Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

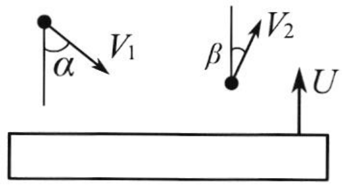
Класс 11

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.



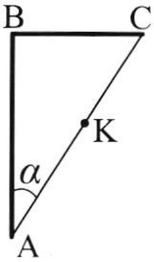
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

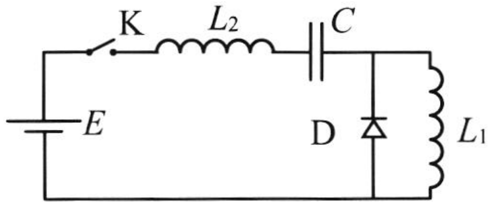
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

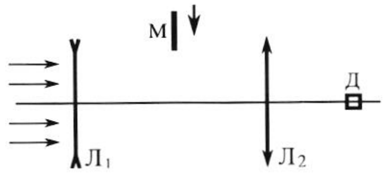
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

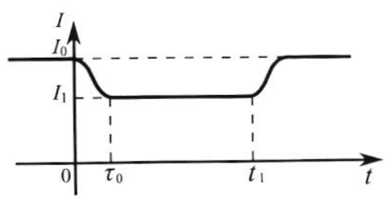
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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.

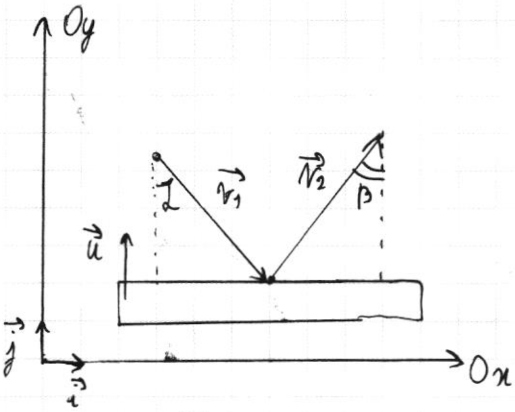
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

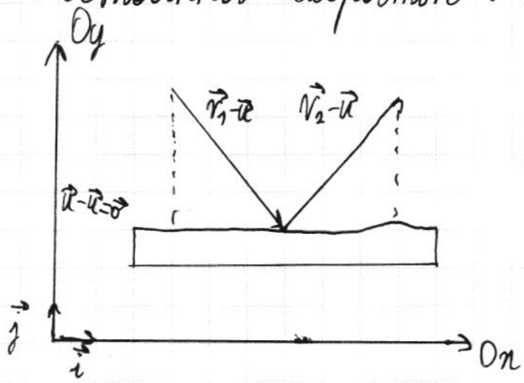


№1

пусть Oy ~~нормальна~~ сонаправлена с $\vec{u}$, Ox сонаправлена с проекцией $\vec{v_1}$ на плоскость, перпендикулярную Oy, то есть $\vec{v_1}$ лежит в плоскости Ox Oy

пусть $\vec{i}$ – единичный вектор, сонаправленный с Ox, $\vec{j}$ – с Oy

рассмотрим систему отсчёта, связанную с плитой, она движется с постоянной скоростью и потому инерциальна:



так как сила нормальной реакции опоры, действующая на шарик при ударе, направлена вдоль Oy, проекция скорости на Ox не изменилась: $(\vec{v_1}-\vec{u})\cdot\vec{i}=(\vec{v_2}-\vec{u})\cdot\vec{i}$

$\vec{v_1}\cdot\vec{i}-\vec{u}\cdot\vec{i}=\vec{v_2}\cdot\vec{i}-\vec{u}\cdot\vec{i}$

$\vec{v_1}\cdot\vec{i}=\vec{v_2}\cdot\vec{i}$ к тому же, $\vec{v_2}-\vec{u}$ осталась в плоскости рисунка Ox Oy, а значит и $\vec{v_2}$ лежит в этой плоскости, тогда:

$v_1\cos\alpha=-\vec{v_1}\cdot\vec{j}$; $v_1\sin\alpha=\vec{v_1}\cdot\vec{i}$; $v_2\sin\beta=\vec{v_2}\cdot\vec{i}$; $v_2\cos\beta=\vec{v_2}\cdot\vec{j}$

