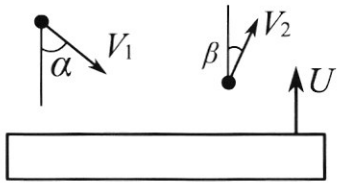
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

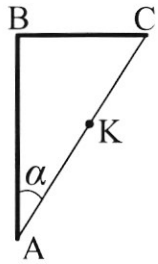
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 =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

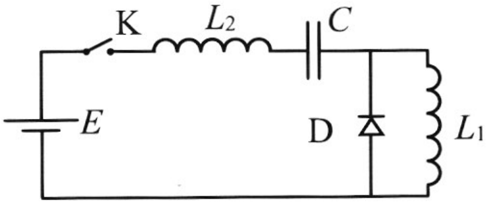
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

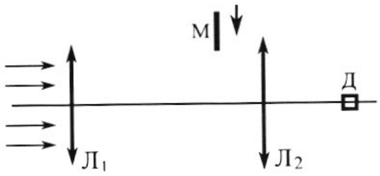


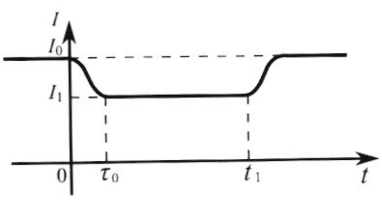
1) Найти период T этих колебаний.

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

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

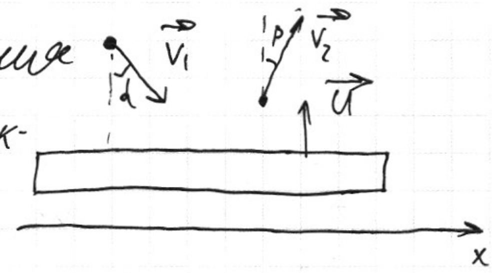
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

$V_1 = 6$ м/с

1) V_2 - ?

2) U - ?

1) По закону сохранения импульса ~~на~~ в проекции на ось x:



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

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

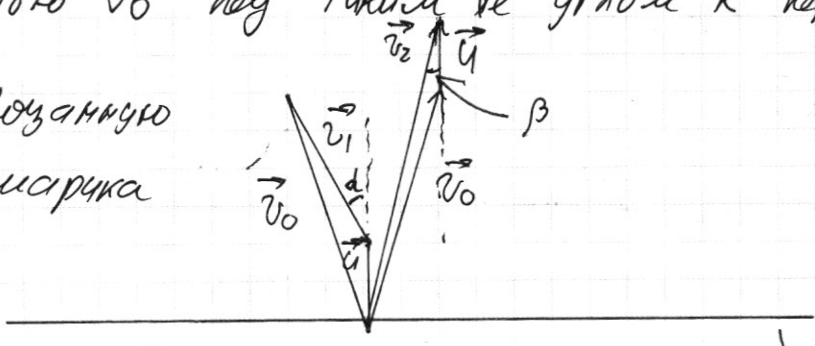
2) $\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

· войдём в систему отсчёта связанную с плитой, тогда шарик движется со скоростью $\vec{V_0} = \vec{V_1} + \vec{U}$

· после соударения шарика о массивный объект в СО плиты удар будет абсолютно упругим, шарик отскочит со скоростью V_0 под таким же углом к перпендикуляру.

когда войдём СО связанную с землёй скорость шарика $\vec{v_2} = \vec{v_0} + \vec{U}$



По теореме косинусов: $\left.\begin{array}{l} v_0^2 = U^2 + v_1^2 - 2v_1 U \cdot \cos(180 - \alpha) \\ v_0^2 = U^2 + v_2^2 - 2v_2 U \cdot \cos\beta \end{array}\right| \Rightarrow$

$\Rightarrow v_1^2 + 2v_1 U \cdot \cos\alpha - v_2^2 + 2v_2 U \cdot \cos\beta = 0 \Rightarrow$

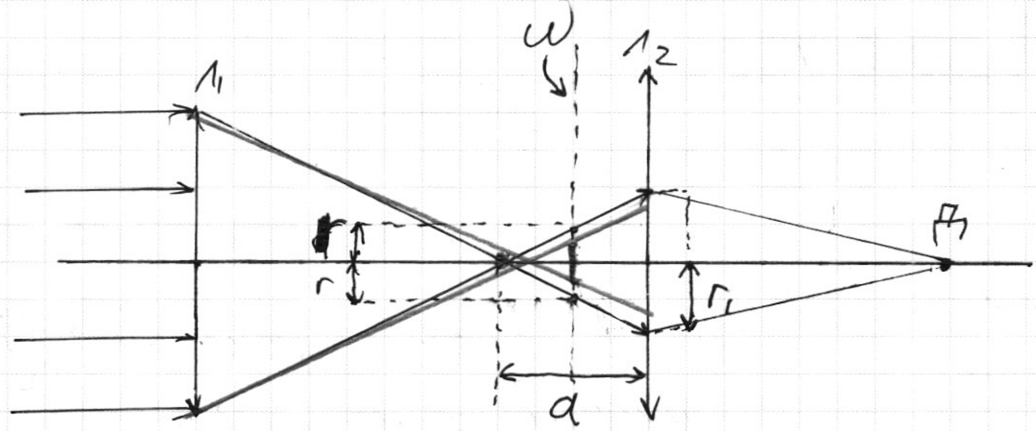
$\Rightarrow U = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2v_1 \cdot \cos\alpha + 2v_2 \cdot \cos\beta} = \frac{12^2 - 6^2}{2 \cdot 6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + 2 \cdot 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}} \approx 3$ м/с

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с 2) $U \approx 3$ м/с

№5

Дано
F_0, D, τ_0

1) d – ?
2) V – ?
3) t_1 – ?



