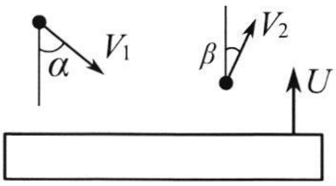
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-04** Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha=\frac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta=\frac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



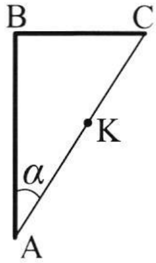
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 320 К, а криптона T_2 = 400 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 аргона и криптона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

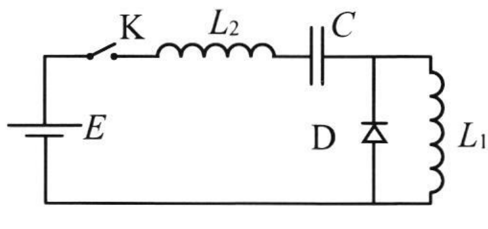
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

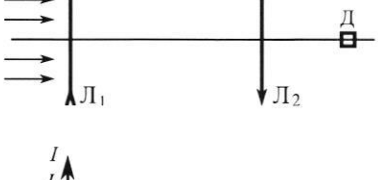
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

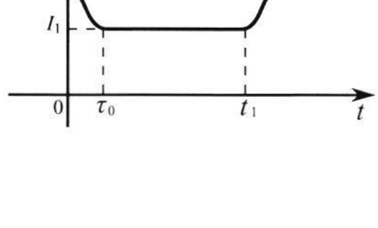
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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 $-2F_0$ 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). $I_1 = 7I_0/16$





.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

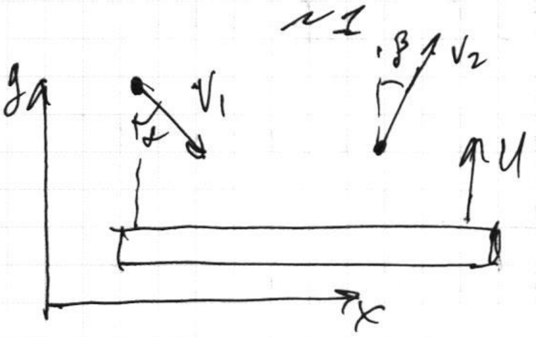
$v_1 = 18 \frac{м}{с}$

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

$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$V_2 - ?$

$U - ?$



1) Вдоль оси Ox импульс шарика ~~ее~~ а следовательно и скорость, останется неизменными, т.к. на них не действуют ~~в~~ другие тела в доль этой оси (~~Ox~~ вектор $\vec{U}$ перп. Ox)

Т.е. $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$$U_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot V_1 = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} \cdot 18 = 20 \frac{м}{с}$$

2) Удар неупругий, значит при соударении шар теряет часть ~~энергии~~ вертик. сост. скорости (~~от~~ в случае, если плита не подвижна). Он может почти не потерять скорость, а может потерять всю вертикальную составляющую.

3) Перейдём в СО плиты.

Тогда ~~$\vec{v_1'} = \vec{v_1}$~~ $\vec{v_1} = \vec{v_1'} + \vec{U}$

$\vec{v_2} = \vec{v_2'} + \vec{U}$

Тогда, в проекции на Oy:

$-v_1 \cos\alpha = -v_{1y}' + U$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$v_2\cos\beta = v''_{2y} + U$

Тогда $\begin{cases} v'_{1y} = v_1\cos\alpha + U \\ v''_{2y} = v_2\cos\beta - U \end{cases}$

Т.к. $0 \le v''_{2y} \le v''_{1y}$, то

$0 \le v_2\cos\beta - U \le v_1\cos\alpha + U$

$\begin{cases} U \le v_2\cos\beta \\ v_2\cos\beta - U \le v_1\cos\alpha + U \end{cases}$

$\begin{cases} U \le v_2\cos\beta \\ U \ge \dfrac{v_2\cos\beta - v_1\cos\beta}{2} \end{cases}$

$\begin{cases} \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5} \\ \cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\left(\frac{2}{3}\right)^2} = \frac{\sqrt5}{3} \end{cases}$

Тогда $\begin{cases} U \le 20\cdot\frac{4}{5} \\ U \ge \dfrac{20\cdot\frac{4}{5} - 18\cdot\frac{\sqrt5}{3}}{2} \end{cases}$

$8-3\sqrt5 \le U \le 16$

Ответ: $V_2 = 20\ \frac{м}{с}$

U может принимать значения от $8-3\sqrt5\ \frac{м}{с}$, до $16\ \frac{м}{с}$

№2

$i_1 = i_2 = i = 3$

$\nu = \frac{3}{5}$ моль

$T_1 = 320K$

$T_2 = 400K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot K}$

1) $\frac{V_{кр}}{V_{кр}}$, $\frac{V_{ар}}{V_{кр}} = ?$

2) $T_3 = ?$ 3) $Q_{кр/ар} = ?$

1) ~~В нача~~ Давления газов в начале равны, а изменение объёма и температуры идут засчёт теплообмена.

