Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

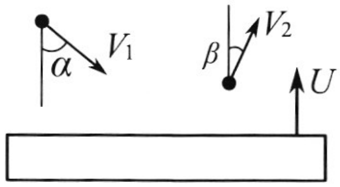
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.



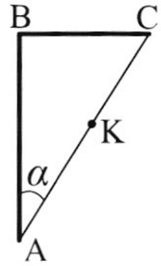
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 300 К, а кислорода T_2 = 500 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

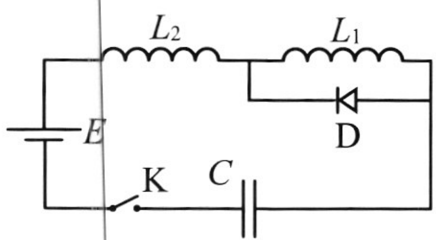
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

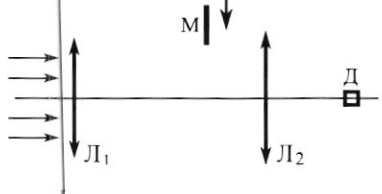
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

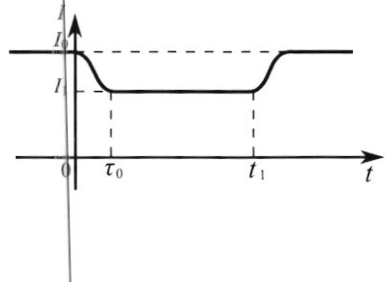
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





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

Задача № 1

Дано:

$V_1 = 8$ м/с

$\sin\alpha = 3/4$

$\sin\beta = 1/2$

1) V_2 - ?

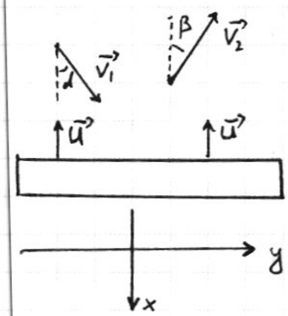
2) U - ?

Решение:

1) Пусть оси Ox и Oy будут направлены как указано на рисунке

Найдём скорости V_1 и V_2 по оси Oy:

$V_{1y} = \sin\alpha V_1 = \frac{3}{4}V_1$; $V_{2y} = \sin\beta V_2 = \frac{V_2}{2}$



2) Силы между плитой и мячём действуют только по оси Ox, т.к. отсутствуют силы трения.

Значит: $p_y = const$ по закону сохранения импульса, откуда

$mV_1\frac{3}{4} = mV_2\frac{1}{2} \rightarrow V_2 = \frac{2\cdot 3}{4}V_1 = 12$ м/с

3) Найдём скорости V_1 и V_2 по оси Ox: $V_{1x} = \sqrt{1-\sin^2\alpha}\,V_1 = \frac{\sqrt{7}}{4}V_1$; $V_{2x} = \sqrt{1-\sin^2\beta}\,V_2 = -\frac{\sqrt{3}}{2}V_2 = -\frac{3\sqrt{3}V_1}{4}$

4) Перейдём в ИСО плиты, но ΔW_k мячика (изменение кин. эн.):

$\Delta W_k = \frac{m}{c}\left((V_{2x}+U)^2 - (V_{1x}+U)^2\right) = \frac{m}{2}\left(\frac{V_1^2}{16}(27-7) - 2U\left(\frac{V_1}{4}(\sqrt{7}+3\sqrt{3})\right)\right) = \frac{mV_1}{8}\left(20\frac{V_1}{4} - \right.$

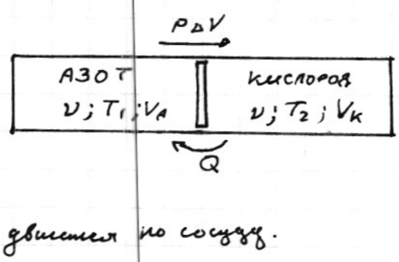
$\left. - 2U(\sqrt{7}+3\sqrt{3})\right)$

но удар не упругий значит $\Delta W_k < 0$: $5V_1 - 2U(\sqrt{7}+3\sqrt{3}) < 0 \rightarrow$

$\rightarrow U > \frac{5V_1}{2(\sqrt{7}+3\sqrt{3})} \rightarrow U > \frac{20}{\sqrt{7}+3\sqrt{3}}$

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с 2) $U > \frac{20}{\sqrt{7}+3\sqrt{3}}$

Задача № 2



Дано:

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

$c_V = 5/2\,R$

1) V_A/V_K - ?