$v_1\sin\alpha=v_2\,\cancel{\cos\beta}\sin\beta$

$v_2=v_1\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}=18\,\frac{м}{с}\,\dfrac{2\cdot5}{3\cdot3}=20\,\frac{м}{с}$

1) Ответ: $v_2=v_1\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}=20\,\frac{м}{с}$

~~так как плита массивная, шарик не~~

пусть потеря энергии при неупругом ударе – ΔE

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

по закону сохранения энергии:

$$\frac{m(\vec{v}_1-\vec{u})^2}{2}+\frac{M\cdot\vec{0}^2}{2}=\frac{m(\vec{v}_2-\vec{u})^2}{2}+\frac{M\cdot\vec{u}_2^{\,2}}{2}+\Delta E$$, где m - масса шарика, M - масса плиты, $\vec{u}_2$ - скорость плиты после удара

по закону сохранения импульса:

$$m(\vec{v}_1-\vec{u})\cdot\vec{j}=m(\vec{v}_2-\vec{u})\cdot\vec{j}+M\vec{u}_2\cdot\vec{j}$$

$M\vec{u}_2\cdot\vec{j}=Mu_2$ т.к. u_2 сонапр. с Oy

$$Mu_2=m\left(\frac{(\vec{v}_2-\vec{u})\cdot\vec{j}}{(\vec{v}_1-\vec{u})\cdot\vec{j}}\right)$$

$$\frac{Mu_2^2}{2}=\frac{M^2u_2^2}{2M}=\frac{m^2}{2M}\left(\frac{(\vec{v}_2-\vec{u})\cdot\vec{j}}{(\vec{v}_1-\vec{u})\cdot\vec{j}}\right)$$, ~~тогд~~ т.к. отношение $\frac{m}{M}$ не дано, кинетич.

энергия плиты может принимать любое полож. значение, ΔE тоже может принимать любое полож. значение, тогда закон сохр. энергии принимает вид:

$$\frac{m(|\vec{v}_1-\vec{u}|)^2}{2}>\frac{m(\vec{v}_2-\vec{u})^2}{2}\Leftrightarrow|\vec{v}_1-\vec{u}|>|\vec{v}_2-\vec{u}|$$

т.к. $\vec{v}_1-\vec{u}$ и $\vec{v}_2-\vec{u}$ имеют одинаковую проекцию на Ox,

$$|((\vec{v}_1-\vec{u})\cdot\vec{j}|>((\vec{v}_2-\vec{u})\cdot\vec{j})\Leftrightarrow|v_1\cos\alpha+u|>|v_2\cos\beta-u|$$

т.к. $\cos\alpha$ и $\cos\beta\geq0$, $\cos\alpha=\sqrt{1-\sin^2\alpha}=\frac{\sqrt5}{3}$; $\cos\beta=\sqrt{1-\sin^2\beta}=\frac{4}{5}$

$$18\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt5}{3}+u>20\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5}-u$$

$$2u>(16-6\sqrt5)\frac{м}{с}$$

$$u>(8-3\sqrt5)м/с$$

т.к. шарик не прошёл сквозь плиту $u\leq v_2\cos\beta$; $u\leq16\frac{м}{с}$

2) Ответ: $u\in\left(8-3\sqrt5\frac{м}{с};16\frac{м}{с}\right]$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

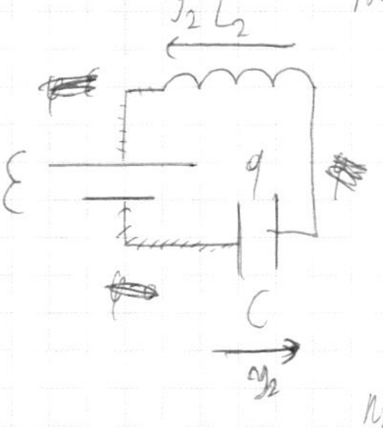
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по закону Кирхгофа:



$$\mathcal{E} - \dot{y}_2 L_2 + \frac{q}{C} = 0$$

$$y_2 = -\dot{q} \text{ (из опр. тока)}$$

$$\cancel{\mathcal{E} + \ddot{q} L_2 + \frac{q}{C} = 0}$$

продифференцируем уравн. по времени:

$$0 - \ddot{y}_2 L_2 - \frac{y_2}{C} = 0$$

$$\ddot{y}_2 + \frac{1}{L_2 C} y_2 = 0$$

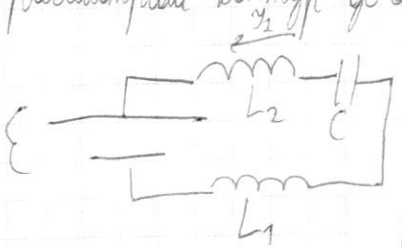
⇓ т.к. это ур-ние гармонич. колебаний

$y_2(t) = A \cdot \cos\left(\frac{1}{\sqrt{L_2 C}} t\right)$, где t – время, A – амплитуда

$y_{max} = A$, $y_{min} = -A$, $y_1 = -y_{min} = A$ (установивш. ток) в L_1

~~в момент времени t_0~~

рассмотрим контур до открытия D:



он эквивалентен предыдущему при замене L_2 на $L_1 + L_2$ ⇒

⇒ $y_2(t) = A_2 \cos\left(\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} t\right)$ (A_2 – амплитуда)

~~$y_2 = -\dot{q}$, $q = A \sin\left(\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} t\right) + q_0$~~

в момент закрытия K, t_0: ~~$q(t_0) = 0 \Rightarrow \sin\left(\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} t_0\right) = 0 \Rightarrow$~~

~~$y(t_0) = 0 \Rightarrow \cos\left(\frac{t_0}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right) = 0 \Rightarrow \sin\left(\frac{t_0}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right) = \pm 1 \Rightarrow$ т.к. $q(t_0) = 0$, $q_0 \pm A = 0$~~

$y(t_0) = 0 \Rightarrow \cos\left(\frac{t_0}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right) = 0 \Rightarrow \sin\left(\frac{t_0}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right) = \pm 1$, $\dot{y}_2(t_0) \cdot (L_1 + L_2) = \mathcal{E}$

$$\dot{y}_2 = -\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\, \mathcal{I}_2 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_1+L_2}\,C} t\right)$$

$$\dot{y}_2(t_0) = \pm \frac{\mathcal{I}}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \frac{\varepsilon}{L_1+L_2} \Rightarrow \mathcal{I}_2 = \boxed{\cancel{\varepsilon\sqrt{(L_1+L_2)C}}}\ \varepsilon\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$

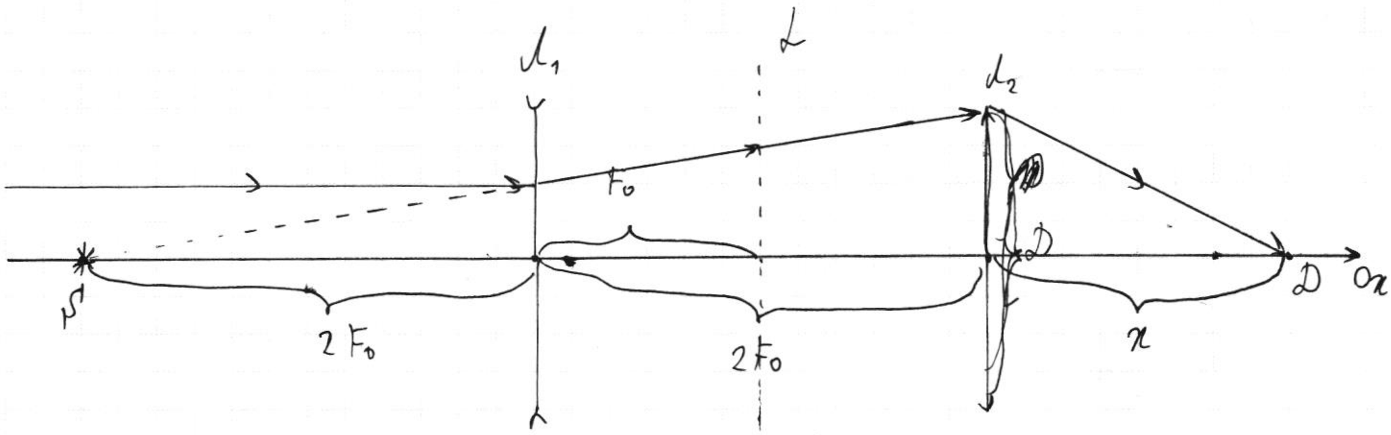
в момент закрытия $y_2 = y_1 = \mathcal{I}_2 \Rightarrow \mathcal{I} = \mathcal{I}_2$