Поэтому в начале $P_{ар} = P_{кр}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Из ур-я Менделеева-Клапейрона

$pV = \nu RT$

$p = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow$

$$\begin{cases} p_{Ar} = \frac{\nu RT_1}{V_{Ar}} \\ p_{Kr} = \frac{\nu RT_2}{V_{Kr}}. \end{cases}$$

$p_{Ar} = p_{Kr}.$

$\frac{\nu RT_1}{V_{Ar}} = \frac{\nu RT_2}{V_{Kr}}$

$\frac{V_{Ar}}{V_{Kr}} = \frac{T_1}{T_2}$, $\frac{V_{Ar}}{V_{Kr}} = \frac{320}{400} = 0{,}8$

2) Система ~~теплот~~ из обоих газов теплоизолирована, поэтому её внутренняя энергия остаётся постоянной.

Тогда т.к. $U_{нAr} = \frac{3}{2}\nu RT_1$, $U_{нKr} = \frac{3}{2}\nu RT_2$, $U_н = U_{нAr} + U_{нKr} = \frac{3}{2}\nu R(T_1+T_2)$, $U_{кAr} = \frac{3}{2}\nu RT_3$, $U_{кKr} = \frac{3}{2}\nu RT_3$, $U_к = U_{кAr} + U_{кKr} = \frac{3}{2}\nu RT_3 + \frac{3}{2}\nu RT_3 = 3\nu RT_3$, то

$\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = 3\nu RT_3$, $T_3 = \frac{T_1+T_2}{2}$

$T_3 = \frac{320+400}{2} = 360K$

3) Т.к. $U = const$, то в процессе U_{Ar} и U_{Kr} изменяются на одинаковое по модулю, но противоположное по знаку величины.

Тогда $|\Delta U_{ар}| = |\Delta U_{кр}|$

$\frac{3}{2}\nu R(T'_{ар} - T^{4}_{ар}) = \frac{3}{2}\nu R(T'_{кр} - T^{4}_{кр})$

Из ур. $\nu R T_{ар} = p_{ар} V_{ар}$:

$p'_{ар} V'_{ар} - p^{2}_{ар} V^{4}_{ар} = p_{кр} V_{кр} - p'_{кр} V'_{кр}$

В любой момент давление газов равно, ~~так~~ изменение происходит только засчёт теплообмена

Тогда $p'_{ар} = p'_{кр}$, а $p_{ар} = p_{кр}$

Тогда $p'_{ар}(V'_{ар} + V'_{кр}) = p_{ар}(V_{ар} + V_{кр})$.

$V'_{ар} + V'_{кр} = V_{ар} + V_{кр} = V$ — общий объём сосуда

Тогда $p'_{ар} = p_{ар}$

Т.е. давление газа не изменяется, ~~процесс~~ процесс изобарный.

4) Тогда

$Q_{кр\,ар} = \Delta U_{ар} + A_{ар} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) + p_{ар}\Delta V =$
$= \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) + \nu R(T_3 - T_1)$ (из ~~урав~~ 1-го з-на термодинамики и ур-я Клапейрона-Менделеева).

Т.е. $Q_{кр\,ар} = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_1)$

$Q_{кр\,ар} = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot (360 - 320) = 498{,}6$ Дж

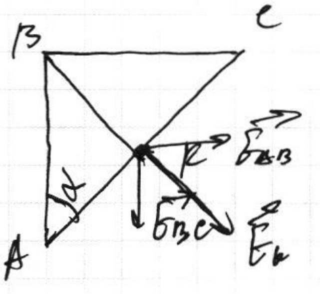
Ответ: $\frac{V_{ар}}{V_{кр}} = 0{,}8$, $T_3 = 360K$, $Q_{кр\,ар} = 498{,}6$ Дж

№3

а) $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $b_{BC} = b_{AB} = b$.

$\frac{E_{ок}}{E_{н}} = ?$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $\triangle ABC$ – пр/уг и р/б, т.к $\angle ACB = \pi - \angle ABC - \alpha =$
$= \pi - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4} = \alpha$.

2) K – сер $AC \Rightarrow BK$ – мед.

Т.к $\triangle ABC$ – р/б, то BK – мед., выс., биссек.
Значит BK – ось симметрии ~~$\triangle ABC$~~ системы, поэтому $|\vec{E}_{AB}| = |\vec{E}_{BC}|$ (т.к. $\sigma_{AB} = \sigma_{AC} = \sigma$)

3) ~~$\vec{E}_{AC}$ $\vec{E}_{BC}$~~

$BK = KC$ (по св-ву пр/уг. треуг).

Тогда $\vec{E}_{BC}$ будет лежать на оси симметрии р/б ~~треуг.~~ $\triangle BKC \Rightarrow (\vec{E}_{BC} \angle BC) = 90°$.
Аналогично $(\vec{E}_{AB}; \vec{AB}) = 90°$.

Тогда, учитывая то, что $BC \perp AB$, $\vec{E}_{AB} \perp \vec{E}_{BC}$.

