Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

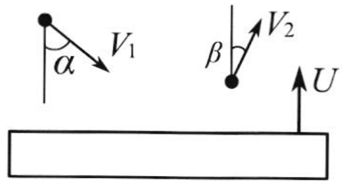
Класс 11

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 $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



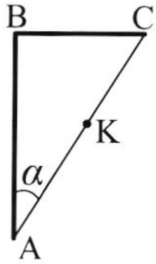
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

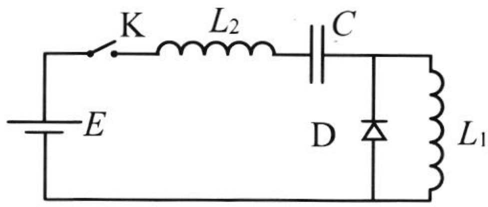
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

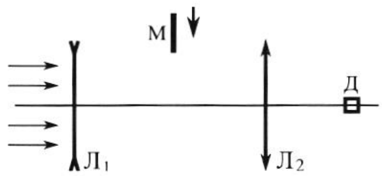
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

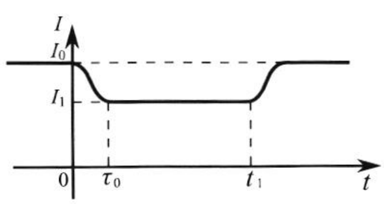
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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). $I_1 = 7I_0/16$





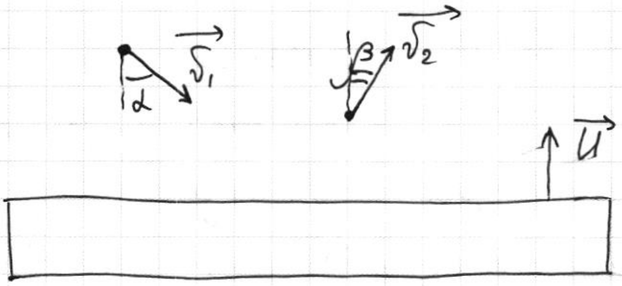
.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

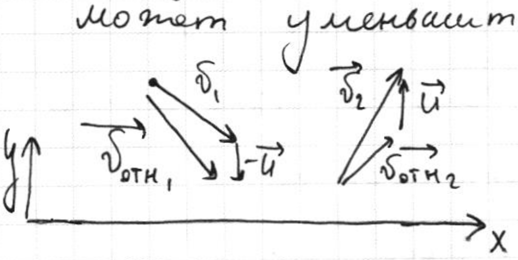
№1)



1) Т.к. плита массивная, то СО „плиты" ≈ ИСО, так что перейдём в неё.

Т.к удар неупругий, то есть остаточные деформации и нельзя сказать, что в СО „плиты" шарик симметрично отразится, как это случается при упругом ударе, однако, т.к. пов-ть плиты гладкая и мы пренебрегаем действием силы тяжести в момент столкновения, то по оси вдоль пов-ти плиты ~~не будет~~ на шарик не будут действовать силы => импульс на это ось сохранится: $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} =$
$= \cancel{18}^{2} \frac{м}{с} \cdot \frac{2}{\cancel{3}} \cdot \frac{5}{\cancel{3}} = 20 \frac{м}{с}$; Ответ пункт 1) $v_2 = 20 \frac{м}{с}$.

2) горизонтальная сост. скорости сохр-ся, но вертикальная может уменьшиться (удар неупругий):



$\vec{v}_{отн1}$ – скорость шарика отн-но плиты до удара

$\vec{v}_{отн2}$ – скорость шарика отн-но плиты после удара.

$|\vec{v}_{отн2}| < |\vec{v}_{отн1}| \longrightarrow$ т.к. $v_{отн1x} = v_{отн2x} \Rightarrow |v_{отн1y}| > |v_{отн2y}| \Rightarrow$

часть энергии теряется

2) в начальный момент: Менд.-Клапейрон:

$$\left.\begin{aligned} pV_{Ar_0} &= \nu R T_1 \\ pV_{Kr_0} &= \nu R T_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \cancel{\frac{V_{Kr_0}}{V_{Ar}}}\ \frac{V_{Ar_0}}{V_{Kr_0}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320K}{400K} = \frac{4}{5} = \underline{0{,}8}$$

Ответ п. 1) $\frac{V_{Ar_0}}{V_{Kr_0}} = 0{,}8$ (V_{Ar_0} – нач. объём Ar
V_{Kr_0} – нач. объём Kr)

3) Пусть $T_{уст}$ – уст-ея темп-ра в сосуде.
Т.к сосуд теплоизолирован, $Q_{сист} = 0 \Rightarrow$

$\Delta U_{Ar} + \Delta U_{Kr} + A_{Ar} + A_{Kr} = 0$, но т.к. газы связаны одним поршнем $\Rightarrow A_{Ar} + A_{Kr} = 0$ (работы газа и над газом прот-ны, $A_{Ar} = -A_{Kr}$)

тогда $\Delta U_{Ar} + \Delta U_{Kr} = 0$

$$\left.\begin{aligned} \Delta U_{Ar} &= \frac{3}{2}\nu R(T_{уст} - T_1) \\ \Delta U_{Kr} &= \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_{уст} - T_2) \end{aligned}\right\} \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_{уст} - T_1 + T_{уст} - T_2) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2T_{уст} = T_1 + T_2$$

$$T_{уст} = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$T_{уст} = \frac{400K + 320K}{2} = \underline{360K}.$$

Ответ п.2) $T_{уст} = 360K$.

