того, какой частью она заслоняет свет — похожее поведение мы видим на графике $I(t)$ при $t\in(0;\tau_0)$

3) заслонять свет собой полностью — тогда ток будет зависеть от того, участки с какой интенсивностью заслоняет собой мишень. Частный случай — если интенсивность света не меняется, то ток равен константе. (Поведение $I(t)$ при $t\in(\tau_0;t_1)$)

4) заслонять собой весь свет — тогда ~~ток~~ $I=0$ — такого на графике $I(t)$ нет => Мы делаем предположение, что в момент τ_0 мишень начала заслонять свет собой полностью, а в момент t_1 перестала.

Ответ: $\Lambda_2 B_3 = 2F_0$; $\vartheta = \frac{D}{2\tau_0}$; $t_1 = 2\tau_0$