1) по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{\left(\frac{F_0}{3}\right)} = \frac{1}{a} + \frac{1}{d}$ =>

=> $\frac{1}{d} = \frac{3}{F_0} - \frac{1}{a}$

$a = \frac{3}{2}F_0 - F_0 = \frac{1}{2}F_0$ | => $\frac{1}{d} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0}$ => $d = F_0$

2) Ток ~ мощности света ~ площади падающего света проходящего через плоскость ω

$I = kS$, где S – площадь света ~~падающего на Л₂~~, проходящего через ω

$I_0 = kS_0 = k r^2 \pi$

$I_1 = \frac{8}{9} I_0 = k(S_0 - S_2)$

из подобия Δ => $\frac{2r}{D} = \frac{F_0}{4F_0}$ => $r = \frac{D}{8}$ | => $\frac{8}{9} = \frac{S_0 - S_2}{S_0} = 1 - \frac{S_2}{S_0}$

$S_2 = \pi r_м^2$

=> $\frac{S_2}{S_0} = \frac{1}{9}$ => $\frac{\pi r_м^2}{\pi r^2} = \frac{1}{9}$ => $\frac{r_м}{r} = \frac{1}{3}$ => $r_м = \frac{r}{3} = \frac{D}{24}$

$V\tau_0 = 2r_м$ – путь который прошла мишень за время τ_0 (полное погружение мишени в область света.

$V = \frac{2r_м}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0} = \frac{1}{12}\frac{D}{\tau_0}$

3) $V(t_1 - \tau_0) = 2(r - r_м)$ => $t_1 = \tau_0 + \frac{2(r - r_м)}{V} = \tau_0 + \frac{2\cdot\left(\frac{D}{8} - \frac{D}{24}\right)}{V} =$

$= \tau_0 + \frac{D}{6V} = \tau_0 + \frac{D}{6\cdot\frac{1}{12}\frac{D}{\tau_0}} = \tau_0 + \frac{D \cdot 12\tau_0}{6D} = 3\tau_0$

Ответ: 1) $d = F_0$ 2) $V = \frac{1}{12}\frac{D}{\tau_0}$ 3) $t_1 = 3\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Дано

$\nu = \frac{6}{25}$ моль $= \nu_{Ne} = \nu_{He}$

$T_{He0} = T_1 = 330K$

$T_{Ne0} = T_2 = 440K$

1) $\frac{V_{He0}}{V_{Ne0}}$ — ?

2) T_K — ?

3) Q — ?

1) Так, как процесс процесс медленный, то $P_{He} = P_{Ne}$ — в любой момент времени. По закону Менделеева-Клапейрона

$$\left.\begin{aligned} P_{He0}\cdot V_{He0} &= \nu\cdot R\cdot T_{He0} \\ P_{Ne0}\cdot V_{Ne0} &= \nu\cdot R\cdot T_{Ne0}\end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{V_{He0}}{V_{Ne0}} = \frac{T_{He0}\,P_{Ne0}}{T_{Ne0}\,P_{He0}} =$$

$$= \frac{T_{He0}}{T_{Ne0}} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} \quad (V_{Ne0} > V_{He0})$$

2) Так как сосуд теплоизолированный $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ потерь тепла нет $\Rightarrow Q_{Ne} = -Q_{He}$

$$\left.\begin{aligned} Q_{He} &= A_{He} + \Delta U_{He} \\ Q_{Ne} &= A_{Ne} + \Delta U_{Ne} \\ A_{He} &= -A_{Ne}\end{aligned}\right| \Rightarrow Q_{He} + Q_{Ne} = \Delta U_{He} + \Delta U_{Ne} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{He} = -\Delta U_{Ne} \Rightarrow \frac{3}{2}\nu R\,\Delta T_{He} = -\frac{3}{2}\nu R\,\Delta T_{Ne} \Rightarrow \Delta T_{He} = -T_{Ne}$$

$$\Rightarrow (T_K - T_1) = -(T_K - T_2) \Rightarrow 2T_K = T_1 + T_2 \Rightarrow T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} =$$

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

3) По закону менделеева Клапейрона:

$$\left.\begin{aligned} P_{He}\cdot V_{KHe} &= \nu R T_K \\ P_{Ne}\cdot V_{KNe} &= \nu R T_K\end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{V_{KHe}}{V_{KNe}} = 1 \Rightarrow V_{KHe} = V_{KNe} = \frac{V}{2}, \text{ где } V -$$

объём сосуда.

$$\left.\begin{aligned} (P_{He} + dP)\cdot(V_{He} + dV) &= \nu R(T_{He} + dT_{He}) \\ (P_{Ne} + dP)\,(V_{Ne} - dV) &= \nu R\,(T_{Ne} - dT_{Ne}) \\ P_{He}V &= \nu RT \\ P_{Ne}V &= \nu RT\end{aligned}\right| \Rightarrow \left.\begin{aligned} dP\,V_{He} + dV\,P_{He} &= \nu R\,dT_{He} \\ dP\,V_{Ne} - P_{Ne}\,dV &= -\nu R\,dT_{Ne}\end{aligned}\right| \Rightarrow$$

$\Rightarrow dP(V_{Heo}+V_{Ne}) = \nu R\, dT_{He} + \nu R\, dT_{Ne}$

$dPV = \nu R\, dT_{He} - \nu R\, dT_{Ne} \Rightarrow$

$\Rightarrow \int_{P_0}^{P_K} V\, dP = \nu R(T_K - T_{Heo}) - \nu R(T_K - T_{Neo}) = \nu R(T_{Neo} - T_{Heo})$

$= V_K P_K - \int_{V_0}^{V_K} P\, dV = V_K P_K - A \Rightarrow A = V_K P_K - \nu R(T_{Neo} - T_{Heo})$

$P_K V_K = \nu R T_K \longrightarrow A = \nu R T_K - \nu R(T_{Neo} - T_{Heo}) =$

$= \nu R(T_K - T_{Neo} + T_{Heo}) = \nu R(385 - 440 + 330) = \nu R \cdot 275\ K$

$Q = A + \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_{Heo}) = \nu R(T_K - T_{Neo} + T_{Heo} + \frac{3}{2}T_K - \frac{3}{2}T_{Heo}) =$