4) $|E_H| = |E_{BC}|$

$|E_k| = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = E_{BC}\sqrt{2}$ (по т. Пиф)

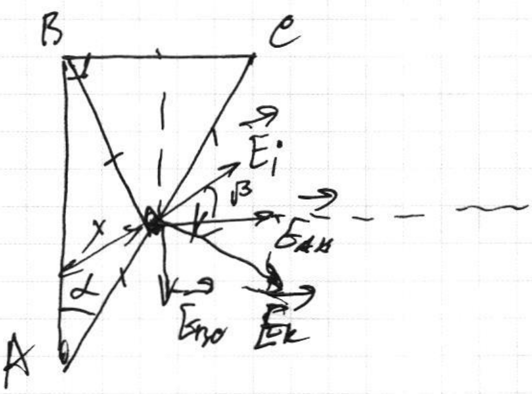
Тогда $\frac{|E_k|}{|E_H|} = \frac{E_{BC}\sqrt{2}}{E_{BC}} = \sqrt{2}$

б) $\sigma_1 = \sigma$

$\sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$

$\alpha = \frac{\pi}{9}$

$E_K - ?$



1) Аналогично п.з. п.(а) $\vec{E}_{BC} = \vec{E}_1$ и $\vec{E}_{AB} = \vec{E}_2$ перпендик. и

2) $\vec{E}_2$ и $\vec{E}_1$ лежат на осях симметрии $\triangle BKA$ и $\triangle BKC$ соотв.

2) Найдём $\vec{E}_2$.

Разобьём AB на очень маленькие $dl \to 0$. Тогда мы получим бесконечно много тонких бесконечных нитей с продольной плотностью заряда $\gamma = \sigma dl$,

Найдём поле $\vec{E}$, которое создаёт такая нить на расстоянии X от себя с помощью теоремы Гаусса:

Внутри замкнутого цилиндра находится заряд $q = \cancel{l\cdot\gamma} = S\cdot\gamma = S\sigma dl$, где S — длина нити в цилиндре.

Тогда поток через поверхность будет $\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma S dl}{\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

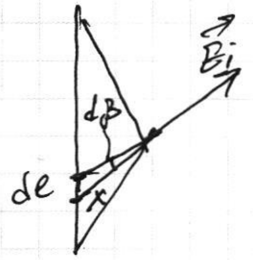
$\Phi = E \cdot S \cdot \cos\varphi$, где S - площадь, φ - угол между S и E.

$\varphi = 90$ (в силу симметр.), $S = 2\pi x \cdot S$.

Тогда $\frac{6 S dl}{\varepsilon_0} = 2\pi x S E \Rightarrow E = \frac{6 S}{2\pi\varepsilon_0 x} dl$.

Нас интересует только перпендикулярная к AB компонента $\vec{E}_{AB}$, поэтому $E_\perp = \frac{6}{2\pi\varepsilon_0 x} dl \cdot \cos\beta$, $\beta = (\widehat{\vec{E}_i ; \vec{E}_{AB}})$

С учётом, что $dl = \cancel{x \cdot d\beta} \approx x \cdot \sin d\beta \approx x\, d\beta$



Получим: $E_\perp = \frac{6}{2\pi\varepsilon_0 x} \cdot x \cdot d\beta \cdot \cos\beta = \frac{6}{2\pi\varepsilon_0} \cos\beta \cdot d\beta$

~~Тогда $E_{AB} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{6}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \cos\beta\, d\beta$, где $\varphi_1 = \ldots \frac{\pi}{2}$,~~

~~$\varphi_2 = \frac{\pi}{2} - \alpha$, если считать~~

Тогда, с учётом, что ~~часть~~ $\triangle ABK$ симметричен отн. прямой, содержащей $\vec{E}_\perp$, получим, что

$$\vec{E}_{AB} = \int_0^{\frac{\pi}{2}-\alpha} \frac{6}{2\pi\varepsilon_0} \cos\beta\, d\beta = \frac{6}{2\pi\varepsilon_0}\left(\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) - \sin 0\right) =$$

$$= \frac{6 \cos\alpha}{2\pi\varepsilon_0} = \frac{6 \cos\frac{\pi}{9}}{2\pi\varepsilon_0}.$$

Аналогично E_{BC} получим $E_{BC} = \ldots$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

$E_{HC} = \int\limits_0^{\alpha} \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \cos\varphi_1 \, d\varphi_1 =$

$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot (\sin\alpha - \sin 0) = \frac{\sigma \sin\alpha}{2\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma \sin\frac{\pi}{3}}{2\pi\varepsilon_0}$

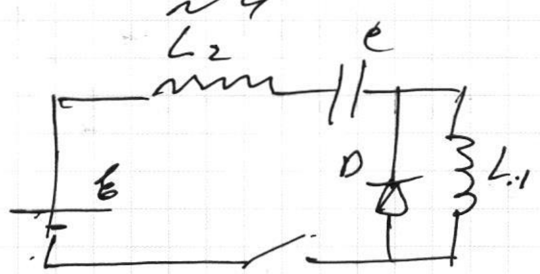
3) Тогда $E_H = \sqrt{E_{HC}^2 + E_{HB}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\sin\frac{\pi}{3}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\cos\frac{\pi}{3}\right)^2} =$

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

Ответ: а) $\frac{E_H}{E_H} = \sqrt{2}$, б) $E_H = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}$

№ 4

$\mathcal{E}$; $L_1 = 5L$
$L_2 = 4L$, C
$T = ?$
$I_{01} = ?$
$I_{02} = ?$



1) ~~$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$~~ Сначала конд. будет заряжаться и ток будет идти через $\mathcal{E}$, L_2, C, L_1, но когда он будет перезаряжаться, он бу-ток, из-за наличия диода D, пой-дёт через $\mathcal{E}$, L_2, C и D.