4) $Q_{Kr-Ar} = Q_{Ar} = A_{Ar} + \Delta U_{Ar}$; тепло, что получил аргон извне, это и есть тепло, что передал ему криптон, ведь больше его (тепло) было взять неоткуда (сосуд теплоизол-н);
т.к ν у газов одинаковые, то при равных $T_{уст}$ $pV_{Ar} = pV_{Kr}$, ~~р~~ давления газов равны $\Rightarrow$ поршень в конце будет посередине сосуда.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\underbrace{v_1\cos\alpha + u}_{|v_{отн1y}|} > \underbrace{v_2\cos\beta - u}_{|v_{отн2y}|} \Rightarrow 2u > v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha;$$

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

$$u > \frac{20\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5} - 18\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = 8\frac{м}{с} - 3\sqrt{5}\frac{м}{с} \approx 1{,}8\frac{м}{с}$$

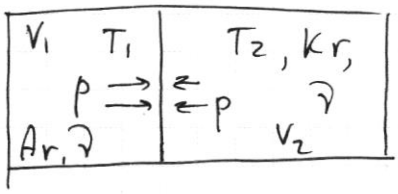
~~Ответ п.2) $u > (8-3\sqrt{5})\frac{м}{с} \approx 1{,}8\frac{м}{с}$.~~

Ясно также, что отн-ная скорость не может быть отрицательной (шарик ~~пр~~. не проходит сквозь плиту), значит

$$|v_{отн2y}| \geq 0 \to v_2\cos\beta - u \geq 0 \Rightarrow u \leq v_2\cos\beta = 20\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5} = 16\frac{м}{с}$$

Ответ п.2) $(8-3\sqrt{5})\frac{м}{с} < u \leq 16\frac{м}{с}$; $\approx 1{,}8\frac{м}{с}$

№2)



1) Т.к. поршень движется медленно, можно считать, что силы, действ-ие на него скомпенсированы, т.е. давление Ar и Kr равны в ∀ момент времени. Кроме того, т.к. темп. выр-ся медленно, то небольшое ув-е темп-ры за малый пром-ок времени идёт на ув-е p, что приводит к изм-ю объёмов, и давление возвр-ся к своему изначальному знач-ю ⇒ считаем, что ~~два~~ давления газов не изм-ся (для пункта 3)

Тогда $\Delta V_{Ar} = \frac{V_0}{2} - V_{Ar_0}$;

V_0 — объём сосуда, т.к. $V_{Ar_0} + V_{кр_0} = V_0$ и

$V_{кр_0} = V_{Ar_0}\cdot\frac{5}{4} \Rightarrow V_{Ar_0}\left(1+\frac{5}{4}\right) = V_0 \Rightarrow V_{Ar_0}\cdot\frac{9}{4} = V_0; \Rightarrow$

$V_{Ar_0} = \frac{4}{9}V_0 \Rightarrow \underline{\Delta V_{Ar}} = \frac{V_0}{2} - \frac{4}{9}V_0 = V_0\cdot\left(\frac{1}{2} - \frac{4}{9}\right) = \underline{\frac{1}{18}V_0}$.

$pV_{Ar_0} = \nu R T_1 = p\cdot\frac{4}{9}V_0$;

Тогда $A_{Ar} = p\Delta V_{Ar} = p\cdot\frac{1}{18}V_0 = \frac{\nu R T_1\cdot 9}{4}\cdot\frac{1}{18} = \frac{\nu R T_1}{8}$,

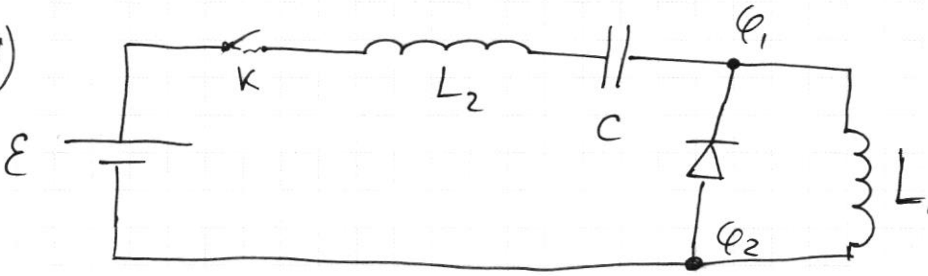
$=$ ~~$\frac{3}{5}$ моль $\cdot$ 8,31~~ $Q_{Ar} = \frac{\nu R T_1}{8} + \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_{уст} - T_1) =$

$= \nu R\cdot\left(\underbrace{\frac{T_1}{8} + \frac{3}{2}T_{уст} - \frac{3}{2}T_1}_{40K + 540K - 480K = \underline{100K}}\right) = \frac{3}{5}\text{моль}\cdot 8{,}31\,\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot 100K = \underline{498{,}6\ Дж}$.