$= \nu R(\frac{5}{2}T_K - T_{Neo} - T_{Heo}) = \frac{1}{4}\nu R(T_{Heo} + T_{Neo}) = \frac{1}{4} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8.31 \cdot 770 =$

≈ 385 Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{Heo}}{V_{Neo}} = \frac{3}{4}$ 2) $T_K = 385\ K$ 3) $Q = 385$ Дж

N 4

Дано

L -! $L_1 = 3L$

$L_2 = 2L$

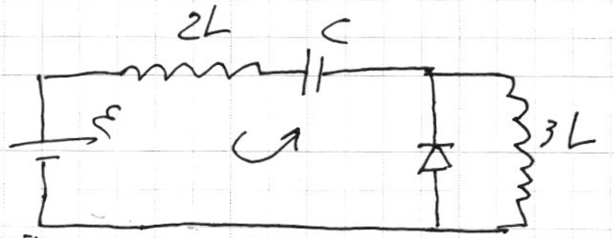
C -!

$\mathcal{E}$ -!

1) T - ?

2) $I_{01} = ?$

3) $I_{02} = ?$



1) • когда ток течёт против часовой стрелки, он течёт через диод, а через L_1 не течёт.
• когда ток течёт по часовой стрелке, то он течёт только через L_1, а через диод не течёт.

• рассмотрим случай, когда ток течёт против часовой стрелка, тогда: $\mathcal{E} - L_2\dot{I} - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$

$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{L_2 C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0 \Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{L_2 C}(q - \mathcal{E}C) = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

заменим $q-\mathcal{E}C=Q$, тогда $\ddot{q}=\ddot{Q}$

$\ddot{Q}+\frac{1}{L_2C}Q=0$ - ур. гармонических колебаний $\quad T_1=2\pi\sqrt{L_2C}=2\pi\sqrt{2LC}$

$\omega_1=\frac{1}{\sqrt{L_2C}}=\frac{1}{\sqrt{2LC}}$

• рассмотрим случай, когда ток течёт по часовой стрелке, тогда: $\mathcal{E}-L_2\dot{I}-\frac{q}{C}-L_1\dot{I}=0 \Rightarrow$

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

$\Rightarrow \ddot{q}+\frac{1}{C(L_1+L_2)}(q-\mathcal{E}C)=0$

$\ddot{Q}+\frac{1}{C(L_1+L_2)}Q=0$ - ур гармонических колебаний

$T_2=2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}=2\pi\sqrt{5CL}$

$\omega_2=\frac{1}{\sqrt{5CL}}$

$T_0=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}=\frac{1}{2}\left(2\pi\sqrt{2LC}+2\pi\sqrt{5CL}\right)=\pi(\sqrt{2}+\sqrt{5})\sqrt{LC}$

2) $Q_2=Q_0\cdot\sin(\omega_2 t)$, $Q_0=q_0-\mathcal{E}C=-\mathcal{E}C$

$I_2=\dot{q}=\dot{Q}_2=\omega_2 Q_0\cdot\cos(\omega_2 t)$

$\max(I_2)=I_{01}=Q_0\omega_2=\frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{5CL}}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

$Q_1=Q_0\cdot\sin(\omega_1 t)$

$I_1=\dot{q}=\dot{Q}_1=\omega_1 Q_0\cdot\cos(\omega_1 t) \quad \max(I_1)=\omega_1 Q_0$

$I_{02}=\max(\max(I_1),\max(I_2))=\omega_1 Q_0=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

Ответ: 1) $T_0=\pi(\sqrt{2}+\sqrt{5})\sqrt{LC}$

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

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

№ 3

Дано

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

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

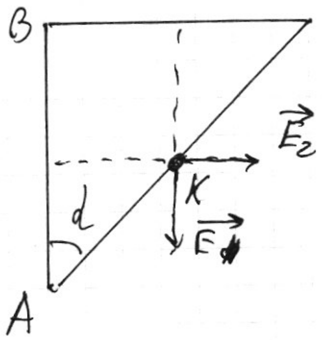
$\sigma_1 = 4\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

1) $\frac{E_3}{E_1}$ — ?

2) E_K — ?

1)



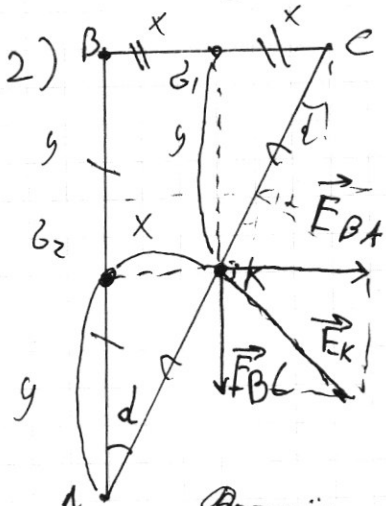
$\vec{E}_1 = E_0$

так как $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то треугольник ABC равнобедренный $AB = BC$ => точка K равноудолена от BC и AB => если ~~включить~~ зарядить только BA, то она создаст $E_2 = E_0$ перпендикулярно $\vec{E}_1$ =>

$$E_3 = \sqrt{E_2^2 + E_1^2} = \sqrt{2}E_0$$

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{\sqrt{2}E_0}{E_0} = \sqrt{2}$$

2)

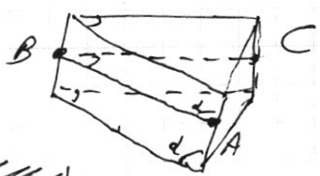


в точке K пластина BC создаёт поле E_{BC} направленное перпендикулярно плоскости пластины BC, аналогично для пластины BA $\vec{E}_{BA} \perp BA$

$$E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{BA}^2}$$

$$tg\frac{\pi}{8} = \sqrt{2} - 1 = \frac{x}{y}$$

Возьмём область в пространстве которая включает треугольник BCA: по теореме Гаусса:



$$\Phi = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} BA \cdot d + \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0} BC \cdot d + E \cdot AC \cdot d = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma BA \cdot d + BC \cdot d\, 4\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$\frac{BA}{2} + 2BC + \frac{E\varepsilon_0}{\sigma} AC = BA + 4BC$$

$$\frac{E\varepsilon_0}{\sigma} = \frac{\frac{1}{2}BA + 2BC}{AC} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \frac{\frac{1}{2}BA + 2BC}{AC} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2}\frac{BA}{AC} + 2\frac{BC}{AC}\right) =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2}\cos\alpha + 2\sin\alpha\right) = E_K = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\sqrt{2-\sqrt{2}} + \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{4}\right)$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2}\cos\alpha + 2\sin\alpha\right)$

