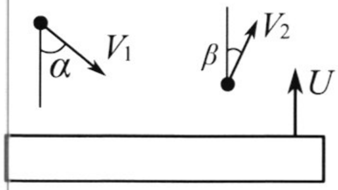
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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 $\alpha\left(\sin\alpha = \frac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \frac{1}{3}\right)$ 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.

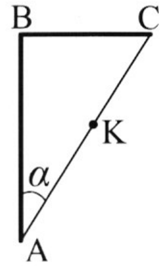
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия T_1 = 330 K, а неона T_2 = 440 K. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·K).

1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

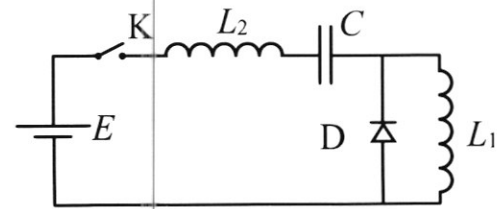
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

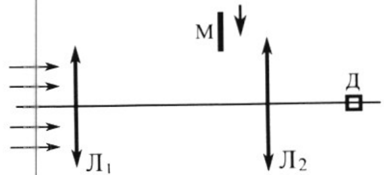


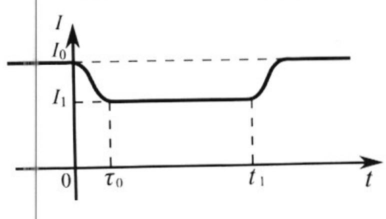
1) Найти период T этих колебаний.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

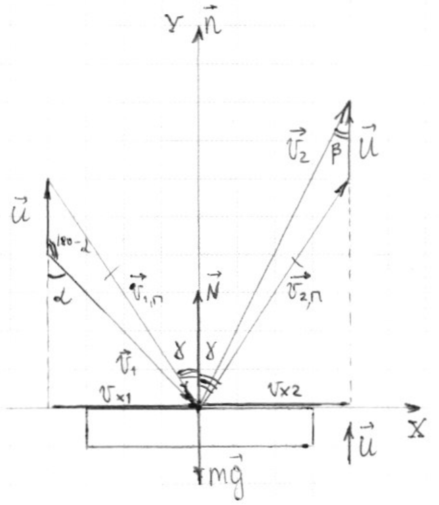
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА 1



1) Так как на шарик действуют только вертикально направленные силы: $m\vec{g}$ и $\vec{N}$ (причём $mg\Delta t \to 0$), то вдоль оси X, импульс шарика не меняется, т.е

$P_{x1} = P_{x2}$, откуда $mv_{x1} = mv_{x2}$, где v_{x1} и v_{x2} – проекции скоростей шарика (абсолютных) на Ox до и после удара соответственно, тогда

$v_{x1} = v_{x2}$, значит $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$, откуда

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

2) Так как плита движется, то в системе отсчёта связанной с неподвижным наблюдателем угол падения не равен углу отражения, но в системе отсчёта связанной с плитой эти углы равны (угол γ), поэтому запишем классический закон сложения скоростей Галилея до удара и после:

$\vec{v}_{1,п} = \vec{v}_1 - \vec{u}$, где $v_{1,п}$ – скорость шарика относительно плиты перед ударом,

а $\vec{v}_{2,п} = \vec{v}_2 - \vec{u}$ – скорость шарика относительно плиты после удара, строим

векторную диаграмму, а затем запишем теорему косинусов с учётом того факта, что $|\vec{v}_{1,п}| = |\vec{v}_{2,п}|$, т.е

$v_{1,п}^2 = u^2 + v_1^2 - 2uv_1\cos(180-\alpha) = u^2 + v_1^2 + 2uv_1\cos\alpha$, а $v_{2,п}^2 = u^2 + v_2^2 - 2v_2 u\cos\beta$, где

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$, а $\cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

Таким образом $u^2 + v_1^2 + 2uv_1\cos\alpha = u^2 + v_2^2 - 2v_2 u\cos\beta$, откуда

