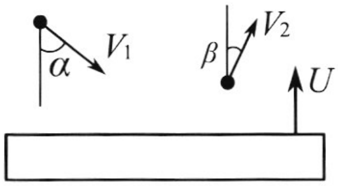
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-04**

Шифр
(заполняется секретарём)

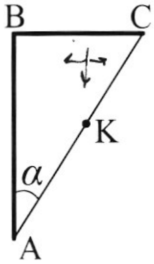
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha=\dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик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

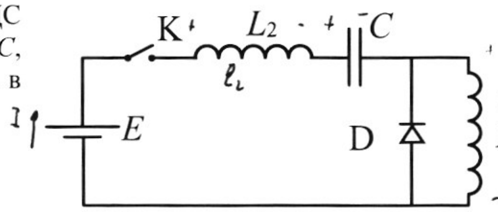
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 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.



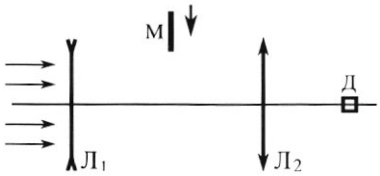
1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
2) Пластины BC и AB заряжены положительно 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.

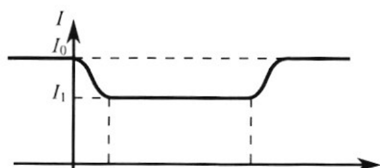
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

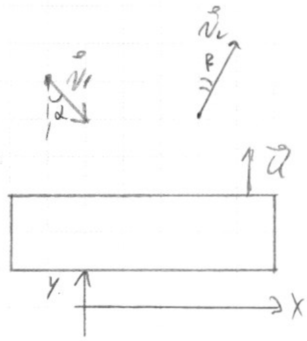
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



Т.к. удар быстрый, то по оси OX импульс и, соответственно, скорость шарика не изменялась $\Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{10}{9} v_1 = \frac{10}{9} \cdot 18 = 20$ м/с.

Относительно плиты, скорость шарика по OY не будет меняться по модулю, а только по направлению.

Случай I; шарик летит к плите.

$v_{отн1} = v_1 \cos\alpha + u$, где $v_{отн1}$ – скорость шарика относительно плиты до удара.

$v_{отн2} = v_2 \cos\beta - u$, $v_{отн2}$ – V шарика относительно плиты после удара.

$v_{отн1} = v_{отн2}$. $\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$.

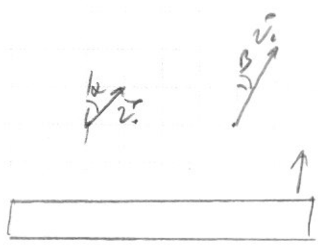
$v_1 \cos\alpha + 2u = v_2 \cos\beta$. $\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$.

$u = \frac{1}{2}(v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha) = \frac{1}{2}\left(20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}\right) = \frac{1}{2}(16 - 6\sqrt{5}) = 8 - 3\sqrt{5}$ м/с.

($\sqrt{5} < 2{,}3 \Rightarrow 3\sqrt{5} < 8 \Rightarrow u > 0 \Rightarrow$ подходит).

Случай II, если шарик летит от плиты.

$v_{отн1-2}, v_{отн2-2}$ – скорость до и после удара относительно плиты, во втором случае.



$v_{отн1-2} = u - v_1 \cos\alpha$

$v_{отн2-2} = v_2 \cos\beta - u$.

$u - v_1 \cos\alpha = v_2 \cos\beta - u$.

$u = \frac{1}{2}(v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta) = \frac{1}{2}\left(18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + 20 \cdot \frac{4}{5}\right) = 8 + 3\sqrt{5}$

В этом случае $v_1 \cos\alpha < u$, чтобы плита могла догнать шар.

$\sqrt{5} < 2{,}3 \Rightarrow$ если взять $\sqrt{5}$ подставить 2,3, то $8 + 6{,}9 = 14{,}9 > 18 \frac{\sqrt{5}}{3}$ ~~подходит~~ $6 \cdot \sqrt{5} \approx 13{,}4$, то

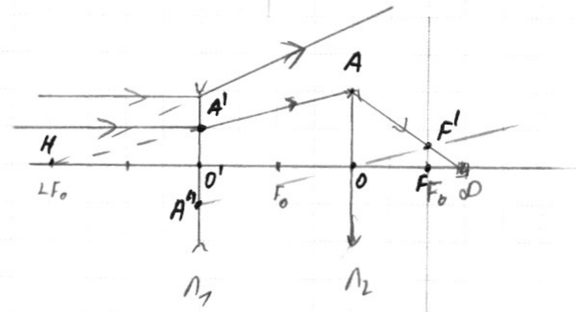
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

плита догонит мяч => подхерит.