Ответ: $y_{01} = y_{02} = \boxed{\cancel{\varepsilon\sqrt{(L_1+L_2)C} = 3\varepsilon\sqrt{LC}}}\ \varepsilon\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \frac{\varepsilon}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

~~Ответ: $y_{01} = y_{02} = \varepsilon\sqrt{(L_1+L_2)C} = 3\varepsilon\sqrt{LC}$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5



пусть x - расстояние между Λ_2 и D; Ox - ось, проходящая через центры Λ_1, Λ_2
рассмотрим луч, падающий на Λ_1 параллельно Ox, т.к. фокусное расстояние $= -2F_0$, луч будет вести себя так, будто он испущен источ. S (см. рисунок); тогда все лучи, испущ. из S фокусируются Λ_2 в D
по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{2F_0+2F_0}+\frac{1}{x}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{x}=\frac{1}{F_0}-\frac{1}{4F_0}=\frac{3}{4F_0} \Rightarrow x=\frac{4}{3}F_0$$

1) Ответ: $x=\frac{4}{3}F_0$

заметим, что пучок параллельных лучей с площадью сечения S_0 имеет площадь сечения $S_1=\frac{3}{2}S_0$ при пересечении плоскости движения мишени L, т.к. сечение L получается гомотетией сечения Λ_1 с центром в S и коэффициентом $\frac{2F_0+F_0}{2F_0}=\frac{3}{2}$
заметим, что площадь сечения Λ_2 $S_2=2S_0$ из аналогичных соображений;
~~пусть~~ рассмотрим пучок света максимальной площади сеч. S_3, доходящий до детектора
он пройдёт через $\Lambda_2 \Rightarrow 2S_3=\frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow S_3=\frac{\pi D^2}{8}$

площадь сеч. 2 $S_4 = \frac{3}{2} S_3 = \frac{3}{16}\pi D^2$

пусть S_5 – площадь мишени

т.к. $У$ пропорц. ~~потому~~ интенсив. пропорц. площади,

$$\frac{16}{7} = \frac{У_0}{У_1} = \frac{S_4}{S_4 - S_5} \qquad 7S_4 = 16S_4 - 16S_5 \qquad 16S_5 = 9S_4 = \frac{27}{16}\pi D^2$$

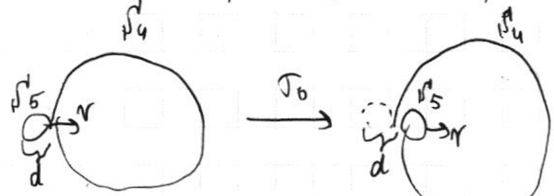
$$S_5 = \frac{27}{16^2}\pi D^2$$

пусть d – диаметр мишени $S_5 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2 \cdot 27}{16^2}$

$$d^2 = D^2 \cdot \frac{3 \cdot 9}{4 \cdot 16} = \left(D \cdot \frac{3}{8}\right)^2 \cdot 3$$

$$d = \frac{3\sqrt{3}}{8} D$$

т.к. τ_0 – время, за которое мишень полностью вошла в ~~поток~~ пучок:



$$d = v\tau_0$$

$$v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{3\sqrt{3} D}{8\tau_0}$$

2) Ответ: $v = \frac{3\sqrt{3} D}{8\tau_0}$

т.к. t_1 – время, за которое мишень прошла D:

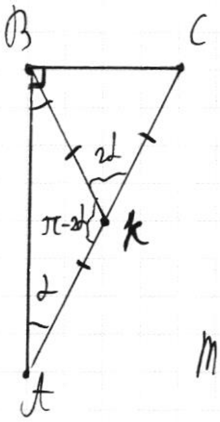
$$D = vt$$

$$t = \frac{D}{v} = \frac{8\tau_0}{3\sqrt{3}}$$

3) Ответ: $t = \frac{8}{3\sqrt{3}}\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3