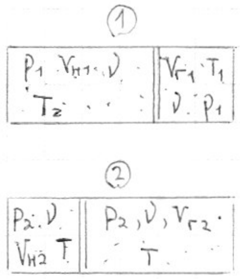
$2u(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) = v_2^2 - v_1^2$, значит $u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)} = \frac{12^2 - 6^2}{2\left(6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} + 12\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}\right)} = \frac{54}{2\sqrt{5}+8\sqrt{2}} = \frac{27}{\sqrt{5}+4\sqrt{2}}$ м/с

Ответ: 1) $v_2 = 12$ м/с 2) $u = \frac{27}{\sqrt{5}+4\sqrt{2}}$ м/с

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ЗАДАЧА 2



1) Пусть в состоянии ① давление газа p_1, а объёмы гелия и неона $V_{\Gamma1}$ и V_{H1} соответственно, а в состоянии ② объёмы гелия и неона $V_{\Gamma2}$ и V_{H2} соответственно, при этом уравнения состояния газов в состоянии ① принимают вид:

$$\begin{cases} p_1V_{\Gamma1}=\nu RT_1 \\ p_1V_{H1}=\nu RT_2 \end{cases}, \text{ откуда } \frac{V_{\Gamma1}}{V_{H1}}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{330}{440}=0{,}75$$

2) Так как сосуд горизонтален и теплоизолирован, то выполняется закон сохранения энергии, т.е

$$\frac{3}{2}\nu RT_1+\frac{3}{2}\nu RT_2=\frac{3}{2}\cdot 2\nu RT, \text{ откуда } T=\frac{T_1+T_2}{2}=\frac{330+440}{2}=385K$$ – установившееся температура

3) Начальная внутренняя энергия неона $U_{H1}=\frac{3}{2}\nu RT_2$, а конечная $U_{H2}=\frac{3}{2}\nu RT$ и за счёт убыли этой внутренней энергии неона возрасла энергия гелия, т.е

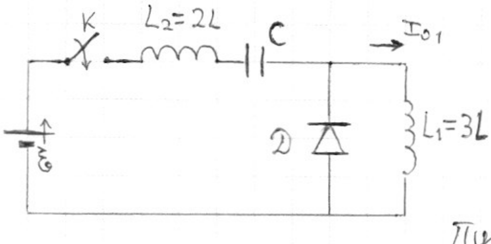
$$Q=U_{H1}-U_{H2}=\frac{3}{2}\nu RT_2-\frac{3}{2}\nu RT=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T)=\frac{3}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31(440-385)=\frac{9}{25}\cdot 8{,}31\cdot 55$$

$$\text{т.е } Q=\frac{99\cdot 8{,}31}{5}=\frac{99\cdot 831}{500}=\frac{7200+\cancel{270}+9+10(7200+270+9)}{500}=\frac{7479+74790}{500}=\frac{82269}{500}$$

таким образом $Q=164\frac{269}{500}=164{,}538$ Дж $\approx 164{,}54$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{\Gamma1}}{V_{H1}}=0{,}75$ 2) $T=385K$ 3) $Q=164{,}54$ Дж

ЗАДАЧА 4



1) Вначале диод закрыт и ток начнёт идти по внешнему контуру, затем, во II фазе колебаний, диод – открыт, а значит у L_1 $\mathcal{E}_{si,1}=0$, а значит изменение тока в I катушке не будет. Пусть T_1 – период колебаний в I-ой фазе, а T_2 – во II-ой фазе, тогда искомый T равен:

$$T=\frac{T_1+T_2}{2}=\frac{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}+2\pi\sqrt{L_2C}}{2}=\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}+\pi\sqrt{L_2C}=\pi\sqrt{5LC}+\pi\sqrt{2LC}=\pi\sqrt{LC}(\sqrt{5}+\sqrt{2})$$

2) максим ток в катушке L_1 будет в тот момент, когда $\mathcal{E}_{si,1}=0$, при этом $\mathcal{E}_{si,2}=0$, т.е $U_C=\mathcal{E}$, где U_C – напряжение на конденсаторе в этот момент времени, при этом к этому моменту времени через источник протёк $q=CU_C=C\mathcal{E}$, тогда в соответствии с законом сохранения и превращение

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Энергии получим:

$A_{ист} = \Delta W_C + \Delta W_L$, где $A_{ист} = q\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2$, а $\Delta W_C = \frac{CU_C^2}{2} - 0 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$, а