Ответ: 1) $v_2 = 20$ м/с 2) $u = (8 - 3\sqrt{5})$ м/с

$u = (8 + 3\sqrt{5})$ м/с.

№5



Рассмотрим предельный луч, попадающий в край собирающ. линзы.

Продолжение этого луча должно попадать $2F_0$ за $Л_1$, т.к. она рассеивающая.

$\Delta AHO \sim \Delta A'HO'$ по построению =>

$$=> \frac{A'O'}{HO'} = \frac{AO}{HO} => \frac{A'O'}{2F_0} = \frac{\frac{D}{2}}{4F_0} => A'O' = \frac{D}{4}.$$

Луч, выходящий из A, пройдёт через F', являющуюся точкой пересечения фокальной плоскости и прямой, параллельной входящему лучу и проходящей через оптический центр. Т.к. прямую сместили на $\frac{D}{2}$ вниз, то расстояние от O' до A'' равно $\frac{D}{2} - \frac{D}{4} = \frac{D}{4}$.

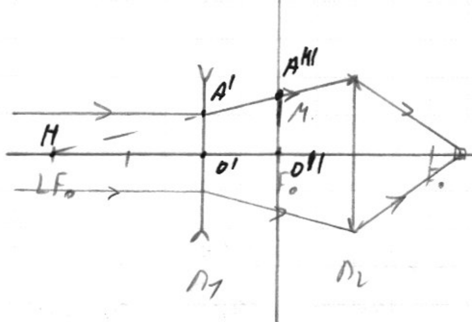
$\Delta OO'A'' \sim \Delta OF'F => \frac{F'F}{F_0} = \frac{A''O'}{2F_0} => FF' = \frac{D}{8}.$

$\Delta \mathcal{D}F'F \sim \Delta \mathcal{D}AO => \frac{\mathcal{D}O}{\mathcal{D}F} = \frac{AO}{F'F}$ $\quad 1 + \frac{F_0}{\mathcal{D}F} = \frac{\frac{D_0}{2}}{\frac{D_0}{8}}$

$\mathcal{D}O = \mathcal{D}F + F_0.$

$1 + \frac{F_0}{DF} = 4. \quad \frac{F_0}{DF} = 3.$

$DF = \frac{F_0}{3}. => DO = \frac{4}{3}F_0$



Т.к. в источнике I пропорционален интенсивности потока пропорционального площади.

Пусть начальная площадь светового потока в плоскости α, проходящей через M и параллельной $Л_1$ и $Л_2$ является S_0.

Площадь мишени: $S_м$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда, по пропорциональности площадей:

$\frac{S_0-S_м}{S_0}=\frac{7}{16} \Rightarrow S_0-S_м=\frac{7}{16}S_0$ $S_м=\frac{9}{16}S_0$, т.к. мишень круглая, то $S_м=\pi R_м^2$, где $R_м$ – радиус мишени.

R_0 – радиус светового потока в 2 =>

$\Rightarrow R_м=\frac{3}{4}R_0$.

$\Delta A'''HO'' \sim \Delta A'HO' \Rightarrow \frac{A'O'}{A'''O''}=\frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow A'''O''=\frac{3}{2}\cdot\frac{D}{4}$.

$A'''O''=R_0=\frac{3}{8}D \Rightarrow$

$\Rightarrow R_м=\frac{3}{4}\cdot\frac{3}{8}D=\frac{9}{32}D$.