Ответ п3) $Q_{Ar} = Q_{кр\to Ar} = 498{,}6$ Дж.

№ 4)

$L_1 = 5L$
$L_2 = 4L$
C



1) D идеальный $\Rightarrow U_D = 0$. Заметим, что пока ток течёт по контуру по часовой стрелке ($q_C \nearrow \Rightarrow dq_C > 0$) и пока он увеличивается, на катушке L_1 падает напряжение в сторону протекания тока, т.е. $\varphi_1 - \varphi_2 = U_{L_1} > 0$ $\Rightarrow \varphi_1 > \varphi_2 \Rightarrow$ диод закрыт.;

2) как только ток через L_1 начнёт уменьшаться диод ~~закро~~ откроется и $U_{L_1} = 0 \Rightarrow \frac{dI_{L_1}}{dt} = 0$, т.е. ~~катушка~~ без

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.е. катушка L_1 с диодом будут эквивалентны обычному проводу: цепь будет состоять из $\mathcal{E}$, L_2, C, до тех пор, пока ток в катушке L_1 не начнёт меняться так, что $\varphi_1 - \varphi_2 > 0$; таким образом, колебания будут сменять друг друга: с катушкой L_1 и без неё. Причём колебания в контуре с катушкой L_1 и L_2 экв-ны колебаниям в контуре с кат-ой $L_{экв} = L_1 + L_2$:

т.к. Кирхгоф: $\mathcal{E} = \underbrace{(L_1+L_2)}_{(L_{экв})} \ddot{q}_C + \frac{q_C}{C}$

$$\begin{cases} q_C(t) = \mathcal{E}C - \mathcal{E}C\cdot\cos(\omega_1 t) \\ \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{C\cdot(L_1+L_2)}} \rightarrow T_1 = 2\pi\sqrt{C\cdot(L_1+L_2)}; \end{cases}$$

L_1+L_2:

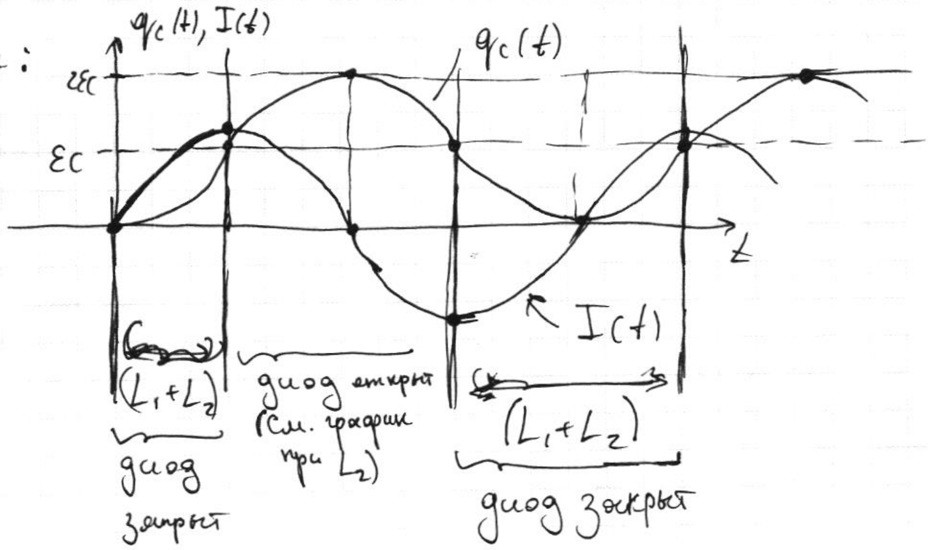
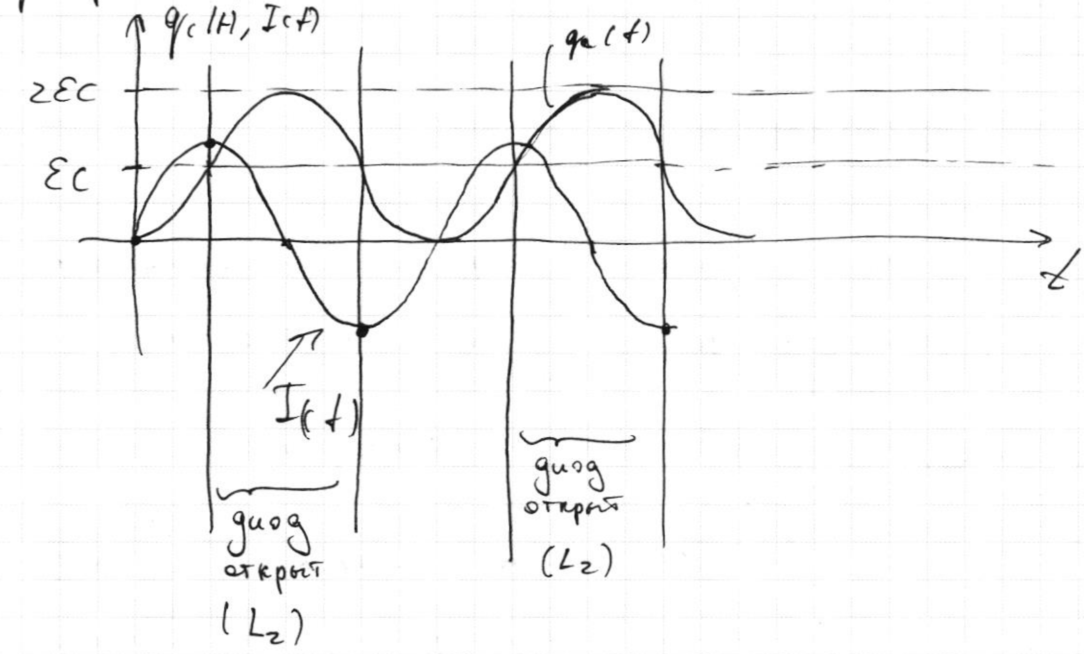