$\Delta W_L = \frac{L_2 I_{01}^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2} - 0 = \frac{(L_1+L_2)I_{01}^2}{2} = \frac{5L I_{01}^2}{2}$, тогда

$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{5L I_{01}^2}{2}$, откуда $I_{01}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{5L}$, значит $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

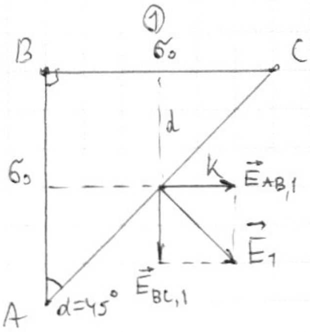
3) максимальный ток в L_2 будет когда $\mathcal{E}_{си,2} = 0$, при этом диод открыт, т.е

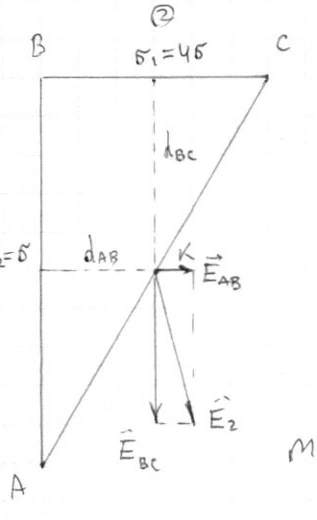
$A_{ист} = \Delta W_C + \Delta W_{L2}$, т.е. $q\mathcal{E} = \frac{q^2}{2C} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2} - 0$, затем:

$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{2L I_{02}^2}{2}$, откуда $I_{02}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2L}$, значит $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{5}+\sqrt{2})$ 2) $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$ 3) $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

Задача 3





1) в состоянии ① в начале напряжённость в точке K была $|\vec{E}_{BC,1}|$, а после зарядки AB стала $\vec{E}_1$, при этом $\alpha = 45°$, т.е $BC = AB$ а также $|\vec{E}_{BC,1}| = |\vec{E}_{AB,1}|$, тогда

$\vec{E}_1 = \vec{E}_{BC,1} + \vec{E}_{AB,1}$, в соответствии с принципом суперпозиции строим векторную диаграмму, откуда $|\vec{E}_1| = E_{BC}\sqrt{2}$

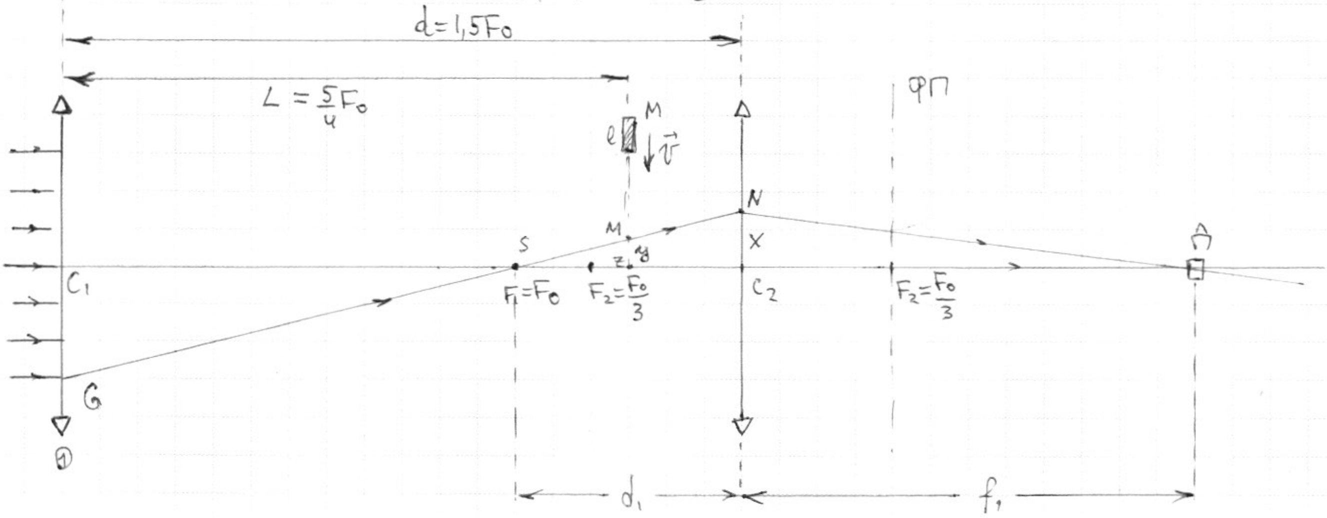
т.е $h = \frac{|\vec{E}_1|}{|\vec{E}_{BC}|} = \sqrt{2}$