т.к. $\angle ABC = 90°$, B принадлежит окр. с диам. AC,

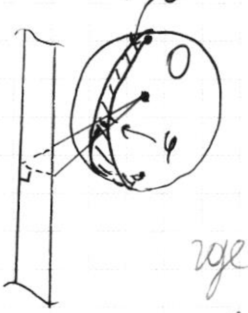
т.к. K - середина AC, $AK = KC = BK$

т.к. $\triangle ABK$ - равнобедр., $\angle ABK = \angle BAK = \alpha$

т.к. сумма углов треуг. - π, $\angle BKA = \pi - 2\alpha$

т.к. развёрнутый угол - π, $\angle BKC = 2\alpha$

рассмотрим телесный угол бесконеч. прямоуг. (θ) видимого под углом φ:



θ - площадь заштрихованной области единичной сферы $\Rightarrow$

$\Rightarrow \theta(\varphi_1+\varphi_2) = \theta(\varphi_1) + \theta(\varphi_2)$

$\theta(\varphi)$ - возраст. функция $\Rightarrow \theta(\varphi) \in \left[\theta(\varphi_0)\cdot\left\lfloor\frac{\varphi}{\varphi_0}\right\rfloor; \theta(\varphi_0)\cdot\left\lceil\frac{\varphi_0}{\varphi_0}\right\rceil\right]$,

где $\lfloor x \rfloor$ - округл. вниз, $\lceil x \rceil$ - окр. вверх $\Rightarrow$ при $\lim\limits_{\varphi_0 \to 0}$:

$\theta(\varphi) = \theta(\varphi_0)\cdot\frac{\varphi}{\varphi_0} = \varphi\cdot\frac{\theta(\varphi_0)}{\varphi_0}$ — прямопропорц. φ

т.к. электр. поле (E) от пластины с телес. углом θ пропорц. θ и θ пропорц. φ, E пропорц. φ, пусть k - коэф. пропорциональности: $E = k\varphi\sigma$

пусть $\vec{E_1}$ - поле, создающееся пластиной BC; $\vec{E_2}$ - поле, создающееся пластиной AB, E_3 - общее поле

1) $E_1 = 2k\alpha\sigma = k\sigma\frac{\pi}{2}$ (σ - плот. заряда) $E_2 = k(\pi-2\alpha)\sigma = k\sigma\frac{\pi}{2}$

т.к. пластина симметрична при отражении отн. плоскости рисунка β и плоскости, перпендикулярной β и содержащей перп. из K на пластину (γ):

поле E в точке напр. вдоль линии пересеч. β и γ, то есть вдоль высоты из K на пластину, т.к. $BC \perp AB$, $\vec{E_1} \perp \vec{E_2}$

т.к. $\vec{E_3}=\vec{E_1}+\vec{E_2}$, $E_3=\sqrt{E_1^2+E_2^2}=\sqrt{2}\cdot E_1$ (т.к. $E_1=E_2$) $\Rightarrow \frac{E_3}{E_1}=\sqrt{2}$

1) Ответ: $\sqrt{2}$

2) $E_1=2k\alpha\sigma_1=\frac{2}{9}k\sigma\pi$; $E_2=k(\pi-2\alpha)\sigma_2=\frac{4}{9}k\sigma\pi\cdot\frac{2}{4}=\frac{2}{9}k\sigma\pi=E_1$

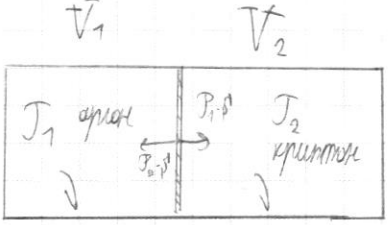
$E_3=\sqrt{2}E_1=\frac{\sqrt{2}\cdot 2}{9}k\sigma\pi$

при $\varphi=\pi$ $E(\varphi)=\frac{\frac{4\pi}{\varepsilon_0}\sigma}{4\pi}=k\sigma\varphi=k\sigma\pi$ $k=\frac{4}{\varepsilon_0}$