За время τ мишень полностью заехала в световой поток => за τ она прошла $2R_м$ => скорость мишени

$V=\frac{\frac{9}{16}D}{\tau_0}=\frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}$

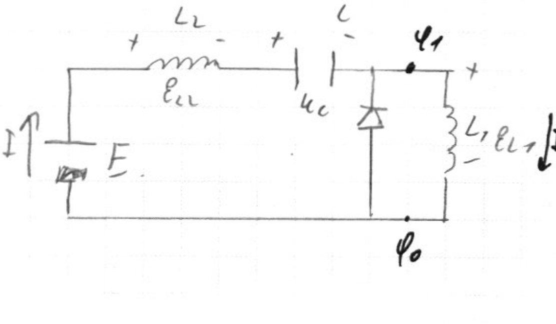
За время $(t_1-\tau_0)$ мишень своим нижним краем дошла до границы светового потока =>

=> прошла: $2R_0-2R_м$. $\Rightarrow t_1-\tau_0=\frac{2R_0-2R_м}{V}=\frac{\frac{3}{4}D-\frac{9}{16}D}{\frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}}=\frac{\frac{3}{16}}{\frac{9}{16}}\tau_0=$

$=\frac{1}{3}\tau_0 \Rightarrow t_1=1\frac{1}{3}\tau_0$.

Ответ: 1) $\frac{4}{3}F_0$ 2) $\frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}$ 3) $1\frac{1}{3}\tau_0$.

№4.



В начальный момент времени диод закрыт, т.к. $\varphi_1>\varphi_0$, т.к. ток в L_1 направлен вниз конденсатор начинает заряжаться, его U_C растёт, $\mathcal{E}_{L_1}$ и $\mathcal{E}_{L_2}$ падают, ток растёт. Это происходит до момент $U_C = E$. В этот момент:

$W_1 = W_{L_1} + W_{L_2} + W_C = \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{E^2 C}{2} + \frac{L_2 I^2}{2}$ (т.к. цепь последовательна, по токи одинаковы)

В начальный момент времени:

$W_0 = E q_0$, где q_0 – заряд, пройденный через источник до момента описанного выше.

Заряд $C = q_0$ при $U_C = E \Rightarrow q_0 = CE$.

$W_1 = W_0$.

$L_1 I^2 + E^2 C + L_2 I^2 = 2E^2 C$. $I^2 (L_1 + L_2) = E^2 C$. $I^2 = \frac{E^2 C}{9L}$. $I = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

После этого ток продолжает течь в том же направлении, при этом уменьшаясь, т.к. U_C растёт. ~~Энер открываются~~ $\mathcal{E}$ катушек меняет направлени. и начинает расти от 0. Ток со временем уменьшается до 0. В этом случае.

$E + \mathcal{E}_{L_{1-2}} + \mathcal{E}_{L_{2-2}} = U_{C2}$ (по II-ому правилу Кирхгоффа).

$W_2 = \frac{U_{C2}^2 C}{2}$.

начальная энергия:

$W_{1-1} = E q_2 + \frac{U_C^2 C}{2} + \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2}$ q_2 – заряд нужный для разряда C до U_{C2}. с U_C.

$W_{1-1} = W_2$.

$\frac{(q_0 + q_2)^2}{2C} = E q_2 + \frac{q_0^2}{2C} + \frac{E^2 C}{2}$. $\cancel{\frac{q_0^2}{2C}} + \underbrace{\cancel{\frac{q_0 q_2}{C}}}_{E q_2} + \frac{q_2^2}{2C} = \cancel{E q_2} + \cancel{\frac{q_0^2}{2C}} + \frac{E^2 C}{2}$.

$\frac{q_2^2}{2C} = \frac{E^2 C}{2}$ $q_2^2 = E^2 C^2$ $q_2 = EC \Rightarrow U_{C2} = 2E$.

Эти процессы происходят за время, равное $\frac{1}{4} T_1$, где T_1 – период колебаний контура, состоящего из C, L_1 и L_2.

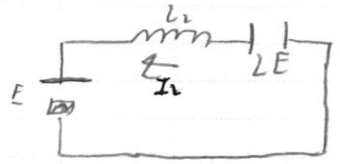
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} = 2\pi\sqrt{9LC} = 6\pi\sqrt{LC}$.

($\frac{1}{4}$ периода т.к. прошло время, нужное, чтобы U_C изменит от точки равновесия до максимума).

$t_1 = 1{,}5\pi\sqrt{LC}$.

После этого ток начинает течь в обратную сторону => выключается диод, катушка L_1 выключена из цепи (т.к. замкнута) и тогда ток через неё равен 0 => ток I, бывший максимумом цепи являлся максимальным в этой катушке, т.е. $I_1 = I$.



Ток начинает расти от 0 до I_2, максимального в этом случае. Найдём его:

$W_0 = \frac{C\cdot 4E^2}{2} = 2E^2C$.