2) T_0 - ?

3) Q - ?

Решение: 1) Закон Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$

$p_{азота} = p_{кислорода}$ т.к. поршень может свободно двигаться по сосуду.

$\begin{cases} p_{азота} V_A = \nu R T_1 \\ p_{кисл} V_K = \nu R T_2 \end{cases} \rightarrow \frac{V_A}{V_K} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5} = 0,6$ где V_A и V_K - кол. объёмы азота и кислорода соответственно

2) Энергия в сосуде постоянная т.к. это замкнутая система.

$U_{азот\,н.} + U_{кис.\,н.} = U_{азот\,к} + U_{кис.\,к.} \rightarrow \frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T_0 + \frac{3}{2}\nu R T_0$

$\rightarrow T_1 + T_2 = 2T_0 \rightarrow T_0 = \frac{T_1+T_2}{2} = 400\,K$ где T_0 - конечная температура газов.

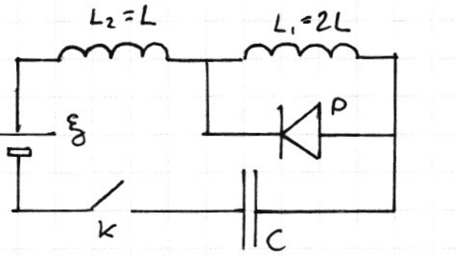
3) По первому началу термодинамики:

$Q_{от\,кисл.} = \Delta U_{азот} + A_{азота} = \frac{3}{2}\nu R(T_0-T_1) + p\Delta V = \frac{3}{2}\nu R(T_0-T_1) + \nu R(T_0-T_1) = \frac{5}{2}\nu R(T_0-T_1) =$

$= \frac{5}{2}\cdot\frac{3}{7}\text{моль}\cdot 8{,}31\cdot 100\,K = 890{,}35$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_A}{V_K} = 0{,}6$ 2) $T_0 = 400\,K$ 3) $Q = 890{,}35$ Дж.

Задача № 4



Дано:
$L_1 = 2L$
$L_2 = L$
$C;\ \mathcal{E}$
T - ?
I_{m1} - ?
I_{m2} - ?

Решение:

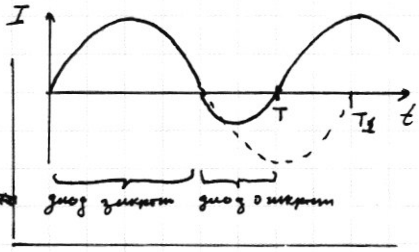
1) Когда диод открыт, то $\mathcal{E}_{L1} = 0$ (ЭДС индукции первой к.), т.к. диод идеальный с $U_D = 0\,B$.

2) Значит когда ток течёт по направлению: $\mathcal{E}CDL_2\mathcal{E}$, период равен: $T_2 = 2\pi\sqrt{CL_2} = 2\pi\sqrt{CL}$

А когда ток течёт через L_1 ($\mathcal{E}L_2L_1C\mathcal{E}$), то период равен: $T_1 = 2\pi\sqrt{C(L_2+L_1)} = 2\pi\sqrt{3CL}$

3) Как видно из примерного графика:

$$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{CL}(\sqrt{3}+1)$$



4) Максимальный ток достигается когда конденсатор ~~[illegible]~~ разряжен. Закон Кирхгофа для контура $\mathcal{E}L_2L_1C\mathcal{E}$: $\mathcal{E} = 3L\dot{I}_1$

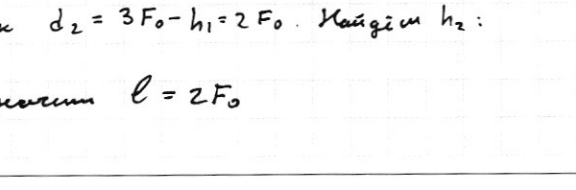
$\dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}}{3L}$ - производная тока (диод закрыт). Откуда $I_{m1} = \frac{\dot{I}_1}{\omega_1} = \frac{T_1}{2\pi}\cdot\frac{\mathcal{E}}{3L} = \frac{\sqrt{3CL}\,\mathcal{E}}{3L} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$