2) во II случае $\vec{E}_2 = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$ (где E_{AB} - напряжённость от пластины AB), при этом $E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, а $E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}$, тогда из векторной диаграммы

$|\vec{E}_2| = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{16\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0}$ - суммарная напряжённость во II случае.

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) $|\vec{E}_2| = \frac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0}$

ЗАДАЧА 5



1) Поскольку все лучи, проходящие через первую линзу параллельно главной оптической оси, то они все сойдутся в фокусе I линзы F_1, пусть в этой точке расположен точечный источник света S, причём его изображение во второй линзе и будет определять положение фотодетектора, расположенного на f_1 от второй линзы, при этом $d_1 = d - F_0 = \frac{F_0}{2}$ – расстояние от S до второй линзы, тогда формула тонкой линзы принимает вид:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_2}, \text{ откуда } f_1 = \frac{d_1 F_2}{d_1 - F_2} = \frac{\frac{F_0}{2}\cdot\frac{F_0}{3}}{\frac{F_0}{2} - \frac{F_0}{3}} = F_0 \text{ – искомое расстояние}$$

2) Пусть ℓ – диаметр мишени, а $L = \frac{5}{4}F_0$ – расстояние от неё до первой линзы, при этом по условию сила тока пропорциональна мощности излучения, в момент, когда $I_1 = \frac{8}{9}I_0$ мишень полностью въедет на траекторию лучей и т.к. $F_1 = 2d_1$, то из подобия $\triangle SC_1G$ и $\triangle SC_2N$, то $x_{MAX} = \frac{D}{4}$, при этом в треугольнике SNC_2 мишень будет проходить по средней линии, поскольку $d_1 = \frac{F_0}{2}$, а $ZC_2 = d - L = \frac{F_0}{4}$, т.е $y_{MAX} = \frac{D}{8}$ – радиус круга содержащего все лучи и $\perp$ главной оптической оси и т.к в момент когда $I_1 = \frac{8}{9}I_0$ значит мишень перекрывает $\frac{1}{9}S_{круга}$ или это $\frac{1}{144}S_{линзы}$, т.е диаметр мишени $\ell = \frac{1}{12}D$, тогда видим, что за время τ_0 вся мишень попадёт под лучи, т.е $\ell = v\tau_0$, т.е $\frac{D}{12} = v\tau_0$, откуда