☐ 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

$770 : 2 = 385$

$v_1 = 6$ м/с

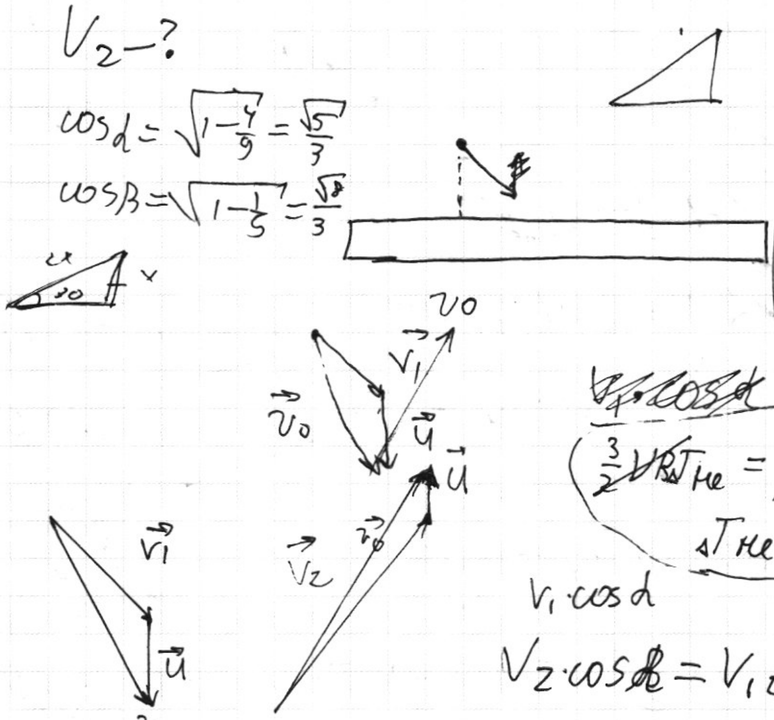
$\alpha (\sin\alpha = \frac{2}{3})$

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

$V_2 - ?$

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

$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3}$



$T_K - T_1 = -(T_K - T_2)$

$T_K - T_1 = -T_K + T_2$

$2T_K = T_1 + T_2$

$T_K = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = 385$

~~$V_1 \cdot \cos\alpha$~~

$\frac{3}{2}\nu R \Delta T_{He} = -\frac{3}{2}\nu R \Delta T_{Ne}$

$\Delta T_{He} = -\Delta T_{Ne}$

$v_1 \cdot \cos\alpha$

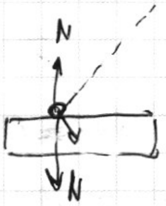
$V_2 \cdot \cos\beta = V_1 \cos\alpha + 2U$

$2U = V_2 \cdot \cos\beta - v_1 \cos\alpha$

$U = \frac{V_2 \cdot \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2}$

$=$

$V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta$ по 3



He Ne

V

$PV = \nu RT$

1) $P_{He0} V_{He0} = \nu \cdot R \cdot T_{He0}$

$P_{Ne0} V_{Ne0} = \nu \cdot R \cdot T_{Ne0}$

$T_1 = T_{He0}$ $P_{He0} = P_{Ne0}$

$T_2 = T_{Ne0}$

$\frac{V_{He0}}{V_{Ne0}} = \frac{T_{He0}}{T_{Ne0}} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$

2)

Потеря энергии равна 0, так как уклон у теплоизолиро[...]

$Q_{He} = -Q_{Ne}$ $Q_{He} = A_{He} + \Delta U_{He}$ $Q_{Ne} = A_{Ne} + \Delta U_{Ne} = -A_{He} + \Delta U_{Ne}$

$A_{He} + \Delta U_{He} = -(-A_{He} + \Delta U_{Ne})$ $\Delta U_{He} = -\Delta U_{Ne}$

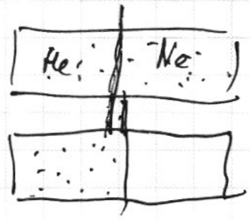
☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$P_{He} \cdot V_{He} = \nu R T_{He}$

$P_{Ne} \cdot V_{Ne} = \nu R T_{Ne}$

$\frac{\cancel{P_{He} V_{He}}}{\cancel{P_{Ne} \cdot V_{Ne}}} = 1$



$\frac{1}{2}$

$Q_{He} = \Delta U_{He} + A_{He}$

$-Q_{He} = Q_{Ne} = \Delta U_{Ne} - A_{He} = A_{Ne}$

$(P_{He} + dP)(V + dV) = \nu R (T_{He} + dT)$

$N^3 \ (P_{Ne} + dP)(V_{Ne} - dV) = \nu R (T_{Ne} - dT)$

$(P_{He} + dP)(V_{He} + dV) = \nu R (T_{Ne} + dT)$

$P_{Ne} V_{He} - dV P_{Ne} + dP V_{Ne} - \cancel{dP dV} = \nu R T_{Ne} - \nu R dT$ 0

$\nu R dT = dV P_{Ne} + dP V_{Ne}$

$\nu R dT = dV P_{He} + dP V_{He}$

$\nu R dT - dP V_{Ne} = dV P$

$\nu R dT - dP V_{He} = dV P$

$2 P dV = 2 \nu R dT - dP V$

$PV - P dV$

$2 P dV = 2 \nu R dT - PV + P dV$

$P dV = 2 \nu R dT - PV$

$A = 2 \nu R \Delta T - PV$

$P_K \cdot \frac{V_0}{2}$

$Q_{Ne} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{Ne} + 2 \nu R \Delta T_{Ne} - P_K \frac{V_0}{2}$