Поэтому $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$, где T_1 — период колебаний системы без диода, а T_2 — период колебаний системы без L_1 и с заменённым на перемычку диодом.

2) Найдём T_1:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. есть $\mathcal{E}$, то ~~как~~ положение равновесия сместится, оно будет, когда ~~на конденсаторе будет такое же на:~~ $U_{конд} = \mathcal{E}$.

Тогда $q_0 = CU_{конд} = C\mathcal{E}$.

По з-ну ~~сохр~~ измен. ~~эн~~энергии:

$W_к + W_{инд} = A$

$$\frac{(q_0+\Delta q)^2}{2C} + \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2} = \mathcal{E}(q_0+\Delta q)$$

Дифференцирую:

$$2\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)}{2C}\cdot\dot{\Delta q} + \frac{L_1+L_2}{2}\cdot 2I\cdot\dot{I} = \mathcal{E}\dot{\Delta q}$$

$$\left(\mathcal{E}+\frac{\Delta q}{C}\right)\dot{\Delta q} + 3L\cdot\dot{\Delta q}\,\ddot{\Delta q} = \mathcal{E}\dot{\Delta q}$$

$$\frac{\Delta q}{C} + 3L\cdot\ddot{\Delta q} = 0.$$

$\ddot{\Delta q} + \frac{1}{3LC}\Delta q = 0$ — осн. ур-е гармонич. колебаний. Тогда $\omega^2 = \frac{1}{3LC} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 6\sqrt{LC}$

3) Аналогичным образом находём T_2:

$W_к + W_{инд} = A$

$$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{L_2 I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta q}{C} + 4L\ddot{\Delta q} = 0.$$

$\ddot{\Delta q} + \frac{1}{4LC}\Delta q = 0$ — осн ур-е гарм.

конеб: Тогда $\omega = \frac{1}{2\sqrt{LC}} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 4\pi\sqrt{LC}$.

Тогда $T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{6\pi\sqrt{LC} + 4\pi\sqrt{LC}}{2} = 5\pi\sqrt{LC}$

4) По з-ну сохр. энерг. и аналогичн. п. 2:

$W_C + W_{кат} = A$

$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{L_1 I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q)$

Тогда $\frac{3L}{2}I^2 = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q) - \frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} = f(q)$

Тогда $f'(\Delta q) = \mathcal{E} - \frac{2(C\mathcal{E}+\Delta q)}{2C} = \frac{\Delta q}{C}$

Тогда т.к. при $I_m = I_{01}$ $f'(\Delta q) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta q = 0 \Rightarrow \frac{3L}{2} I_{01}^2 = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+0) -$

$- \frac{(C\mathcal{E}+0)^2}{2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

Тогда $I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

5) У катушки L_2 макс. ток может быть, когда ток идёт через диод.

Аналогично п. 4:

по з. СЭ:

$W_C + W_{кат} = A$

$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{L_2 I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q)$

$2LI^2 = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q) - \frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} = f(\Delta q)$ - та же ф-ция, её максимум при $\Delta q = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2LI_{02}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} \geq I_{01}$

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

Ответ: $T = 5\pi\sqrt{LC}$, $I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$, $I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

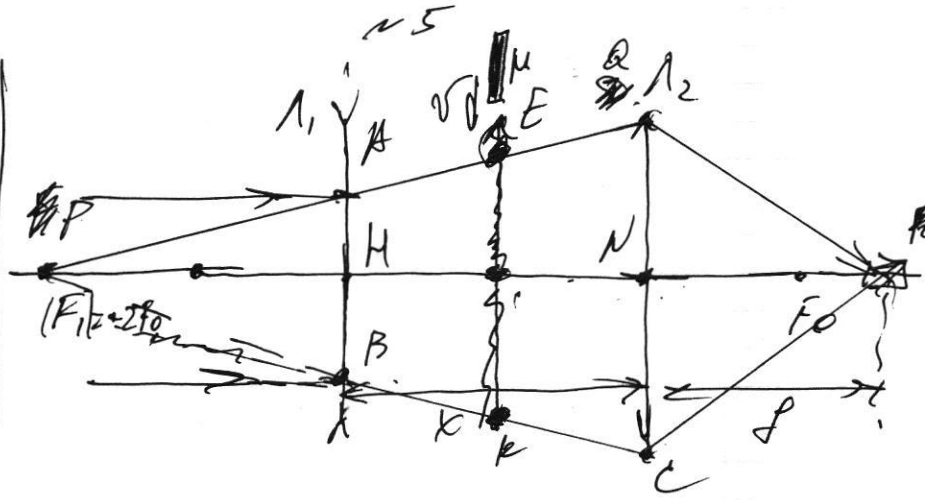
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$F_1 = 2F_0$
$F_2 = F_0$
$x = 2F_0$
$I_1 = \frac{7I_0}{16}$

$F_0;\ D;\ \tau_0$

$\Delta\delta = ?$
$v = ?$
$t_1 = ?$



1) На рассеив. линзу $Л_1$ падает параллельно гл. опт. оси пучок света ⇒ ⇒ продолжения лучей будут проходить через фокус $Л_1$. Т.е. для линзы ~~После этого лучи~~

$Л_2$ это выглядит так, будто в т. P есть источник света. Т.к. после преломл., лучи конц. в т. D, то D – изображ. т. P в линзе $Л_2$.