график при L_2 : $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL_2}}$; $T_2 = 2\pi\sqrt{CL_2}$



В итоге имеем: т.к. колебания заряда на конд-ре не зависят от инд-ти катушки (ек),

⇒ будут меняться лишь периоды и амплитуды токов: итоговый период будет равен:

$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$; (пол-периода диод открыт, пол-периода закрыт)

$$T = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)} + \pi\sqrt{CL_2} = \pi\sqrt{C}\cdot(\underbrace{\sqrt{9L} + \sqrt{4L}}_{\substack{3\sqrt{L}+2\sqrt{L} \\ \shortparallel \\ 5\sqrt{L}}}) = \underline{\pi\sqrt{LC}\cdot 5}.$$

Ответ п. 1) $T = 5\pi\sqrt{LC}$.

3) через катушку L_1 во время колебаний протекает макс. ток $I_{01} = \mathcal{E}\cdot C\cdot\omega_1 = \mathcal{E}C\cdot\frac{1}{\sqrt{C\cdot 9L}} = \frac{\mathcal{E}C}{3\sqrt{LC}} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

(т.к. $q_c'(t) = I_c(t) = I_{L_1}(t) = \mathcal{E}C\omega_1\sin(\omega_1 t)$); Во время, пока диод ~~Он~~ ток течет открыт, $U_{L_1} = 0 \Rightarrow I_{L_1} - const$.

Ответ п.2) $I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

4) Катушка L_2 уч-ет в колебаниях с L_1 и в собств-ых кол-ях; при колебаниях собственных: ~~$I_{L_2 max}$~~ В момент, когда на катушке L_2 max сила тока, $\underline{U_{L_2}=0}$, и на L_1 тоже: $U_{L_1}=0$, т.е. $\boxed{U_{C_0}=\mathcal{E}}$;

Тогда, т.к. во время ~~закр~~ открытого диода ток через L_1 не изм-ся, не изм-ся и энергия катушки L_1: $W_{L_1}=W_{L_2}$ =>

сразу после ~~зак~~ откр-я диода: $I_{L_2}=I_{01}$; $U_C=C\mathcal{E}$,

в момент, когда ~~$L_2=L_{02}$~~, $I_{L_2}=I_{02}$, $U_C=U_{C_0}=\mathcal{E}$

Аналогично, с пунктом 3 $I_{02}=\mathcal{E}C\cdot\omega_2=$

$$=\mathcal{E}C\cdot\frac{1}{\sqrt{C\cdot 4L}}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}>\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}} \Rightarrow I_{02}>I_{01}$$

Ответ п3) $\underline{I_{02}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}}$.

(См. продолжение работы на след. стр-це)

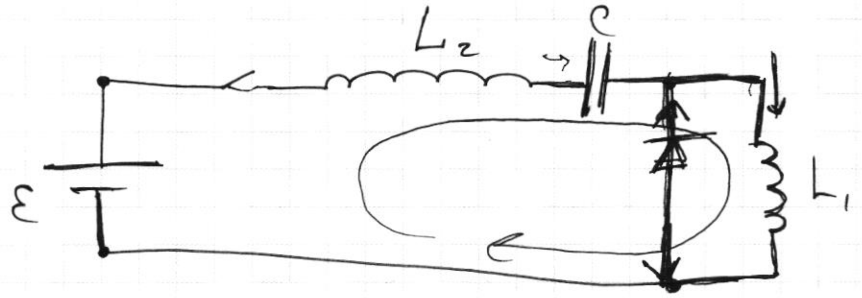
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mathcal{E} = U_{L_2} + U_C + \overset{1^\circ}{\widehat{U_{L_1}}}$$