$W_K = Eq_3 + \frac{I_2^2 L_2}{2} + \frac{E^2C}{2}$.

q_3 – ток прошедший через E, чтобы разрядить конденсатор до E, когда $\mathcal{E}_L$ станет равно 0. $q_3 = q_2 = q_0$.

$2E^2C = E^2C + \frac{I_2^2L_2}{2} + \frac{E^2C}{2}$.

$0{,}5E^2C = \frac{I_2^2L_2}{2}$ $\quad I_2^2L_2 = E^2C$. $\quad I_2^2 = \frac{E^2C}{4L}$ => $I_2 = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

I_2 является максимумом для L_2, т.к. дальше её ток будет падать, а прошлый максимум был.

I_1 и I_2

После этого конденсатор разряжается до 0 и таким образом система возвращается в исходное.

состояние. Второй этап прошёл за $\frac{1}{4}T_2$, где T_2 – период колебаний контура L_2C.

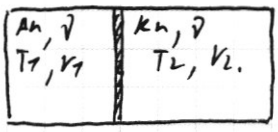
$T_2 = 2\pi\sqrt{4LC} = 4\pi\sqrt{LC} \Rightarrow t_2 = \frac{1}{4}T_2 = \pi\sqrt{LC}$.

Тогда полупериод колебаний всей цепи это:

$\frac{T}{2} = t_1 + t_2 = 2{,}5\pi\sqrt{LC} \Rightarrow T = 5\pi\sqrt{LC}$.

Ответ: 1) $T = 5\pi\sqrt{LC}$ 2) $I_1 = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$ 3) $I_2 = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

№2.



Т.к. поршень скользит без трения и система находится в механическом равновесии (т.е. поршень не двигается), то давления газов равны. $\Rightarrow$

$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ pV_2 = \nu RT_2 \end{cases}$ V_1, V_2 – объём Ar и Kr соответственно.

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{32}{40} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = 0{,}8$ $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}8$

При перемещении поршня один газ начнёт совершать работу над другим, при этом работы газа и над газом равны по модулю. (т.к. давления и ΔV одинаковы.)

Тогда:

$W_1 = U_1 + U_2$, где U_1 и U_2 начальные внутренние энергии Ar и Kr.

$W_2 = U_3 + U_4$ U_3, U_4 – конечные внут. эн.

$U_1 + U_2 = U_3 + U_4$.

$\cancel{1{,}5}\,\nu RT_1 + \cancel{1{,}5}\,\nu RT_2 = 2\cdot\cancel{1{,}5}\,\nu R\theta$, где θ – конечная темпер.

$T_1 + T_2 = 2\theta$ $\theta = \frac{320+400}{2} = 360K$.

Т.к. аргон получил внутреннюю энергию за счёт совершения над ним работы и за счёт теплопередачи через поршень, то:

$\Delta U_{Ar} = \Delta A_{кр} + Q_{порш.}$ $\Delta U_{кр} = \Delta A_{кр} + Q_{порш}$ $Q_{пор}$ – теплота прошедшая через поршень.

$\Downarrow$

$\Delta U_{Ar} = \Delta U_{кр.}$ => криптон

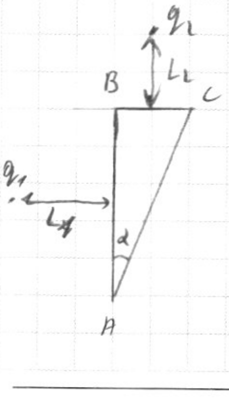
передал аргону теплоту, равную изменению своей внутренней энергии => $Q = 1{,}5\ \nu R\ (T_2 - \theta) = 1{,}5 \cdot \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot 40 =$
$= 8{,}31 \cdot 36 = 299{,}16$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}8$ 2) $\theta = 360$ K 3) $Q = 299{,}16$ Дж.

№3.

1) В случае, когда $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45°$: ΔABC – равнобедренный => => BK - биссектриса, относительно которой AB и BC симметричны => AB будет давать точно такое же воздействие как и только BC. => напряжённость в точке K конечная: $E_{к.к} = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0\sqrt{2}$, где E_0 - начальная напряжённость. => Напряжённость увеличивается в $\sqrt{2}$ раз.