Тогда, т.к. $S(P; Л_2) = |F_1| + X = 2F_0 + 2F_0 = 4F_0$, то по формуле тонк линзы

$$\frac{1}{S(P;Л_2)} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0},\ f = \frac{4F_0}{3}$$

2) ~~ъ~~ $\triangle PAB \sim \triangle PQC$ (т.к. $AB \parallel QC$ и $\angle APB$ - общ.)

Тогда $\frac{PH}{PK} = \frac{AB}{QC} \Rightarrow AB = \frac{2F_0}{4F_0} \cdot D = \frac{D}{2}$

3) Пусть J - интенсивность пад света.

по усл. $J = const$.

Тогда $J = \frac{P}{S}$, где P - мощность, S - площадь пучка. При этом ~~Рф~~ $I = \alpha P$ (где α - коэф. пропорц. у фотодетектора ф.)

тогда ~~Рф~~ $I = \alpha J \cdot S$.

В первом случае $S = S_{EK}$, во втором $S = S_{EK} - S_M$, где S_M - площадь мишени.

Тогда $\begin{cases} I_0 = \alpha J S_{EK} \\ I_1 = \alpha J (S_{EK} - S_M) \\ I_1 = \frac{7I_0}{16} \end{cases}$

Тогда $\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_{EK} - S_M}{S_{EK}}$.

$1 - \frac{S_M}{S_{EK}} = \frac{7}{16}$

$\frac{S_M}{S_{EK}} = \frac{9}{16}$. Тогда диаметры этих окружностей будут относиться:

$\frac{D_M}{D_{EK}} = \sqrt{\frac{S_M}{S_{EK}}} = \frac{3}{4}$.

и EK - ср. лин. трап. $ABCQ$. $\Rightarrow D_{EK} = \frac{CQ + AB}{2} =$

$= \frac{D + \frac{D}{2}}{2} = \frac{3D}{4}$.

Тогда $D_M = \frac{3}{4} \cdot D_{EK} = \frac{9}{16} D$.

☐ черновик ☑ чистовик Страница №12
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) С момента времени 0 и до τ_0 ток менялся $\Rightarrow$ в это время мишень входила в пучок света $\Rightarrow$ в момент τ_0 мишень ~~за~~ полностью в пучке света. тогда $D_м = v\tau_0 \Rightarrow v = \frac{9D}{16\tau_0}$

5). В момент t_1 мишень начинает ~~пересекат~~ выходить из пучка света. К этому моменту она ~~прошла расстояние~~ зашла в пучок света и ~~начала~~ дошла до его края. Т.е. она прошла расстояние $\frac{3}{4}D$

тогда $\frac{3}{4}D = vt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{3D}{4v} = \frac{3D}{4\cdot\frac{9D}{16\tau_0}} = \frac{4}{3}\tau_0$

Ответ: $\delta = \frac{4}{3}\tau_0$; $v = \frac{9D}{16\tau_0}$; $t_1 = \frac{4}{3}\tau_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

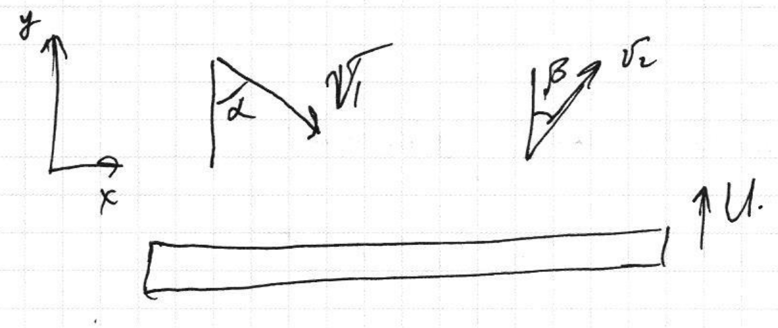
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



$\sin\alpha = \frac{2}{3}$ $\quad v_1 = 18\ \frac{м}{с}$

$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\cancel{v_y' = v_1\cos\alpha + U}$

$\cancel{v_x = v_1}$ $\quad v_{1x}' = v_{1x} = v_{2x}' = v_{2x} \Rightarrow v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$

$$v_2 = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}}\cdot 18 = 20\ \frac{м}{с}$$

$\vec{v}_{1y}' = \vec{v}_1\cos\alpha + \vec{U}$

$v_{2y}' = \vec{v}_2\cos\beta - \vec{U}$

$\cancel{\vec{v}_{1y}' - \vec{v}_{2y}'}$

$$\begin{cases} -v_{1y}' = -v_1\cos\alpha - U \\ v_{2y}' = v_2\cos\beta - U \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} v_{1y}' = v_1\cos\alpha + U \\ v_{2y}' = v_2\cos\beta - U \end{cases}$$