если $U_{L_1} \geq 0$, то $U_{L_1} = 0$

$$\mathcal{E} = L_2 \frac{dI_2}{dt} + \frac{q_C}{C} + L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$dI_1 > 0 \Rightarrow$

$dq_C \geq 0$

$$I_2 = \frac{dq_C}{dt}$$

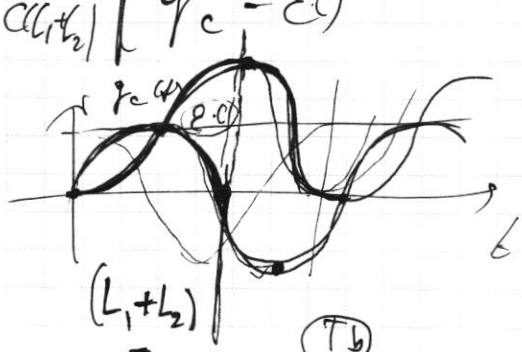
$$1) \mathcal{E} = L_2 \ddot{q}_C + \frac{q_C}{C} + L_1 \ddot{q}_C ;$$

$$\cancel{(L_1+L_2)} \ddot{q}_C + \frac{q_C}{C(L_1+L_2)} = \frac{\mathcal{E}}{(L_1+L_2)};$$

$$\ddot{q}_C + \frac{q_C}{C(L_1+L_2)} = \frac{\mathcal{E}}{(L_1+L_2)}$$

$$\frac{1}{C(L_1+L_2)}(\overbrace{q_C - \mathcal{E}C}^{y})$$

$$\ddot{y} + \frac{1}{C(L_1+L_2)} \cdot y = 0$$



(L_1+L_2)

$\left(\frac{I}{2}\right)$

T_b

$$q_C(t) - \mathcal{E}C = y(t) = A\sin\omega t + B\cos\omega t$$

$$q_C(t) = \mathcal{E}C + A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$$

$$q_C(0) = 0 = \mathcal{E} + B \Rightarrow B = -\mathcal{E}$$

$$I_C(0) = 0 = A = 0.37$$

$$\boxed{q_C(t) = \mathcal{E}C - \mathcal{E}C \cdot \cos(\omega t)}$$

$$\boxed{q_0\omega = I_m}$$

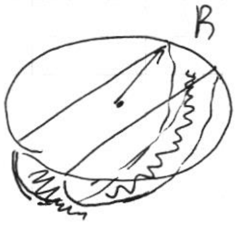
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

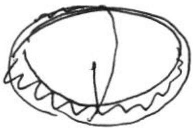
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\rightarrow$



; $\Omega_x = \frac{S_x}{R^2}$;

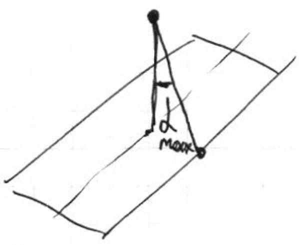
$\Delta S_1 = 2\pi r(x)\cdot R\,d\alpha$; $r(x) = R\cos\alpha \Rightarrow$

$\Delta S_1 = 2\pi R^2\cos\alpha\,d\alpha \Rightarrow S_x = \int_0^{\alpha_{max}} 2\pi R^2\cos\alpha\,d\alpha = 2\pi R^2\sin\alpha\Big|_0^{\alpha_m} =$

$= \underline{2\pi R^2\sin\alpha_{max}}$

$\Rightarrow \underline{\Omega_x = 2\pi\sin\alpha_{max}}$

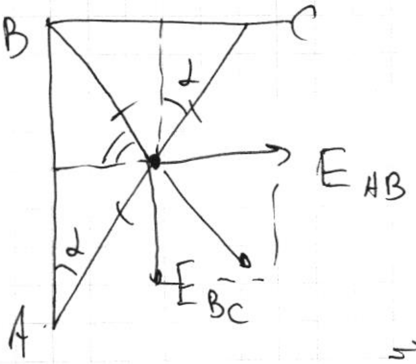
α_{max}:



Тогда: $E_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sigma\int\Delta\Omega =$

$= \frac{1}{\cancel{4}_2\cancel{\pi}\varepsilon_0}\sigma\cdot\cancel{2\pi}\sin\alpha_{max} =$

$= \underline{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sin\alpha_{max}}$;



$E_{AB} = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sigma_2\cdot\sin(\frac{\pi}{2}-\alpha)$ $\cos\alpha$

$E_{BC} = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sigma_1\cdot\cancel{\sin(\frac{\pi}{2}-\alpha)}$ $\sin\alpha$ $\cancel{\cos\alpha}$

$\Rightarrow E_{общ} = E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \cancel{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{\frac{4}{49}\sin^2\alpha+\cos^2\alpha}} =$