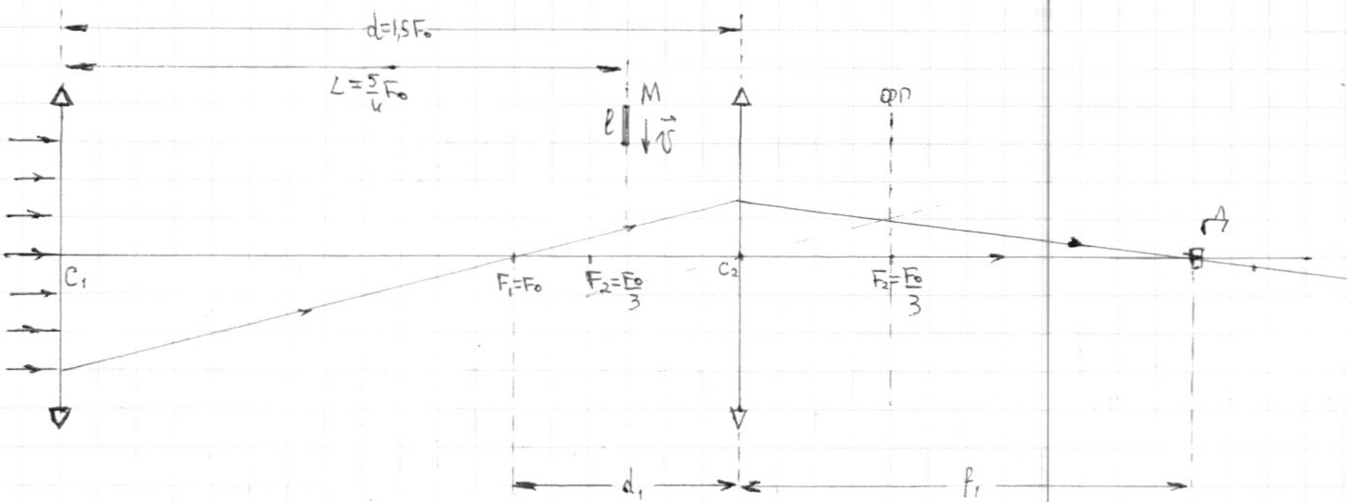
$$v = \frac{D}{12\tau_0}$$

3) Из зависимости $I(t)$ видим что мишень полностью попадает под лучи в течении $t_1 - \tau_0$, при этом за это время она проходит ℓ, т.к после этого она выйдет из под лучей и ток начнёт расти, т.е

$$t_1 - \tau_0 = \frac{\ell}{v} = \tau_0, \text{ откуда } t_1 = 2\tau_0$$

Ответ: 1) $f_1 = F_0$ 2) $v = \frac{D}{12\tau_0}$ 3) $t_1 = 2\tau_0$

ЗАДАЧА 5



1) Поскольку все лучи, проходящие через I-ю линзу, параллельны ГОО, то они все сойдутся в фокусе линзы F_1, пусть в этой точке расположен точечный источник света S, который находится на $d_1 = d - F_1 = 0{,}5 F_0$ от II-й линзы с F_2, тогда точка где пересекутся преломлённые лучи от этого источника и есть расположение фотодетектора на расстоянии f_1 от II-й линзы, при этом формула тонкой линзы имеет вид:

$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_2}$, откуда $f_1 = \frac{d_1 F_2}{d_1 - F_2} = \frac{\frac{F_0}{2}\cdot\frac{F_0}{3}}{\frac{F_0}{2} - \frac{F_0}{3}} = \frac{\frac{F_0^2}{6}}{\frac{F_0}{6}} = F_0$ – искомое расстояние

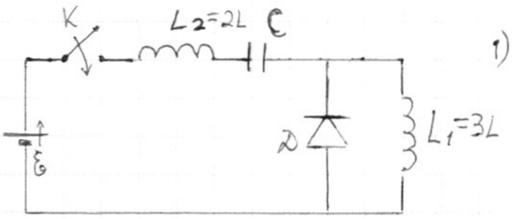
2) Пусть l – ~~диаметр~~ мишени, а $L = \frac{5}{4}F_0$ – её расстояние от I-ой линзы, при этом по условию ток пропорционален мощности излучения, и т.к. $I_1 = \frac{8}{9} I_0$, то это значит что мишень перекрывает $\frac{1}{144}$ площади линзы, а значит, что $l = \frac{D}{12}$, тогда видим что с другой стороны $l = v\tau_0$, тогда $\frac{D}{12} = v\tau_0$, значит $v = \frac{D}{12\tau_0}$

3) видим что мишень перекрывает линзу всей своей площадью в течении промежутка времени $t_1 - \tau_0$, при этом за это время она проходит l

т.к. $t_1 - \tau_0 = \frac{l}{v} = \tau_0$, тогда $t_1 = 2\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Зaдaчa 4



1) Вначале диод закрыт и ток начнёт идти по внешнему контуру, затем, во II фазе колебаний, диод - снова открыт и ток через L_1 уже не течет, пусть период колебаний в I фазе T_1, а во II фазе T_2, тогда

$$T=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}=\frac{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}}{2}+\frac{2\pi\sqrt{L_2C}}{2}=\pi\sqrt{5LC}+\pi\sqrt{2LC}=\pi\sqrt{LC}(\sqrt{5}+\sqrt{2})$$

2) максимальный ток в катушке L_1 будет в тот момент, когда $\mathcal{E}_{si,1}=0$ и $\mathcal{E}_{si,2}=0$, т.е $U_C=\mathcal{E}$, при этом через источник прошёл за это время:

$$q=CU_C=C\mathcal{E}, \text{ тогда}$$

$$A_{ист}=\Delta W_C+\Delta W_L \Rightarrow C\mathcal{E}\cdot\mathcal{E}=\left(\frac{C\mathcal{E}^2}{2}-0\right)+\left(\frac{L_1I_{01}^2}{2}+\frac{L_2I_{01}^2}{2}-0\right), \text{ откуда } \frac{C\mathcal{E}^2}{2}=\frac{(L_1+L_2)I_{01}^2}{2}$$