Удар неупр ⇒ теряется часть вертик сост. ⇒

$\Rightarrow v_{2y}' < v_{1y}'$

$v_2\cos\beta - U < v_1\cos\alpha + U$

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

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

Может быть, что не изтер.:

$$v_1\cos\alpha + U = v_2\cos\beta - U \Rightarrow U = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} =$$

$$= \frac{20\cdot\frac{4}{5} - 16\cdot\frac{\sqrt5}{3}}{2} = 8 - 3\sqrt5 \text{ — мин.}$$

Может, что все вертик сост ушла:

$$v_{2y}' = 0 \to v_2\cos\beta = U \Rightarrow U = 16\,\frac{м}{с}$$

$$U \in [8 - 3\sqrt5\ ;\ 16]$$

№2

$\nu = \nu_1 = \nu_2 = 0{,}6$ моль.

$T_1 = 320$ К.

$T_2 = 400$ К.

$i_1 = i_2 = 3$.

~~$R = 8{,}31$ Дж~~

~~$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$~~

~~$p(V)$ — ?~~

~~$dQ = \frac{3}{2}\nu R\,dT + dA = \frac{3}{2}\nu R\,dT + p\,dV$~~

$p_n = \frac{\nu R T_k}{\frac{V}{2}} = \frac{2\nu R T_k}{V}$ $\quad V \frac{5\nu R T_1}{4V}$

$2\cdot 360\ \frac{4}{5}\cdot 320$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$
$p_2 V_2 = \nu R T_2$ $\Rightarrow$ $p_1' V_1' = \nu R (T_1 + \Delta T)$
$p_2' V_2' = \nu R (T_2 - \Delta T)$

1) $p_1 = p_2$

$$\frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = 0{,}8 = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$\Rightarrow V_2 = \frac{5}{9}V$

$V_1 = \frac{4}{9}V.$

$p_1'V_1' - p_1V_1 = \nu R\Delta T$

$p_2'V_2' - p_2V_2 = \nu R\Delta T$

$p_1'(V_1' + V_2') = p_1(V_1 + V_2)$

$p_1' = p_1 \Rightarrow$ пр-с изобар

~~$Q_1 = Q_2$~~ $\quad V_1' = V_2' = \frac{V}{2}$

$$\Delta V_1 = \frac{V}{2} - \frac{4}{9}V = \frac{1}{18}V,\quad \Delta V_2 = -\frac{5}{9}V + \frac{V}{2} = -\frac{1}{18}V$$

$$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\cdot 2\nu R T_3.$$

$$T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = 360\text{ К}$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_3 - T_2) + p\Delta V_1 =$$

$$= \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}\cdot 0{,}6\cdot 40\cdot 8{,}31 = 498{,}6\text{ Дж}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$\cancel{\frac{k(x_0+\Delta x)^2}{2} + mg\Delta x = const}$

$\cancel{C\mathcal{E}^2 = \frac{g L I^2}{2}}$

$$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q)$$

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

$$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q)$$

$$\frac{L_1+L_2}{2}I^2 = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q) - \frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} = f(q)$$

$$f'(q) = \mathcal{E} - \frac{C\mathcal{E}+\Delta q}{C} \Rightarrow \Delta q = 0 \Rightarrow \frac{2LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2} + \frac{4L I^2}{2} = \mathcal{E}(C\mathcal{E}+\Delta q)$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

~ 5

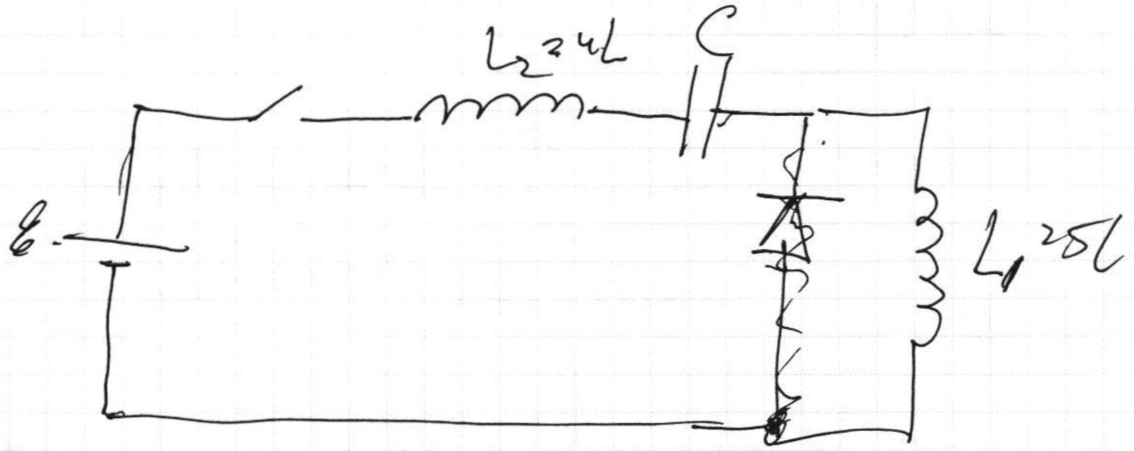
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$\cancel{\Delta W = \mathcal{E} q}$ $W = \mathcal{E} q$