$= \frac{7}{2} \nu R \Delta T_{Ne} - P_K \frac{V_0}{2} = \frac{7}{2} \nu R \Delta T - \nu R T_K$

$= \nu R \left(\frac{7}{2} \Delta T - T_K \right) = \frac{6}{25} \cdot 8.31 \cdot \left(\frac{7}{2} \cdot 55 - 385 \right)$

$= \frac{6 \cdot 8.31 \cdot 3}{25 \cdot 2} \cdot 385 = \frac{9}{25} \cdot 8.31 \cdot 385 = \frac{9 \cdot 8.31 \cdot 77}{5}$, $77 \cdot 3 = 15$

$\Delta T = T_{He} + T_K = -440 + 385 = 55$

$PV = const$

$7 \cdot 55$

$\times \ 15 \cdot 9 = 135$

$PV = \nu R T$

$P_K \frac{V_0}{2} = \nu R T_K$

$385 \ | \ 5$, $35 \ | \ 77$, 35

$2A + {}_{55} \left(\frac{3 \cdot 55}{2} + 275 \right)$

$\frac{77 \cdot 5}{25}$

$\frac{3}{2}$ $385 - 330$

$-\frac{3}{2} \cdot 385$

$-\frac{385}{2} - 385$

$3 \cdot 55 \cdot 7 = 385$

$\times \ 135 \cdot 8.31 = 135 + 405 + 1080 = 1121.85$

≈ 1121.85 Дж ≈ 1.1 кДж

dP

$dPV = \nu R (dT_{He} + T_{Ne})$

$+ \nu R (T_K - T_{Ne})$

$PV -$

$2A = \nu R \Delta (T_{He} - T_{Ne})$

$dPV = \nu R dT_{He} + \nu R dT_{Ne}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

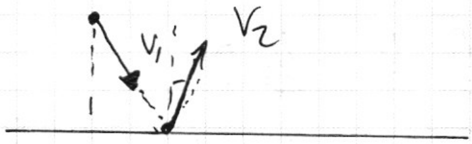
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

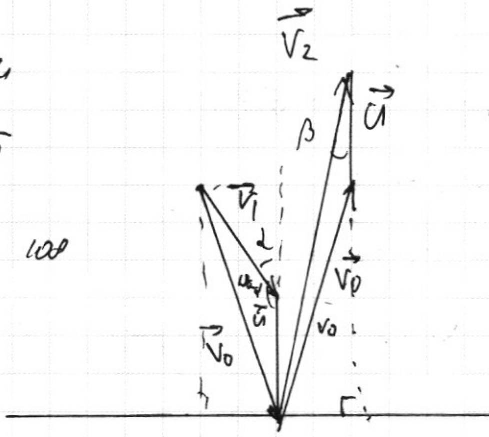
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

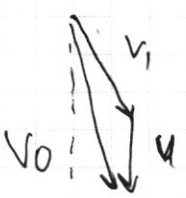
ШИФР

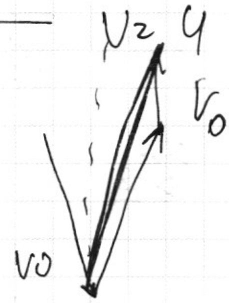
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА









$144 - 36 = 108$

$\frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2V_2 \cdot \cos\beta + 2V_1 \cos\alpha}$

$\frac{6 \cdot 18}{2(2\sqrt{5} + 4\sqrt{2})}$

$(12-6)/12+6$

$6 \cdot 18$

$6 \cdot 3 \cdot 6$

$mV_1 \cdot \cos\alpha + Mu = mV_2 \cdot \cos\beta + M(u - \Delta u)$

$mV_1 \cdot \cos\alpha = mV_2 \cdot \cos\beta - M\Delta u$

$-V_1 \cos\alpha + V_2 \cdot \cos\beta = \frac{M}{m} \Delta u$

$\frac{3 \cdot 18}{2(\sqrt{5} + 4\sqrt{2})}$

$V_2 \cdot \cos\beta = V_1 \cdot \cos\alpha + 2u$

$\frac{27}{\sqrt{5} + 4\sqrt{2}} \approx 3$ м/с

$V_0^2 = V_1^2 + u^2 - 2V_1 u \cdot \cos(180 - \alpha)$

$V_0^2 = V_2^2 + u^2 - 2V_2 u \cdot \cos(\beta)$

$u = \frac{V_2 \cdot \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2}$

$7{,}2 + 6{,}4$

$\frac{\frac{12 \cdot 2\sqrt{2}}{3} - \frac{6 \cdot \sqrt{5}}{3}}{2}$

8.6

$V_1^2 + u^2 - 2V_1 u \cdot \cos(180 - \alpha) = V_2^2 + u^2 - 2V_2 u \cdot \cos\beta$

$\frac{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}{2} = 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$

$18 \cdot 6$

$18 \cdot 3$

$V_2^2 - V_1^2 = 2V_2 u \cdot \cos\beta - 2V_1 u \cdot \cos(180 - \alpha)$

$(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)$

$\frac{9 \cdot 3}{\sqrt{5} + 4\sqrt{2}} \approx 3$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{x+1{,}5F_0}{x} = \frac{D}{2r_1} = \frac{D\,12}{2\cdot D} = 6$$

$$\cancel{\frac{55}{30}}\ \frac{11}{6}$$

$$1+\frac{1.5F_0}{x} = 6 \quad \frac{1.5F_0}{x} = 5 \quad x = \frac{1.5F_0}{5} = 0.3F_0$$

$$\frac{r_M}{r_1} = \frac{0.3F_0 + \frac{F_0}{4}}{0.3F_0} = 1 + \frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{10}} = \frac{10}{12}^{+1} = \frac{5}{6}+1 = \frac{11}{6}$$