2) Заменим пластины AB и BC на протяжённые заряды q_1 и q_2, равные ~~по модулю~~ заряду самих пластин и расположенных на расстоянии L_1 и L_2 соответственно. Заряды расположены по центру пластин (т.е. на перпендикуляре к нему).



Пусть площадь пластин BC = S, тогда площадь $S_{AB} = S\,ctg\,\alpha$ => $q_1 = \frac{2}{7}\sigma S\,ctg\,\alpha$; $q_2 = S\sigma$ =>

=> плотности зарядов на нити:

$\lambda_1 = \frac{2}{7}\sigma\, BC\, ctg\,\alpha$; $\lambda_2 = BC\,\sigma$

☐ 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

Вблизи пластин, по их центру напряженность равна $E_1 = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}$ и $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ для AB и BC соответственно.

=> нить ~~заряд~~ длинна создавать в этом месте такую же напряжённость. =>

$E_1 = E_{нити\,1}$ $\quad \frac{\sigma}{7\varepsilon_0} = \frac{2\varkappa_1}{4\pi\varepsilon_0 L_1^2}$ $\quad \frac{\sigma}{7} = \frac{\frac{2}{7}\sigma\, BC\, ctg\alpha}{4\pi L_1^2}$ $\quad L_1 = \sqrt{\frac{BC\, ctg\alpha}{2\pi}}$

$E_2 = E_{нити\,2}$. $\quad \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{2\sigma\, BC}{4\pi\varepsilon_0 L_2^2}$ $\quad L_2 = \sqrt{\frac{BC}{2\pi}}$ ~~и маленькая высота пластины.~~

Расстояния от K до AB и BC (l_1 и l_2 соответст.):

$l_1 = AK \sin\alpha$ $\quad l_2 = KC \cdot \sin(90° - \alpha)$ $\quad AK = KC$ =>

=> $l_2 = AK \cos\alpha$.

При этом: $BC = 2AK \sin\alpha$. => $AK = \frac{BC}{2\sin\alpha}$ =>

=> $l_1 = \frac{BC}{2}$; $l_2 = \frac{BC}{2} ctg\alpha$.

~~Напротив~~ Т.к. перпендикулярно рисунку плоскости бесконечны, то не будут проявляться краевые эффекты ~~(т.к. заряды q_1 и q_2 на самом деле представляют собой бесконечно большую нить.)~~

~~Рассмотрим тонкую пластину маленькой высоты~~

~~Н~~ Напряжённость в K от пластин AB:

$$E_{AB} = \frac{\varkappa_1}{4\pi\varepsilon_0 (L_1 + l_1)^2} = \frac{\frac{2}{7}\sigma\, BC\, ctg\alpha}{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{BC}{2} + \sqrt{\frac{BC\, ctg\alpha}{2\pi}}\right)^2} =$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

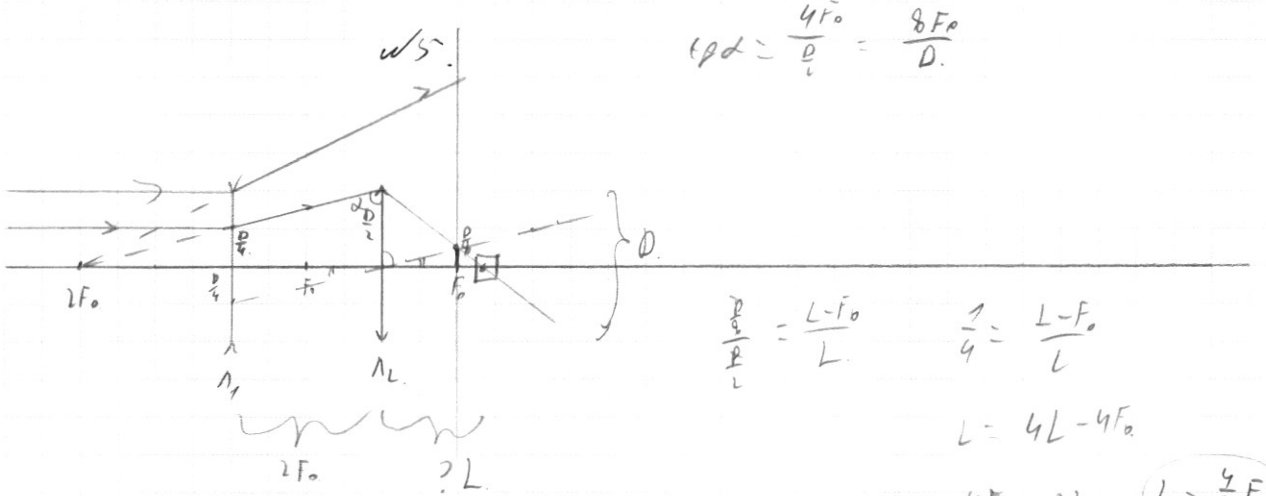
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