т.к. $\omega I_{max} = \dot{I}_{max}$

5) Аналогично когда диод открыт: $\mathcal{E} = L\dot{I}_2 \rightarrow I_{m2} = \frac{\dot{I}_2}{\omega_2} = \frac{T_2}{2\pi}\cdot\frac{\mathcal{E}}{L} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{CL}(\sqrt{3}+1)$; 2) $I_{m1} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$; 3) $I_{m2} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$

Задача № 5



Дано:
$F_0;\ D;\ \tau_0$
$\ell_A = 3F_0$
$I_1 = 3I_0/4$
1) ℓ - ?
2) V - ?
3) t_1 - ?

Решение:

1) Найдём где сфокусируется свет после прохождения первой линзы (Л1):

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{h_1} \rightarrow h_1 = F_0$ т.к. $d_1 = \infty$ (лучи параллельные)

Но для линзы Л2 это будет источник $d_2 = 3F_0 - h_1 = 2F_0$. Найдём h_2:

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{h_2} \rightarrow h_2 = \frac{Fd_2}{d_2 - F} = 2F_0$, значит $\ell = 2F_0$

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

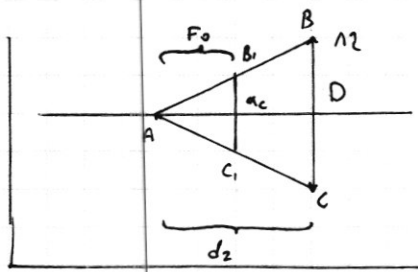
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Т.к. I в детекторе пропорциональна N (мощности света), а значит пропорцион. ширине светового потока. Ширина светового потока ~~ширина~~ на расстоянии $2F_0$ от линзы №1 равна: $a_{CB} = D \cdot \frac{F_0}{d_2} = \frac{D}{2}$ – по подобию $\triangle ABC$ и $\triangle AB_1C_1$ (см. рисунок)



3) Откуда ширина мишени M:

$a_м = \frac{1}{4} a_{CB} = \frac{D}{8}$, т.к. перекрыли $\frac{1}{4}$ часть (ток уменьшился на $\frac{1}{4} I_0$).

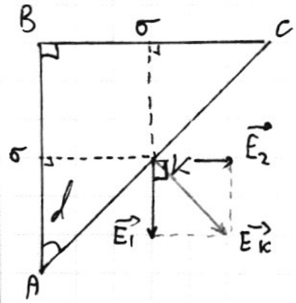
4) $V = \frac{a_м}{\tau_0} = \frac{D}{8\tau_0}$ – скорость мишени.

5) t_1 – время за которое мишень пройдет оставшуюся ширину светового потока.

$t_1 = \frac{a_{CB} - a_м}{V} = \frac{3a_{CB}}{4V} = \frac{3D}{8 \cdot V} = 3\tau_0$

Ответ: 1) $l = 2F_0$; 2) $V = \frac{D}{8\tau_0}$; 3) $t_1 = 3\tau_0$

Задача №3



Дано:

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$, σ

$\frac{E_{K1}}{E_{11}}$ – ?

2) $\alpha = \frac{\pi}{7}$?, σ

$\sigma_1 = 2\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

E_{K2} – ?

Решение:

1) Точка K равно удалена от точек B, C и A т.к. она – середина гипотенузы $\triangle ABC$.

2) $\vec{E_K} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$ по принципу суперпозиции где E_1 – напряжённость созданная BC, а E_2 – созданная BA. ; E_K – результирующая напряжённость

3) ~~E_K~~ Т.к. K равноудалена от краёв пластин, то $E_{11} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ и $E_{21} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E_{11}$

Откуда: $E_{K1} = \sqrt{E_{11}^2 + E_{21}^2} = E_{11} \cdot \sqrt{2}$ – E_K в первом случае

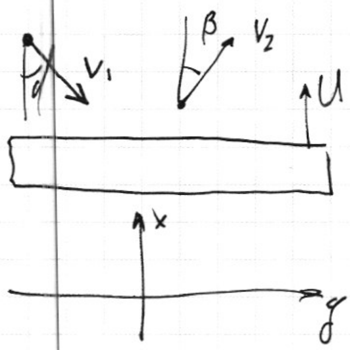
$\frac{E_{K1}}{E_{11}} = \sqrt{2}$

4) Найдём напряжённости во втором случае: $E_{12} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ и $E_{22} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Откуда: $E_{K2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}$ – E_K во втором случае.