315

$$r_M = r_1\cdot\frac{11}{6} = \frac{D}{12}\cdot\frac{11}{6} = \frac{11}{72}D$$

$$2r_M = \tau_0 \cdot v \Rightarrow v = \frac{2r_M}{\tau_0} = \frac{11\cdot 2D}{72\ \tau_0} = \frac{11}{36}\frac{D}{\tau_0}$$

3) $$\frac{2r_2}{D} = \frac{F_0}{4F_0} \Rightarrow r_2 = \frac{D}{8} \quad v\,\cdot$$

385

165 + 770

315 $\quad \frac{5}{4}T_{He0} + \frac{5}{4}T_{Ne}$

$V = const$ $\quad (p_0 - p_K)$ $\quad \frac{1}{4}$ $\quad \frac{770}{2}$

$$\frac{3\cdot 8.31}{2\cdot \cancel{25}}\ 770$$

$$dP\,V = \nu R\,dT_{He} - \nu R\,dT_{Ne}$$

$$(P_K - P_0)V = \nu R(T_K - T_{He}) - \nu R(T_K - T_{Ne})$$

$$\parallel$$

315

$$P_K V_K - A$$

$$A =$$

$$\frac{3}{2}\nu R\cancel{T_{He0}} \quad \cancel{dP\,V_{He} + P}$$

$$\nu R T_K - \nu R T_{He0} + \nu R T_{He0}$$

$$V_{He}\,dP + P_{He}\,dV$$

$$\frac{3}{2}\nu R\,T_{He0}$$

$$V_{Ne}\,dP - P_{Ne}\,dV$$

$$315 - 440 + 330 \quad + \frac{3}{2}\cdot 385 - \frac{3}{2}\cdot 330$$

$$\frac{5}{2}\cdot 315 - 440 - 330$$

☑ 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

N 5

$\Lambda_1 - F_0$ $\Lambda_2 - F_0/3$ —!

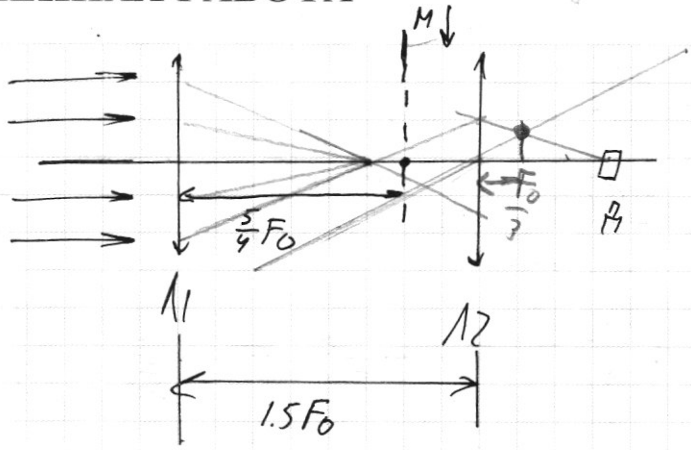
$L = 1.5F_0$ —!

$D \ll F_0$ D—!

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

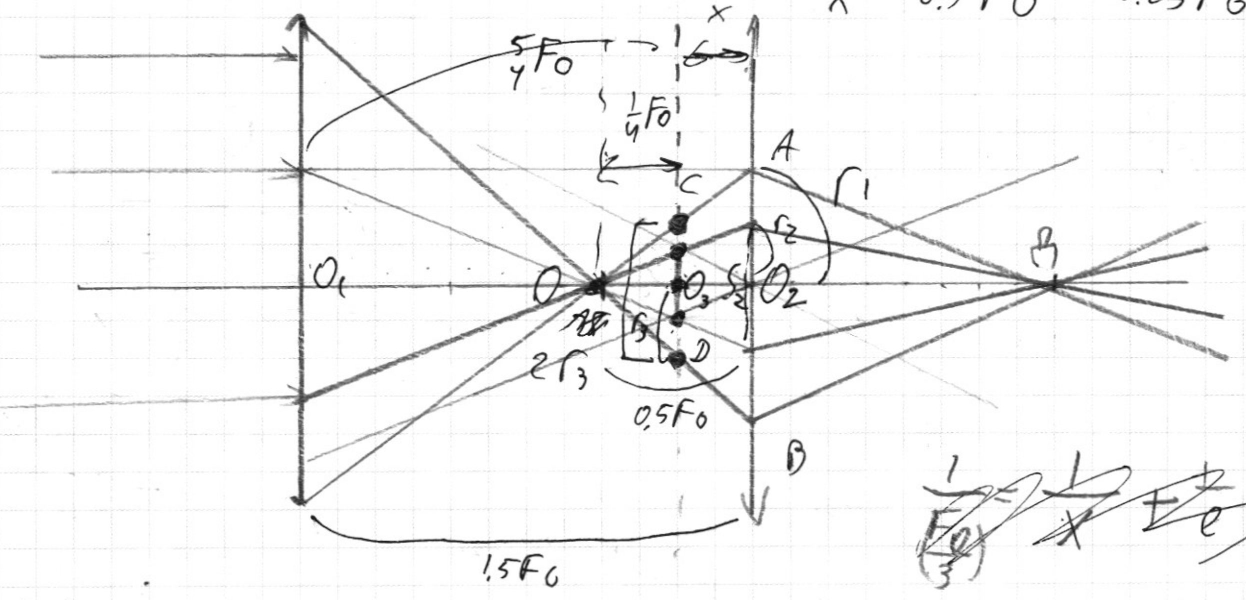
$I_1 = 8I_0/9$

1)



1) $\cancel{x = \frac{3}{2}F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{6}{4}F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{F_0}{4}}$

$x = 0.5F_0 - 0.25F_0 = \frac{1}{4}F_0$



$\cancel{\frac{1}{F_0/3} = \frac{1}{x} + \frac{1}{\ell}}$

1) $\frac{3}{F_0} = \frac{1}{0.5F_0} + \frac{1}{\ell} \Rightarrow \frac{1}{\ell} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0}$ $\cancel{\frac{1}{\ell} = \frac{3}{F_0} - \frac{1}{4} = \frac{3}{F_0} - \frac{4}{F_0}}$