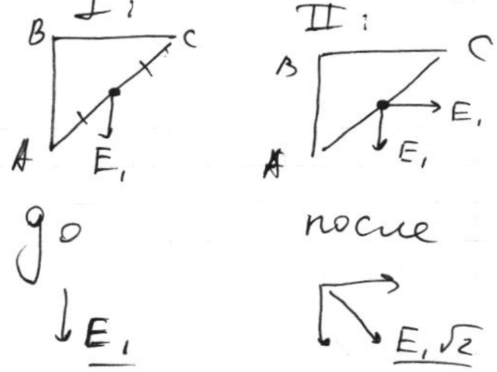
$= \cancel{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1-\frac{45}{49}\sin^2\alpha} \approx \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1-\frac{45}{49}\cdot\frac{1}{9}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{\frac{44}{49}}}$

$\cancel{\sin\alpha\approx\alpha}$

$\cancel{\sin^2\alpha\approx\alpha^2 = \frac{\pi^2}{81}}$; $\cancel{т.к.\ \pi\approx3 \Rightarrow \frac{\pi^2}{81}\approx\frac{1}{9}}$ = (См. на след. стр.)

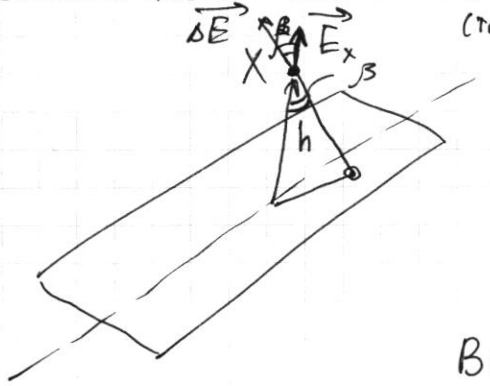
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3) 1) при угле $\angle = \frac{\pi}{4}$, картина симм-на, ведь $BC = AB$, тогда:
т.е. напр-ти от AB и BC равны и напр-ны перпенд-но от пластин (из симм-ии)



Ответ п.1) в $\sqrt{2}$ раз.
$\approx 1{,}41$

2) найдём напр-ть на расст-ии h от бесконечной полоски (на её оси симметрии):
(точка X)



Из симметрии, суммарная напр-ть будет напр-на $\perp$ пл-ти полоски.

Выберем маленькую площадку пл-ю: ΔS; она созд-т напр-ть $\Delta E = \frac{k \Delta S \sigma}{r^2}$; в пр-ии на ось, $\perp$ пл-ти пластины:

$$\Delta E \cos\beta = \frac{k\sigma}{r^2} \cdot \Delta S \cos\beta = \frac{k\sigma}{r^2} \cdot \Delta S_n = k\sigma \Delta\Omega$$

норм. сост. площади — телесный угол.

Тогда $E_x = k\sigma \int \Delta\Omega$;
найдём телесный угол, под которым видна данная полоска:

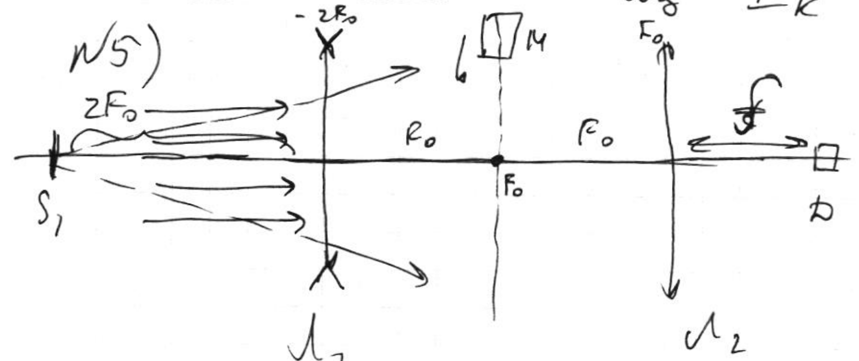
$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{\frac{4}{49}\cos^2\alpha + \sin^2\alpha} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sqrt{\frac{4}{49} + \sin^2\alpha\left(1-\frac{4}{49}\right)}$;

$\sin\alpha \approx \alpha$ (т.к. $\alpha = \frac{\pi}{9}$ - малый) $\Rightarrow \sin\alpha \approx \frac{\pi}{9} \approx \frac{1}{3}$,

Тогда $E_к = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sqrt{\frac{4}{49} + \frac{1}{9}\left(\frac{45}{49}\right)} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{\frac{9}{49}} = \frac{3\sigma}{14\varepsilon_0}$;

Ответ п.2) $E_{общ} = E_к = \frac{3\sigma}{14\varepsilon_0}$.

№5)



1) пар-ый пучок лучей выйдет, будто из точки S_1, нах-ся на расст-ии $2F_0$ от $Л_1$ - (слева).