Ответ: 1) $\frac{E_{K1}}{E_{11}} = \sqrt{2}$; 2) $E_{K2} = \sqrt{5}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Зл1 $v_1 = 8$ м/с



Решение:

1) Найдём скорости по оси Oy

$V_{1y} = \sin\alpha\, V_1 = \frac{3}{4} V_1 \quad V_{2y} = \sin\beta \cdot V_2 = \frac{1}{2} V_2$

2) Сила между нитой и шариком идут вдоль Ox значит

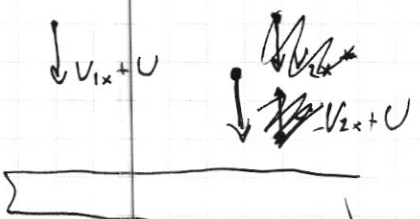
$F_y = 0$, откуда $p_y = const$ по закону ЗСИ:

$\frac{3}{4} V_1 = \frac{1}{2} V_2 \qquad V_2 = \frac{2 \cdot 3}{4} \cdot V_1 = \frac{3}{2} V_1 = \frac{3}{2} \cdot 8$ м/с $= 12$ м/с

3) Найдём V по оси Ox:

$V_{1x} = \cos\alpha\, V_1 = \sqrt{1 - \sin^2\alpha}\, V_1 = -\frac{\sqrt{7}}{4} V_1 \qquad V_{2x} = \cos\beta\, V_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_2$

4) Перейдём в ИСО нити:



~~$V_{1x}+U = V_{2x}+U + \Delta t F$~~

$\Delta p = \Delta t F$

$m(-V_{1x} + U - (+V_{2x} + U)) = \Delta t F$

$-m(V_{1x} + V_{2x}) = \Delta t F_x$

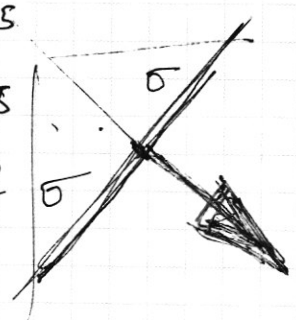
$\frac{836}{7} = 119$

$\frac{\Delta p}{m} = V_{1x} + U - (V_{2x} + U) = \frac{\sqrt{7}}{4} V_1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 3}{4} V_1$

$= \frac{V_1}{4}(\sqrt{7} + 3\sqrt{3})$

119
15
595
119
1785
18
892

$119 \cdot \frac{15}{2} = 892{,}35$

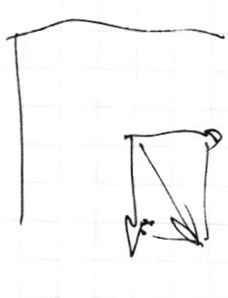


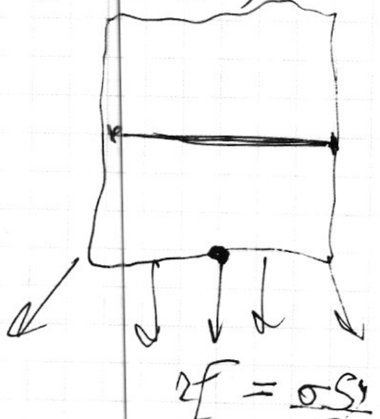
$= \frac{4}{5}$

$\frac{m(V_{1x}+U)^2}{2} - \frac{m(V_{2x}+U)^2}{2} =$

$= \frac{m}{2}\left(V_{1x}^2 - V_{2x}^2 + 2V_{1x}U - 2V_{2x}U\right)$

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





E_k

$\rho = \frac{m}{V}$

$2F = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

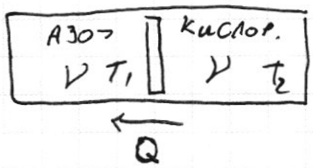
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

З№2 $\nu = \frac{3}{7}$ $T_1 = 300K$ $T_2 = 500K$



$C_V = \frac{5}{2}R$

Решение:

1) $pV = \nu RT$ давления равны:

$$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ pV_2 = \nu RT_2 \end{cases} \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300K}{500K} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) Энергия: $W_{сис} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 + T_2) = \frac{3}{2}2\nu R T_{уст.}$ – закон сохр. эн.