$\ell = F_0$

2) ~~интенсивность~~ мощность света пропорциональна площади падающих лучей на Λ_2

$I_0 = S_0 \cdot K$

$\frac{8}{9}I_0 = K \cdot (S_0 - S_2)$ $\Rightarrow \frac{9}{8} = \frac{S_0}{S_0 - S_2}$

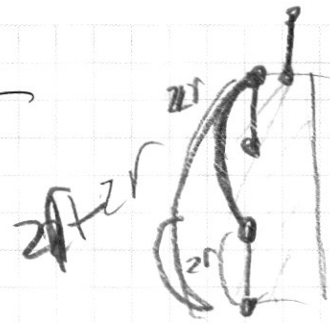
~~$S_2 = \pi r^2$ из подобия треугольников $S_0 = \pi$~~ $\cancel{\frac{D}{2r} = \frac{F_0}{\frac{1}{4}F_0}}$ ~~$D = 8r$ $r = \frac{D}{8}$~~

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

~~$\Delta OAB \sim \Delta OCD$~~ ~~$\Delta OCO_3 \sim \Delta OAB$~~

~~$\frac{1}{4}F_0$~~



$S_0 = \pi \cdot r_1^2 \qquad S_2 = \pi r_2^2$

$\frac{r_1}{D} = \frac{\frac{1}{2}F_0}{F_0} \quad r_1 = 2D$

$\frac{r_2}{r_M} = \frac{0.5F_0}{0.5F_0 - x} = \frac{0.5F_0}{0.25F_0} = 2 \Rightarrow r_2 = 2r_M \Rightarrow r_M = \frac{r_2}{2}$

$\frac{8}{9} = \frac{S_0 - S_2}{S_0} = 1 - \frac{S_2}{S_0} \Rightarrow \frac{S_2}{S_0} = \frac{1}{9} = \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \frac{1}{9}$

$\frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{3} \qquad r_2 = \frac{r_1}{3} = \frac{2D}{3} \qquad r_M = \frac{r_2}{2} = \frac{2D}{2 \cdot 3} = \frac{D}{3}$

В процессе погруж. м. в свет:

$V \cdot \tau_0 = 2r_M = \frac{2D}{3} \Rightarrow V = \frac{2D}{3\tau_0}$

$\frac{r_3}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{4}F_0\right)}{F_0} \qquad \frac{2r_3}{D} = \frac{1}{4} \quad D = 8r_3 \quad r_3 = \frac{D}{8}$

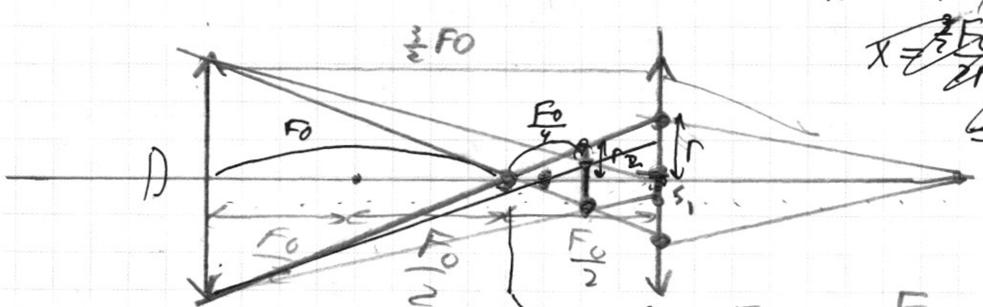
~~$\frac{x + \frac{3}{2}F_0}{x} = \frac{r_1}{\frac{D}{2}}$~~

~~$\frac{\frac{3}{2}F_0}{x} = \frac{2D}{12D} - 1 = 4 \Leftarrow \frac{x + \frac{3}{2}F_0}{x} = \frac{2r_1}{D}$~~

~~$x = \frac{\frac{3}{2}F_0 D}{2r_1} = \frac{\frac{3}{4}F_0 D \cdot 12}{D} = 8F_0$~~

$\frac{3}{12} - \frac{1}{12}$

$\frac{2}{12}$ $\frac{1}{6}$

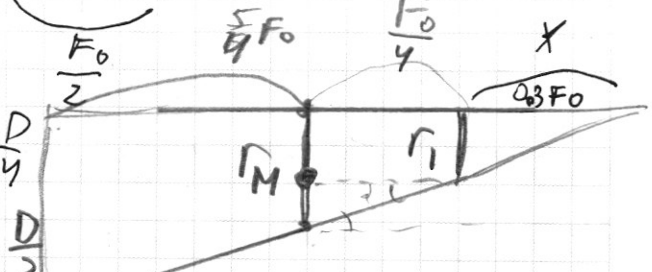


2) $I = k \cdot S$

$I_0 = k \cdot \pi r^2$

$I_1 = \frac{8}{9} I_0 = k \cdot (\pi \cdot r^2 - S_1)$

$\frac{2r}{D} = \frac{\frac{F_0}{2}}{F_0} \Rightarrow r = \frac{D}{4}$



$\frac{8}{9} = 1 - \frac{S_1}{\pi r^2} \quad \frac{S_1}{\pi r^2} = \frac{1}{9} \quad \frac{\pi r_1^2}{\pi r^2} = \frac{1}{9} \quad \frac{r_1}{r} = \frac{1}{3}$

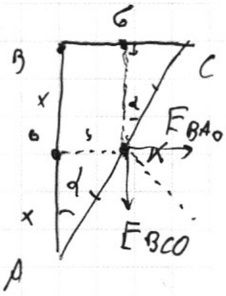
$r_1 = \frac{r}{3} = \frac{D}{12}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

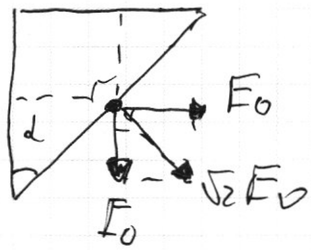
AB BC



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

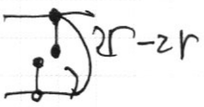
$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