т.е $I_{01}=\mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{L_1+L_2}}=\mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{5L}}$

3) максимальный ток в L_2 будет в м-т, когда $\mathcal{E}_{si,2}=0$, при этом диод открыт, т.е

$$A_{ист}=\Delta W_C+\Delta W_L, \text{ т.е } C\mathcal{E}^2=\left(\frac{C\mathcal{E}^2}{2}-0\right)+\left(\frac{L_2I_{02}^2}{2}-0\right), \text{ т.е } I_{02}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

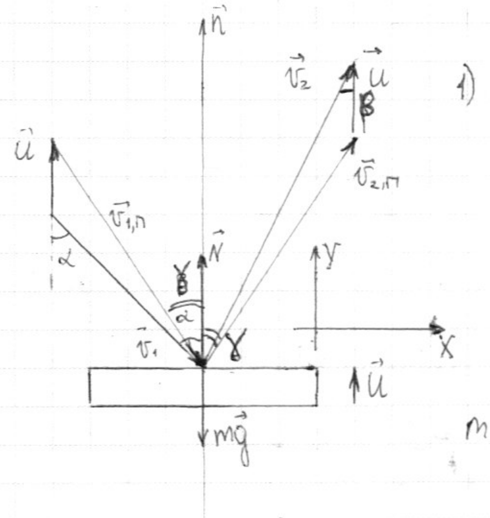
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА 1



1) Т.к на шарик действуют только вертикально направленные силы $m\vec{g}$ и $\vec{N}$, то вдоль оси X его импульс не меняется, т.е

$P_{x1}=P_{x2}$, откуда $mv_{x1}=mv_{x2}$, видем что

$v_{x1}=v_{x2}$, т.е $v_1\sin\alpha=v_2\sin\beta$, откуда $v_2=\frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}$

т.е $v_2=\frac{6\cdot\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}}=12$ м/с

2) Т.к плита движется, то в СО связанной с землёй угол падения не равен углу отражения, но в СО связанной с плитой они равны γ, при этом запишем классический закон сложения скоростей Галилея:

$\vec{v}_{1,п}=\vec{v}_1-\vec{u}$ ⇒ строим векторную диаграмму, где $\vec{v}_{1,п}$ - скорость шарика относительно плиты перед ударом, а $\vec{v}_{2,п}=\vec{v}_2-\vec{u}$ ⇒ строим векторную диаграмму, с учётом того что $|\vec{v}_{1,п}|=|\vec{v}_{2,п}|$, запишем теорему косинусов:

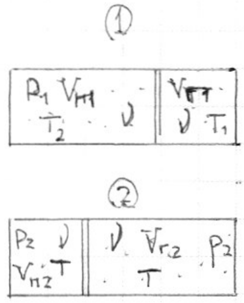
$v_{1,п}^2=u^2+v_1^2+2v_1u\cos\alpha$, а $v_{2,п}^2=v_2^2+u^2-2v_2u\cos\beta$, где

$\cos\alpha=\sqrt{1-\sin^2\alpha}=\sqrt{1-\frac{4}{9}}=\frac{\sqrt{5}}{3}$; $\cos\beta=\sqrt{1-\frac{1}{9}}=\frac{\sqrt{8}}{3}$, с учётом $|\vec{v}_{1,п}|=|\vec{v}_{2,п}|$ получим

$u^2+v_1^2+2v_1u\cos\alpha=v_2^2+u^2-2v_2u\cos\beta$, видно что $2u(v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta)=v_2^2-v_1^2$

откуда $u=\frac{v_2^2-v_1^2}{2(v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta)}=\frac{12^2-6^2}{2\left(6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}+12\cdot\frac{\sqrt{8}}{3}\right)}=\frac{108}{4\sqrt{5}+8\sqrt{8}}=\frac{54}{2\sqrt{5}+4\sqrt{8}}=\frac{27}{\sqrt{5}+2\sqrt{8}}=\frac{27}{\sqrt{5}+4\sqrt{2}}$ м/с