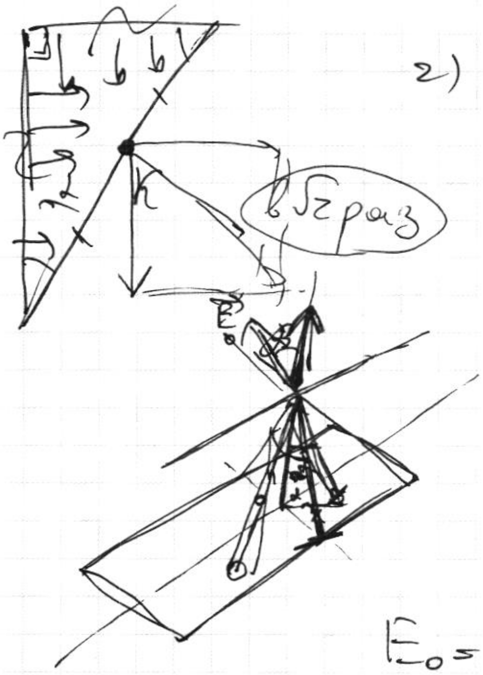
теперь S_1 - ист-к света для $Л_2$, и $d = 2F_0 + 2F_0 = 4F_0$;
(d - расст-ие от S_1 (предмета) до $Л_2$)

Тогда: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0} = \frac{1}{F_0}\cdot\frac{3}{4} \Rightarrow f = \frac{4}{3}F_0 \Leftarrow$ там фокусир-ся лучи, там и нах-ся детектор

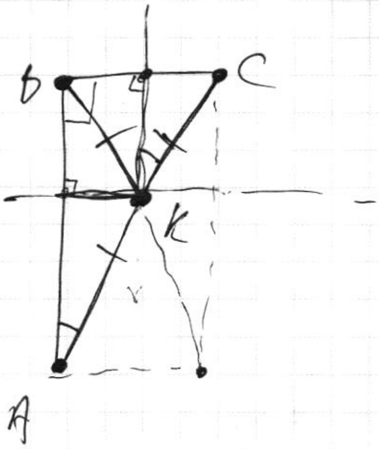
Ответ п.1)
$$f = \frac{4}{3}F_0.$$

2) Пусть ~~д~~ диаметр $M = X$, тогда если M ~~за~~ закрывает свет всем своим диаметром, то мощность ум-ся в $\frac{D}{D-x}$ раз; $\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{16}{7} = \frac{D}{D-x}$;
$\Rightarrow 16D - 16x = 7D \Rightarrow 16x = 9D \Rightarrow \boxed{x = \frac{9}{16}D}$;

1)

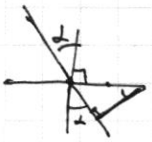


2)



$E_0 \cos\alpha$

$E_{0_{c\alpha}} = \frac{kq}{r^2 c\alpha} = \boxed{\frac{k\cdot\delta\sigma\,\Delta S}{r^2}\cos\alpha} =$



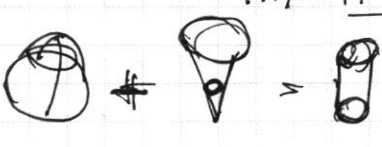
$r^2 = h^2 + x^2$ $\qquad = \boxed{\frac{k\sigma\,\Delta S\cos^3\alpha}{h^2}}$

$r\cos\alpha = h$

$\boxed{\frac{\Delta S_n}{r^2} = \Delta\Omega}$ $\qquad \frac{k\sigma}{h^2}\cdot\Delta\Omega\cdot r^2\cos^2\alpha = \boxed{k\sigma\cdot\Delta\Omega}$

$\boxed{k\sigma\int\Delta\Omega}$ $\quad 2\pi r(x)\cdot R\,d\alpha \quad \int 2\pi R^2\cos\alpha\,d\alpha$

$r^2(x) = R^2 - x^2$;

 $= 2\pi R^2\boxed{\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos\alpha\,d\alpha} = \boxed{2\pi R^2}(\sin\alpha)\Big|_0^{\frac{\pi}{2}}$

S

$2\pi R^2\cdot\left(\sin\frac{\pi}{9} - 0\right)$

$\frac{4}{49} + \frac{\pi^2}{\cancel{81}_{9}}\cdot\frac{\cancel{45}^{5}}{49}$

$\frac{\pi^2}{81} + \frac{4}{49}\left(1-\frac{\pi^2}{81}\right)$

$\| \; k^2\sigma^2 4\pi^2\left(s^2\frac{\pi}{9} + \frac{4}{49}\cos^2\frac{\pi}{9}\right)$

1) $k\sigma_1\, 2\pi\sin\frac{\pi}{9} = k\sigma\, 2\pi\sin\frac{\pi}{9}$

2) $k\sigma_2\cdot 2\pi\cdot\cos\frac{\pi}{9} = k\frac{2\sigma}{7}\,2\pi\cos\frac{\pi}{9}$

$\frac{1}{4\cdot\cancel{16\pi^2}\varepsilon_0^2}\cdot\sigma^2\cdot\cancel{4\pi^2}\left(\frac{4}{49}+\frac{\pi^2\cdot5}{9\cdot49}\right) = \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}\cdot\frac{1}{49}\left(4+\frac{5}{9}\pi^2\right)$

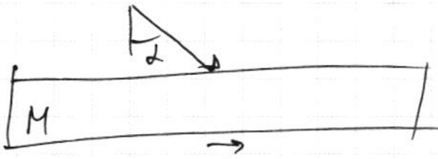
$\boxed{\frac{\sigma^2\cdot 9}{4\cdot49\,\varepsilon_0^2}}$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

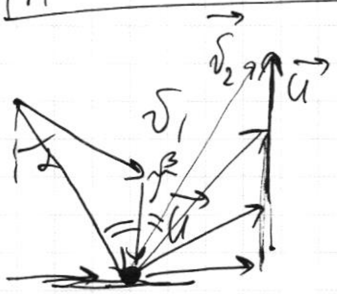
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1) 20.