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

$\frac{2(L_1+L_2)}{2} I \cdot \dot{I} + \frac{(q+C\mathcal{E})\dot{q}}{C} = \mathcal{E}\dot{q}$

$(L_1+L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}$ $\omega = \cancel{3...}$

$T_1 = \frac{2\pi}{3\sqrt{LC}}$ $\omega_1 = \frac{1}{3\sqrt{LC}}$

$\omega_2 = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

$T_2 = \frac{4\pi}{2\sqrt{LC}} \Rightarrow T = \frac{3 \cdot 4\pi}{2\sqrt{LC}} + \cancel{\sqrt{LC}} = \frac{...}{12\sqrt{LC}} = \frac{5}{2}\sqrt{LC}$

2) $\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} + \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} = \mathcal{E}\Delta q$

$\frac{(L_1+L_2)I^2}{2} = \mathcal{E}\Delta q - \frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C} = f(\Delta q)$

$f'(\Delta q) = \mathcal{E} - \frac{C\mathcal{E}+\Delta q}{C} \Rightarrow \Delta q =$

☑ 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)»

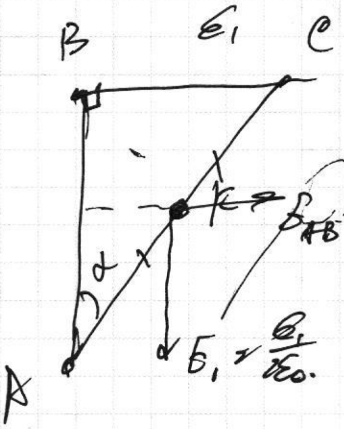
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

1)



~~$\alpha = \frac{\pi}{2}$ $\angle ABC = 90°$~~

~~$E_{AB} = E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$~~

~~$\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = E_1$~~

~~$\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ $E_2 = E_2$~~

~~$\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$~~

2) ~~$\sigma_{BC} = \sigma_1 = \sigma$~~

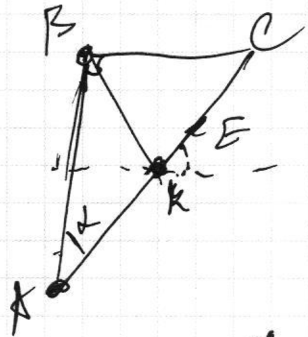
~~$\sigma_{AB} = \sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$~~

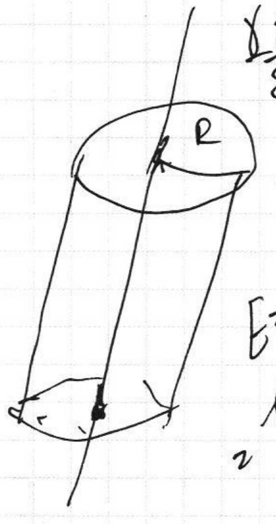
$\alpha = \frac{\pi}{9}$.

$BC = AB \Rightarrow$ в силу симметрии отн. BK

$E_{AB} = E_{BC} \Rightarrow$ $\frac{E'_{BL}}{E_1} = \sqrt{2}$

3) ~~$E_K = \sigma$.~~





$\frac{\gamma l}{\varepsilon_0} = E \cdot 2\pi R \cdot l$

$E = \frac{\gamma}{2\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\sigma\, dl}{2\pi\varepsilon_0 R}$

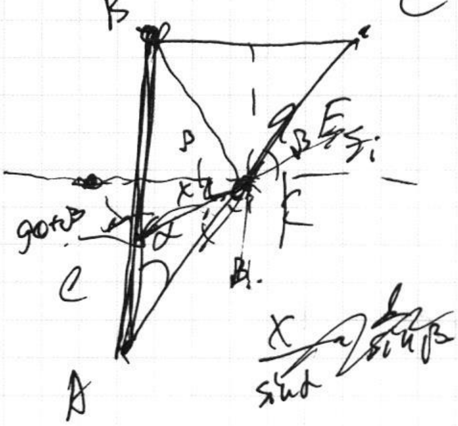
$E_\perp = \frac{\sigma\, dl}{2\pi\varepsilon_0 \cdot R}$ ~~$\cdot \cos\varphi = \sigma R \sin\alpha$~~

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$$E = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{x}$$

$$E_1 = \frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\cos\beta_i}{x_i} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{h} \cdot dl \cdot \cos^2\beta_i$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot dl \cdot h \cdot \frac{1}{x_i^2} = \frac{\sigma h\, dl}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{l^2 + AK^2 - 2\cos\alpha \cdot l \cdot AK}$$

$$\frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0 \cdot x} \cos\beta$$

$$\frac{AK}{\sin(90+\beta)} = \frac{x}{\sin\alpha}$$

$$AK \sin\alpha = x\cos\beta \qquad \sigma dl \qquad E_1 = \frac{\sigma\, dl \cos\beta}{2\pi\varepsilon_0 \cdot x}$$

$$= \frac{\sigma dl \cos^2\beta}{2\pi\varepsilon_0 \cdot h}$$

$$\frac{\sigma dl\,(1-\sin^2\beta)}{2\pi\varepsilon_0 h} =$$

$$\cos^2\beta = \left(\frac{h}{x}\right)^2 = \frac{h^2}{x^2} = \quad \sigma AK \quad \frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0 h} -$$