$E_3=\frac{\sqrt{2}\cdot 8}{9\varepsilon_0}\sigma\pi$

2) Ответ: $E_3=\sqrt{2}E_1=\frac{\sqrt{2}\cdot 2}{9}k\sigma\pi=\sqrt{2}\cdot\frac{8\cdot\sigma\pi}{9\cdot\varepsilon_0}$

№2



пусть V_1, V_2 – изначальные объёмы газов,
P_1, P_2 – их давления
S – площадь поршня

В любой момент времени ускорение поршня $\approx 0 \Rightarrow P_1\cdot S=P_2\cdot S \Rightarrow P_1=P_2$
пусть P – давление в обоих сосудах (изнач.)

$$\begin{cases} PV_1=\nu RT_1 & \text{(по ур. Клапейрона-Менделеева)} \\ PV_2=\nu RT_2 \end{cases}$$

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{320K}{400K}=\frac{80}{100}=0{,}8$$

1) Ответ: $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=0{,}8$

пусть U – внутр. энергия газа, т.к. газ одноатомный, $U=\frac{3}{2}\nu RT$ (где T – темп. газа)

т.к. сосуд теплоизолированный, $\frac{3}{2}\nu RT_1+\frac{3}{2}\nu RT_2=\frac{3}{2}\nu RT+\frac{3}{2}\nu RT$ + закон сохр. энергии (T – установивш. температура) $T_1+T_2=2T \Rightarrow T=\frac{T_1+T_2}{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

2) Ответ: $T = \frac{T_1+T_2}{2} = 360K$

пусть Q – кол-во теплоты, переданное криптоном аргону, т.к. энергия в этой системе содержится только в криптоне и аргоне, Q – общ. потеря энергии криптона

$$\frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T + Q$$

$$Q = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T) = \frac{3}{4}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{4}\cdot\frac{3}{5}\text{моль}\cdot 8{,}31\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\,K}(400K-320K) = \frac{9}{20}8{,}31\cdot$$

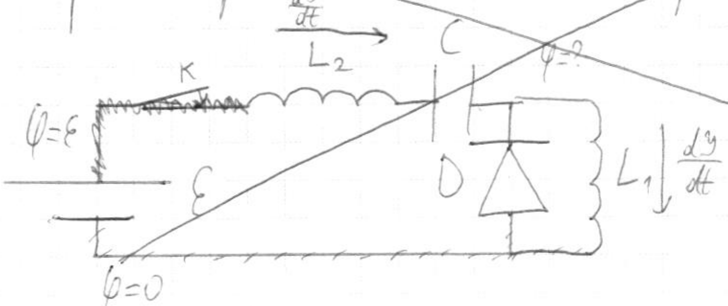
$$\cdot 80\,\text{Дж} = 36\cdot 8{,}31\,\text{Дж} = 299{,}16\,\text{Дж}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times\ 36 \\ \hline 4986 \\ +\ 2493\ \ \\ \hline 29916 \end{array}$$

3) Ответ: $Q = \frac{3}{4}\nu R(T_2 - T_1) = 299{,}16\,\text{Дж}$

№4

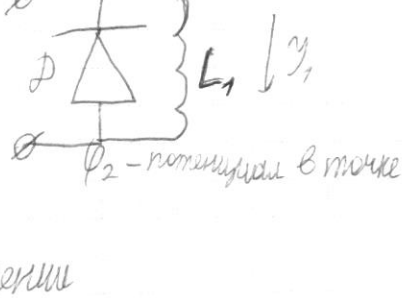
~~рассмотрим начальный момент времени:~~



~~пусть φ-потенциал~~

~~диод закрыт~~

рассмотрим правую сторону цепи:



т.к. D не имеет сопр. в открытом состоянии,

$\varphi_1 \geq \varphi_2$

пусть J_1 – ток через L_1 в указ. направлении

$\dot{J}_1 \cdot L_1 = \varphi_1 - \varphi_2 \geq 0 \Rightarrow \dot{J}_1 \geq 0 \Rightarrow$ ток не уменьшается нарисуем схему в произвольный момент времени (после закр. ключа):

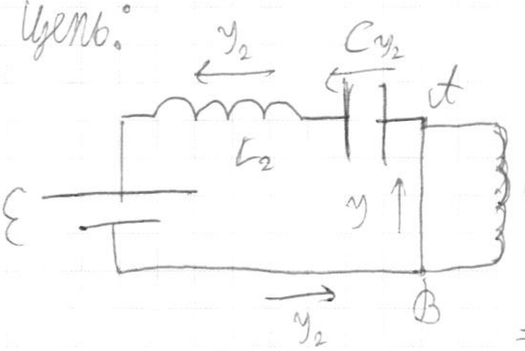
I_2 - ток через L_2 (см. напр. на рис.)