$c_\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

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



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

1) $\boxed{v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}}$; $= 18\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{5}{3} = \boxed{20 \text{ м/с}}$

2) $\cancel{M}u - m v_1\cos\alpha = m v_2 \cos\beta + M(\cancel{u}-\Delta u);$

$-M\Delta u$

$v_1\cos\alpha + 2u = v_2\cos\beta;$

$2,1$
9
$6,3$

$\boxed{\Delta u \to 0}$

$\vec{v}_{1\,отн} = \vec{v_1} - \vec{u}$

$\vec{v}_{2\,отн} = \vec{v_2} - \vec{u};$

$160\cdot 3 = 300+180$
480

$831\cdot 3$
$24{,}93 \mid 5$
$4{,}98{,}6$

$\vec{N}\Delta t = \Delta\vec{p} = m(\vec{v_2}-\vec{u}) - m(\vec{v_1}-\vec{u});$

$\vec{N}\Delta t = m(\vec{v_2}-\vec{v_1});$

$180\cdot 3 = 300+240$
540

$\boxed{p\,dV + V\,dp = \nu R\,dT};$

$p\,dV + \frac{3}{2}\nu R\,dT = \delta Q;$

$\begin{cases} pV_1 = \nu RT' \\ pV_2 = \nu RT' \end{cases}$; $V_1 = V_2$;

$\boxed{\int \frac{\nu RT}{V}\,dV}$

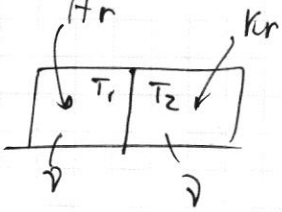
$v_1\cos\alpha + u \geq v_2\cos\beta - u$

$\boxed{2u \geq v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}$

$\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T')$
$= \frac{3}{2}\nu R(T' - T_1)$

$\frac{T_1+T_2}{2}$;

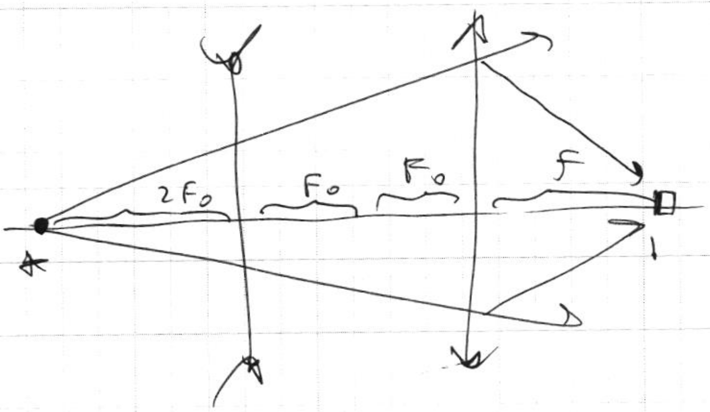
№2)



$\begin{cases} p_1V_1 = \nu RT_1 \\ p_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases}$

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

В сист. $Q = 0 \Rightarrow$
$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0;$


2F₀
F₀
F₀
f

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

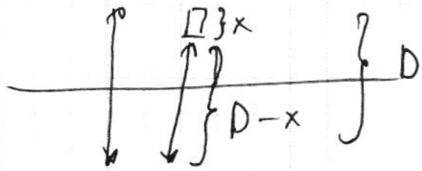
М перемещ-ся на расст-е x за время τ_0,

значит $v_м \cdot \cancel{t}\, \tau_0 = x$;

$$v_м = \frac{x}{\tau_0} = \boxed{\frac{9}{16}\cdot\frac{D}{\tau_0}}$$

Ответ п.2) $v_м = \frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}$;

3) $v_м \cdot (t_1 - \tau_0) = D - x$;



$$t_1 - \tau_0 = \frac{D-x}{v_м} = \frac{D - \frac{9}{16}D}{v_м} =$$

$$= \frac{7}{\cancel{16}}\cdot\frac{\cancel{D}\cdot\cancel{16}}{9\,\cancel{D}}\tau_0 = \frac{7}{9}\tau_0 \Rightarrow t_1 = \tau_0 + \frac{7}{9}\tau_0 = \frac{16}{9}\tau_0$$

Ответ п.3) $t_1 = \frac{16}{9}\tau_0$.