$$E_1 = \frac{\sigma dl\cos\beta}{2\pi\varepsilon_0 \cdot x} = \frac{\sigma x\, d\beta \cdot \cos\beta}{2\pi\varepsilon_0 x} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \cos\beta \cdot d\beta$$

$$E_1 = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{6}} \cos\beta\, d\beta \qquad E_2 = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{3}} \cos\beta\, d\beta$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$$\frac{3}{2}\nu R(T_1+\Delta T)=\frac{3}{2}\nu R(T_2-\Delta T)$$

$$\frac{3}{2}\nu R(T_4-T_1)=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_5)$$

$$p_4V_4-p_1V_1=p_2V_2-p_5V_5$$

$$p_4(V_4+V_5)=p_1(V_1+V_2)$$

$$p_4=p_1$$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

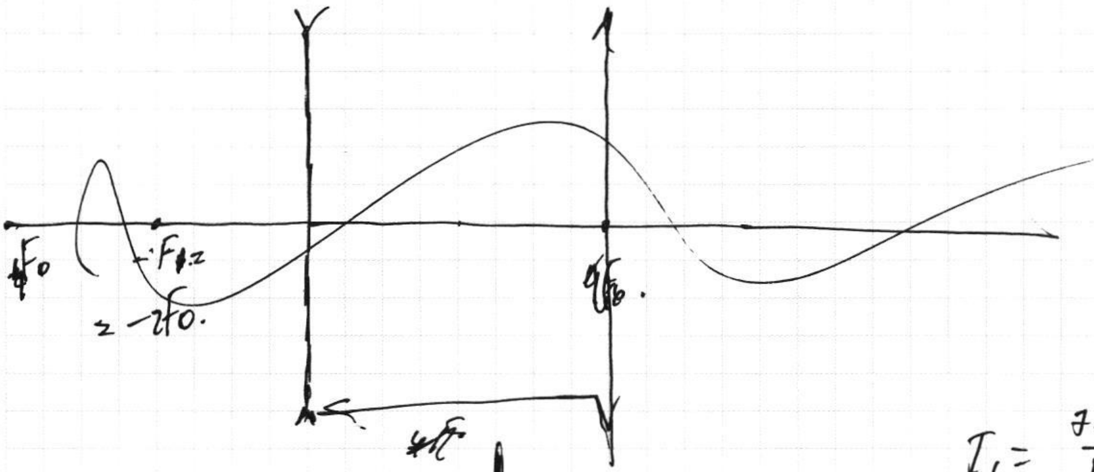
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

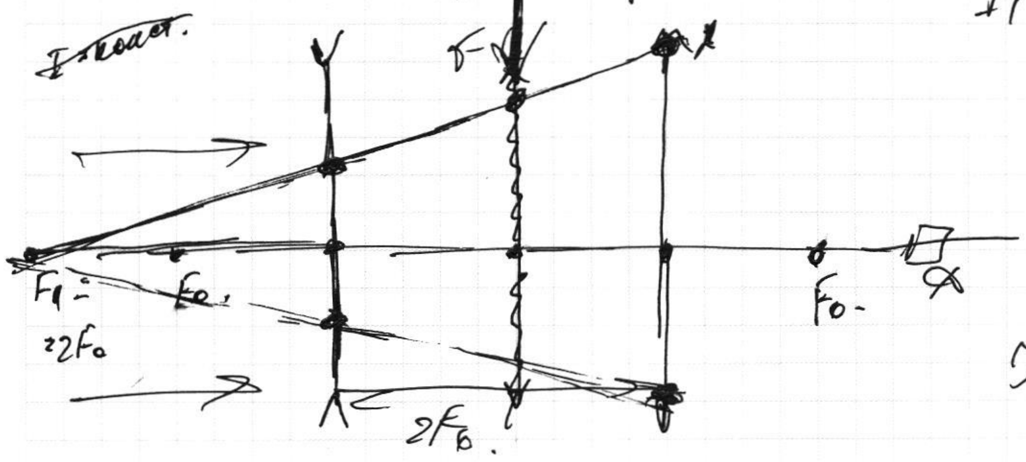
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$I_1 = \frac{7I_0}{16}.$



$J = \frac{P}{S}$

$I = \alpha P$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0} = \frac{3}{4F_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow f = \frac{4}{3}F_0.$

$I_0 = \alpha P_0 = \alpha J S_0$

$I_1 = \frac{7}{16} I_0 = \alpha P_1 = \alpha J S_1 = \alpha J(S_0 - S_н)$

$\frac{7}{16} = \frac{S_0 - S_1}{S_0}$

$\frac{S_1}{S_0} = \frac{9}{16} \Rightarrow \frac{D_1}{D} = \frac{3}{4} \Rightarrow$

$\Rightarrow D_1 = \frac{3}{4}D \Rightarrow \varphi = \frac{\frac{3D}{4}}{\ell_0} = \frac{3D}{4\ell_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow r_1 = \frac{D + \frac{D}{2}}{2} = \frac{3}{4}D.$

☑ черновик ☐ чистовик

Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)