I - ток через D

т.к. D - диод, $I \geq 0$ для точки A: $I = I_1 + I_2$

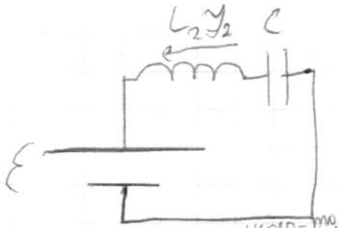
~~$I_2 = I - I_1 \geq -I_1$~~

если начиная с какого-то момента времени ~~[illegible]~~ диод всегда открыт, можно считать, что ~~его нет в цепи~~ он эквивалентен проводу, рассмотрим цепь:



т.к. точки A и B имеют одинаковый потенциал, ~~L_1 превращ. в провод~~ I_1 - константа, по всем эл. кроме L_1 течёт I_2 ⇒

⇒ контур упрощается до:

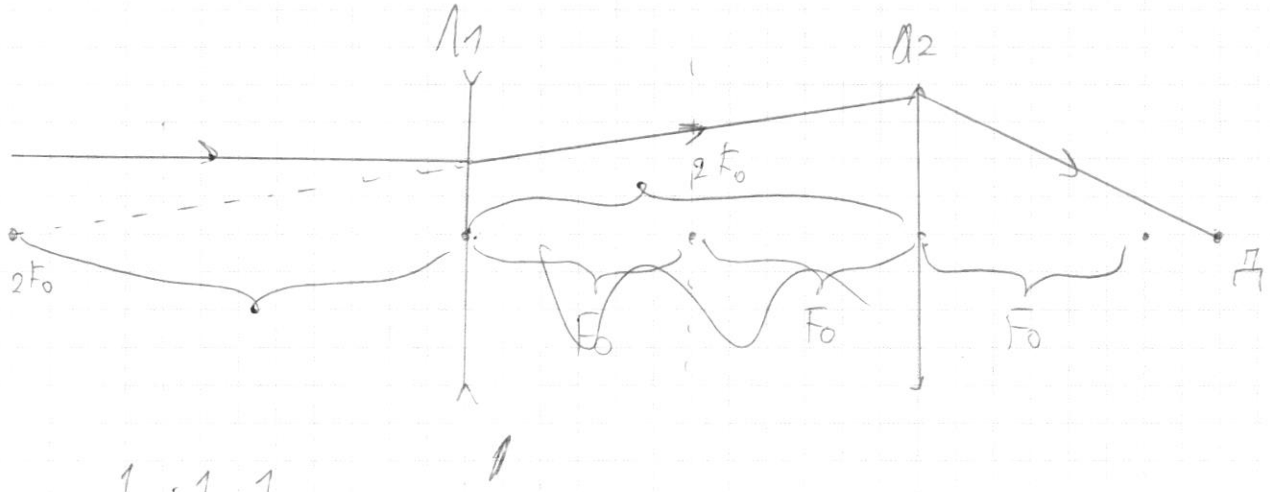


- колебательный контур, в котором I_2 принимает минимальное и максимальное значение I_{2min}, I_{2max}

если $I>0$ с какого-то момента времени: так как уравнения тока и заряда на C определяют однозначно предыдущее состояние системы, в последний момент, когда I принимало значение 0, $I_2 \in [I_{2min}; I_{2max}]$, т.к. I зависит лишь от I_1 и I_2, I_1 - константы и I_2 принимает все значения от I_{2min} до I_{2max}, будет момент, в который $I=0$ ⇒ противоречие предположению, что $I>0$