ЗАДАЧА 2



1) Пусть в состоянии ① давление газа p_1, а объёмы гелия и неона $V_{Г1}$ и $V_{Н1}$ соответственно, тогда уравнения состояния обоих газов принимают вид:

$$\begin{cases} p_1 V_{Г1} = \nu R T_1 \\ p_1 V_{H1} = \nu R T_2 \end{cases}, \text{откуда } \frac{V_{Г1}}{V_{H1}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} = 0{,}75$$

2) Т.к сосуд теплоизолирован, то выполняется ЗСЭ, т.е

$$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\cdot 2\nu R T, \text{ откуда } T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = \frac{770}{2} = 385\ K$$

3) Начальная энергия неона (внутренняя) $E_{H1} = \frac{3}{2}\nu R T_2$, а конечная $E_{H2} = \frac{3}{2}\nu R T$

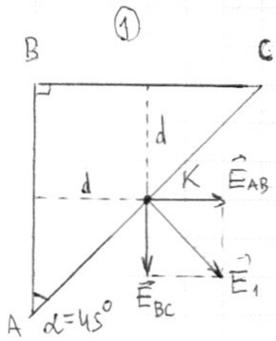
тогда энергия пошедшая на нагрев гелия, есть разность этих энергий,

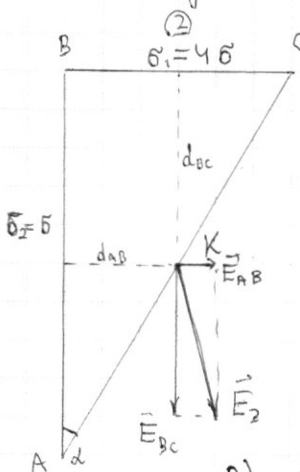
т.е $Q = E_{H1} - E_{H2} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T) = \frac{3}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31(440-385) = \frac{9}{25}\cdot 8{,}31\cdot 55 = \frac{9\cdot 11\cdot 8{,}31}{5} =$

$= \frac{99\cdot 8{,}31}{5} = \frac{99\cdot 831}{500} = \frac{9\cdot 8310 + 9\cdot 831}{500} = \frac{7200+270+9+10\cdot(7200+270+9)}{500} = \frac{7479+74790}{500} \Rightarrow$

$Q = \frac{82269}{500} = 164\frac{269}{500} = 164{,}538$ Дж

ЗАДАЧА 3





1) в состоянии ①, вначале напряжённость в точке K была $\vec{E}_{BC}$, а после зарядки AB напряжённость станет $\vec{E}_1$, причём т.к $\alpha = 45°$, то $BC = AB$, а значит $\vec{E}_{AB} = \vec{E}_{BC}$, при этом

$\vec{E}_1 = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC} \Rightarrow$ строим векторную диаграмму, откуда $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_{BC}|\sqrt{2}$, т.е

искомое $\frac{|\vec{E}_1|}{|\vec{E}_{BC}|} = \sqrt{2}$

2) во II случае $\vec{E}_2 = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB} \Rightarrow$ строим ВД

при этом $\sigma_1 = \frac{q_{BC}}{\Delta S_{BC}}$; $\sigma_2 = \frac{q_{AB}}{\Delta S_{AB}}$, при этом $E_{AB} = \frac{k q_{AB}}{d_{AB}^2} = \frac{4k}{BC^2}\sigma AB^2$, $\sin\alpha = \sqrt{\frac{1-\cos 2\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1-\frac{\sqrt{2}}{2}}{2}} = \frac{\sqrt{2-\sqrt{2}}}{2}$

а $\cos\alpha = \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2}$, значит $tg\alpha = \sqrt{\frac{2-\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{(2-\sqrt{2})^2}{4-2}} = \frac{2-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}-1$, $tg^2\alpha = 3-2\sqrt{2}$

$\Rightarrow E_{AB} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}(3+2\sqrt{2})$; $E_{BC} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}(3-2\sqrt{2})$ $\Rightarrow E_2 = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{(9+8)\cdot 2} = \frac{\sigma\sqrt{34}}{\pi\varepsilon_0}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__
(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

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)