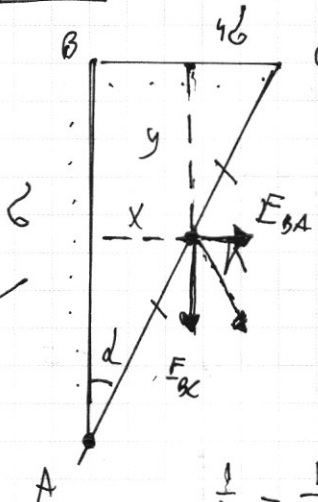
$\frac{y}{x} = tg\,\alpha = 1$



1) $\cancel{E_{BA0}}$ $\cancel{E_0}$ $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sqrt{E_0^2 + E_0^2}}{E_0} = \sqrt{2}$

2)

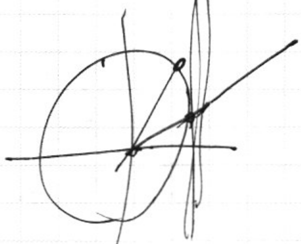




$\frac{x}{y} = tg\,\alpha = tg\frac{\pi}{8}$

σ $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

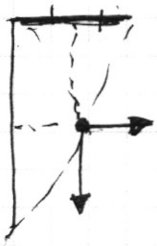
$\frac{2tg\alpha}{1 - tg^2\alpha} = tg\,2\alpha$



$\sin\frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{1 - \frac{\sqrt{2}}{2}}{2}}$ $\frac{x}{y} =$

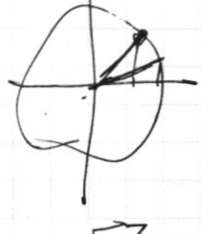
$1+1$

$\frac{1}{8} - \frac{1}{24} = \frac{3}{24} - \frac{1}{24} = \frac{1}{12}$



$\frac{2}{\sqrt{2}\,1,D}$

$\sigma\,D$



$1 - tg^2\alpha = 2tg\alpha$

$2x = 1 - \cancel{tg}\,x^2$

$tg^2\alpha - 2tg\alpha - 1 = 0$

$\sqrt{\frac{2-\sqrt{2}}{4}}$

$\frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{2}$

$x^2 + 2x - 1 = 0$

$\sqrt{2} - 1$

$tg\alpha = -1 + \sqrt{2}$

$1 + 1 = 2$

$-1 \pm \sqrt{2}$

$\Phi = \cancel{\ } \cdot E_\sigma S$

$\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} \cdot S_{BA} + \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \cdot S_{BC}$

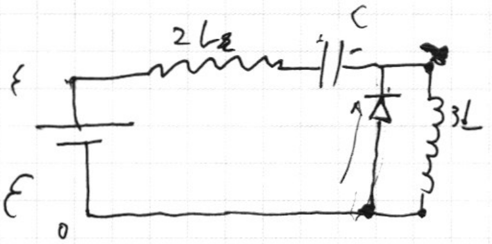
$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}$

$\frac{\sqrt{2-\sqrt{2}} + \sqrt{2+\sqrt{2}}}{4}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№4 $\mathcal{E}$ $L_1=3L$ $L_2=2L$, C



$\mathcal{E} - 2L\dot{I} - \frac{q}{2C} = 0$

$L\ddot{q} + \frac{q}{2C} - \mathcal{E} = 0$

$L\ddot{q} + \frac{q}{2C} - \mathcal{E} = 0$

$\ddot{q} + \frac{q}{2CL} - \frac{\mathcal{E}}{L} = 0$

$\ddot{q} + \frac{q}{2CL} - \frac{\mathcal{E}}{L} = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{2CL}(q - 2C\mathcal{E}) = 0$

$Q = q - 2C\mathcal{E} \Rightarrow \ddot{Q} = \ddot{q}$

$\ddot{Q} + \frac{1}{2CL}Q = 0$ – ур гар колеб $\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{2CL}}$ $T_1 = 2\pi\sqrt{2CL}$

$\mathcal{E} - 2L\dot{I} - qC - 3L\dot{I} = 0$

$\mathcal{E} - 5L\dot{I} - qC = 0$ $5L\ddot{q} + qC - \mathcal{E} = 0$

1) $\mathcal{E} - 2L\dot{I} - \frac{q}{C} = 0$

$\ddot{q} + \frac{q}{2CL} - \frac{\mathcal{E}}{2L} = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{2CL}(q - \mathcal{E}C) = 0$

$Q = q - \mathcal{E}C$ $\ddot{Q} = \ddot{q}$

$\ddot{Q} + Q\frac{1}{2CL} = 0$ – ур. г. к

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

$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$

2) $\mathcal{E} - \frac{q}{C} - 5\dot{I}L = 0$

$5L\ddot{q} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$

$\ddot{q} + \frac{q}{5LC} - \frac{\mathcal{E}}{5L} = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{5LC}(q - \mathcal{E}C) = 0$

$\ddot{Q} + \frac{1}{5LC}Q = 0$

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

$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

$T_0 = T_1 + T_2 = 2\pi(\sqrt{2LC} + \sqrt{5LC})$

$Q_0 = -\mathcal{E}C$

2) $Q_1 = Q_0 \cdot \sin(\omega_1 t)$

$Q_2 = Q_0 \cdot \sin(\omega_2 t)$

$\dot{q}_1 = I_1 = \dot{Q}_1 = Q_0 \cdot \omega_1 \cdot \cos(\omega_1 t)$

$\dot{q}_2 = I_2 = \dot{Q}_2 = Q_0 \cdot \omega_2 \cdot \cos(\omega_2 t)$

$I_{01} = Q_0 \cdot \omega_2 = \frac{Q_0}{\sqrt{5LC}} = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{5LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

$I_{02} = \max(Q_0\omega_2; Q_0\omega_1) = \frac{Q_0}{\sqrt{2LC}} = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{2LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$