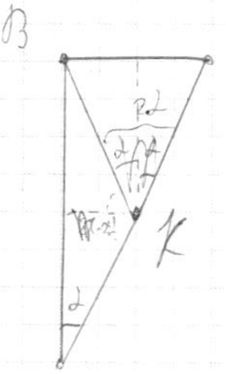
значит $I=0$ достигается при колебаниях, $I_{2min}+I_1=0 \Rightarrow I_1=-I_{2min}$

заметим, что именно в таком состоянии диод впервые открывается, значит начиная с этого момента диод больше не закрывается и задача сводится к колебательному контуру, описанному выше



$$\frac{1}{4F_0}+\frac{1}{x}=\frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{x}=\frac{1}{F_0}-\frac{1}{4F_0}=\frac{3}{4F_0} \quad x=\frac{4}{3}F_0$$



$$E \sim \cancel{\Theta\sigma} \sim \alpha\sigma$$

$$E_1 = k\alpha\sigma = k\sigma\frac{\pi}{2}$$

$$E_2 = k(2\pi-2\alpha)\sigma = k\left(\frac{3}{2}\pi\right)\sigma$$

$$E=\sqrt{E_1^2+E_2^2}=\cancel{k\sigma\sqrt{4\alpha^2+4\pi^2+4\alpha^2-4\pi\alpha}}=$$

$$\cancel{=2k\sigma\sqrt{2\alpha^2-\pi\alpha+\pi^2}}$$

$$\cancel{\alpha=\frac{\pi}{4} \quad E=2k\sigma\sqrt{}}$$

$$=k\sigma\sqrt{\frac{\pi^2}{4}+\frac{9}{4}\pi^2}=$$

$$=\frac{k\sigma\pi}{2}\sqrt{10}=$$

$$=E_1\cdot\sqrt{10}\cdot 2$$

$$E=\sqrt{2}E_1$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

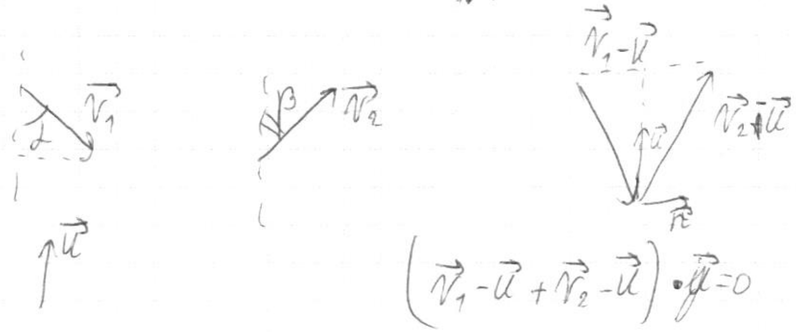
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$$\left(\vec{v}_1-\vec{u}+\vec{v}_2-\vec{u}\right)\cdot\vec{j}=0$$

$$\left(\vec{v}_1-\vec{u}\right)\cdot\vec{n}=\left(\vec{v}_2-\vec{u}\right)\cdot\vec{n}$$

$$\vec{v}_1\cdot\vec{n}-\vec{u}\cdot\vec{n}=\vec{v}_2\cdot\vec{n}-\vec{u}\cdot\vec{n}$$

$$\vec{v}_1\cdot\vec{n}=\vec{v}_2\cdot\vec{n}=v_x$$

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

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

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

$$\vec{v}_2\cdot\vec{j}=v_2\cos\beta$$

$$\vec{v}_1\cdot\vec{j}=-v_1\cos\alpha$$

$$-v_1\cos\alpha+v_2\cos\beta-2u=0$$

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

$$\cancel{v_2=\frac{v_1\cos\alpha+2u}{\cos\beta}=\frac{5(6\sqrt{5}\,м/с+2u)}{4}=\frac{30\sqrt{5}\,м/с+10u}{4}=\frac{15\sqrt{5}\,м/с+5u}{2}}$$

$$v_1\sin\alpha=v_2\cancel{\sin\alpha}\sin\beta$$

$$20\,м/с\cdot\frac{4}{5}=18\,м/с\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}+2u$$

$$12\,м/с=v_2\cdot\frac{3}{5}$$

$$2u=16\,м/с-6\sqrt{5}\,м/с$$

$$v_2=20\,м/с$$

$$u=\left(8-3\sqrt{5}\right)м/с$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)