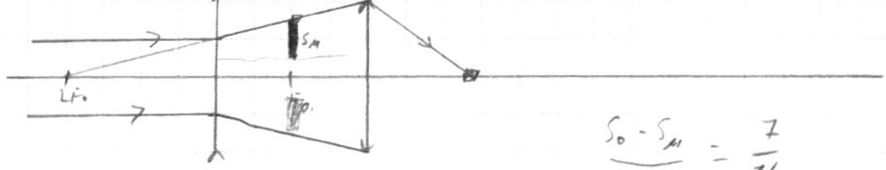


$tg\,\alpha = \frac{4F_0}{\frac{D}{2}} = \frac{8F_0}{D}$

$\frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{L}} = \frac{L-F_0}{L}$ $\qquad \frac{1}{4} = \frac{L-F_0}{L}$

$L = 4L - 4F_0$

$4F_0 = 3L$ $\qquad L = \frac{4}{3}F_0$



$\frac{S_0 - S_M}{S_0} = \frac{7}{16}$ $\qquad 1 - \frac{S_M}{S_0} = \frac{7}{16}$ $\qquad \frac{S_M}{S_0} = \frac{9}{16}$

$S_M = \frac{9}{16}S_0$

$\frac{R_0}{\frac{D}{4}} = \frac{3F_0}{4F_0}$ $\qquad R_0 = \frac{3}{4}D$ $\qquad \frac{\frac{D}{L} + \frac{D}{4}}{L} = \frac{3}{8}$

$R_M = \frac{3}{4}R_0$

$r_M = \frac{9}{16}D_0$

$v = \frac{\frac{9}{8}D}{\tau} = \frac{9}{8}\frac{D}{\tau}$

$\frac{3}{4} - \frac{9}{16} = \frac{12-9}{16} = \frac{3}{16}$

~~0,8~~ $8,31 \cdot 40$. ~~$\cdot 9 \cdot 4$~~ → 36.

$8,31 \times 36$.

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times\ 36 \\ \hline 4986 \\ 2493\ \ \\ \hline 299,16 \end{array}$$

☑ 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

№1.

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

~~$V_1\cos\alpha = V_2\sin\beta$~~

$V_1\sin\alpha = V_2\sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18\cdot\frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = 18\cdot\frac{10}{9} = 20$ м/с.

относительно плиты || скор. шарика const!

$\downarrow V_1\cos\alpha + u$ $\quad \uparrow V_2\cos\beta - u$

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

$20\cdot\frac{4}{5} = 18\cdot\frac{\sqrt5}{3} + 2u$

$u = \frac{16 - 6\sqrt5}{2}$

$u = 8 - 3\sqrt5$

V_0, u, V_2

$V_2 = 2u - 2$ ...

2,3 · 2,3 = 6,9 + 46 = 5,29; 2,2 · 2,2 = 44 + 44 = 4,84; 8 · 2,3 = 18,4; 3 · 2,3 = 6,9 + 13 = 19,9; 6 · 2,3 = 13,8

№2.

Ar, ν, T_1, p_1 | Kr, ν, T_2, p_2

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

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{32}{40} = \frac{8}{10} = 0{,}8$

$U_1 = 1{,}5\nu RT_1 \quad U_2 = 1{,}5\nu RT_2 \quad U_1 + U_2 = U_3$

$U_3 = 2\cdot 1{,}5\nu R\theta$

$T_1 + T_2 = 2\theta$

$\theta = \frac{720}{2} = 360K$

$\Delta U = 1{,}5\nu R(360-320)$

$Q = \Delta U + A$. $\quad A - ?$

$$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ pV_2 = \nu RT_2 \end{cases} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$p_1V_1 = \nu RT_1$, $\quad \frac{p_2V_2}{p_1V_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$2V_0$. $\quad V_1 = 0{,}8V_2$, $\quad V_1 + V_2 = 2V_0$. $\quad 1{,}8V_2 = 2V_0$

$V_2 = 1\frac{1}{9}V_0$

$V_1 = \frac{8}{9}V_0$

Ar, T_1, $\frac{8}{9}V_0$, p_0 | Kr, T_2

$A = p\Delta V$.

$pV = \nu RT$.

$p\Delta V = \nu R\Delta T$.

$$\begin{cases} \frac{8}{9}V_0\cdot p_0 = \frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot 320 \\ V_0\cdot p_2 = \frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot 360 \end{cases}$$

$\frac{8}{9}\frac{p_0}{p_2} = \frac{32}{36}$

$\frac{p_0}{p_2} = \frac{32}{36}\cdot\frac{9}{8}$ $\quad p_0 = p_2$.

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№9.

$qE = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{q^2}{2C} + \frac{L_1 I^2}{2}$

$\cancel{q'} E = L_2 \cancel{q'} q'' + \frac{1}{C}\cancel{q'} q'' + L_1 \cancel{q'} q''$

$I' = \frac{E}{L_2 + L_1 + \frac{1}{C}}$

$E = \mathcal{E}_2 + U_C + \mathcal{E}_1$

$E = L_2 I' + \frac{q}{C} + L_1 I'$

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

$E = U_C$. $C = \frac{q}{U}$. $q_1 = EC$

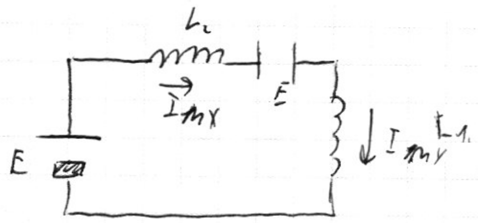
$W_0 = E^2 C$.

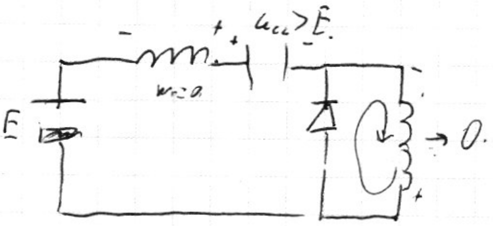
$W_K = W_L + \frac{E^2 C}{2}$. $W_L = \frac{E^2 C}{2}$.

$\frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2} = \frac{E^2 C}{2}$

$9 L I^2 = E^2 C$.

$I_{max} = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$





$W_0 = W_C + W_{L_2} + q_2 E$ $E + \mathcal{E}_L = U_{C2}$

$W_K = \cancel{} \; W_{C2}$.

$\cancel{\frac{E^2 C}{2}} + \frac{2 \cdot 8L \cdot \frac{E^2}{9}\cdot\frac{C}{L}}{2} + q_2 E = \frac{(q_1+q_2)^2}{2C} = \cancel{\frac{q_1^2}{2C}} + \frac{q_1 q_2}{C} + \frac{q_2^2}{2C}$

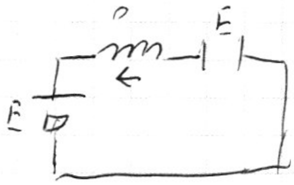
$\frac{2}{9}E^2 C + q_2 E = \frac{q_1 q_2}{C} + \frac{q_2^2}{2C}$.

$\frac{4}{9}E^2C^2 + \cancel{2 q_2 E C} = \cancel{2 q_1 q_2} + q_2^2$ $q_2 = \cancel{\pm}\frac{2}{3}EC$.

$q_C = \frac{5}{3}EC$.

$U_{C2} = \frac{5}{3}E$.

$\frac{25}{9}$
$2!$



$W_0 = \frac{\frac{25}{9}E^2 C}{2C}$

$W_K = \frac{E^2 C}{2} + \frac{2}{3}E^2 C + W_L$

$\frac{25}{18} - \frac{1}{2} - \frac{2}{3} = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$

$W_L = \frac{2}{9}E^2 C$. $I_{max} =$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

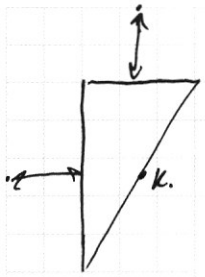
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

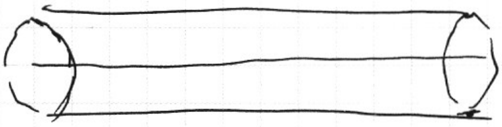
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)