$$T_{уст} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{800}{2} = 400K$$

3) $Q = \Delta U - A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_к - p\Delta V = \nu R\left(\frac{3}{2}\underset{100K}{\Delta T_к} - \underset{100K}{\Delta T_{A3}}\right) = \nu R \cdot \frac{1}{2} \cdot 100K$

$= \frac{3}{7} \cdot 8,31 \cdot 50 =$

$p\Delta V = \nu R\Delta T_{A3}$

$= 178,07$ Дж.

$$\begin{array}{r} \times\, 8,31 \\ 150 \\ \hline 4155 \\ +\,831\; \\ \hline 1246,50 \end{array}$$

$1246,50 \,|\, 7$ → $172,07$
7
54
49
56
5

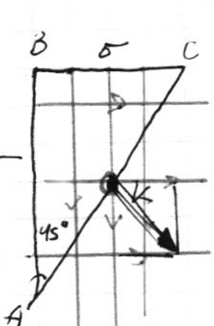
$\frac{831}{7} \approx 120 \cdot \frac{3}{2} = 60 \cdot 3 = \boxed{180}$

З№3 1) $\alpha = \pi/4$

Решение: 1) Точка К далеко от краёв а значит можно считать что: $E_{к1} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; $E_{к2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_{рез} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$

В $\sqrt{2}$ больше.



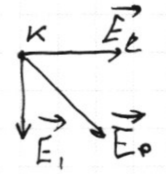
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\alpha = \frac{\pi}{7}$ $\quad \overset{BC}{\sigma_1 = 2\sigma} \quad \overset{AB}{\sigma_2 = \sigma} \quad E_K - ?$

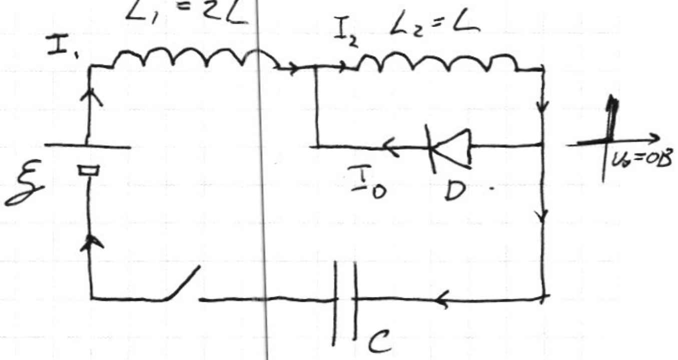
Решение:



$E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \Big\} E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E_p = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2}} = \underline{\underline{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}}}$

3 и 4



Решение:

1) $\xi_u = -L\dot{I}_L$; $U_D = 0$ В $\quad \infty$ В

2) Контур $\xi L_1 L_2 C \xi$:

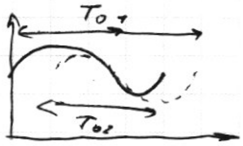
$\xi - 2L\dot{I}_1 - L\dot{I}_2 = U_C$

$\xi = U_C + L(2\dot{I}_1 + \dot{I}_2)$

3) $-L_2\dot{I}_2 = U_D = 0$ В $\quad$ когда D открыт $\dot{I}_2 = 0 \to I_2 = const$

Значит когда $I_1 \to$: $T_{01} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{3CL}$

$I_1 \leftarrow$: $T_{02} = 2\pi\sqrt{CL_1} = 2\pi\sqrt{2CL}$



$T = \frac{T_{01}}{2} + \frac{T_{02}}{2} = \underline{\underline{\pi\sqrt{CL}(\sqrt{3}+\sqrt{2})}}$

4) $\xi\Delta q = \frac{L_1 I_D^2}{2} + \frac{L_2 I_D^2}{2} + \frac{\Delta q^2}{2C}$

~~$\xi\Delta q = \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{\Delta q^2}{2C}$~~

~~$2C\xi\Delta q = CL_1 I^2 + \Delta q^2$~~

~~$I^2 = \frac{\Delta q}{CL_1}(2C\xi - \Delta q)$~~

~~$I^2 = \frac{I}{CL_1}(2C\xi - \Delta q)$~~

I_{max} когда C не заряжен значит $U=0$

$\xi = 3L\dot{I}_1$

$\dot{I}_1 = \frac{\xi}{3L} \qquad I_1 = \frac{2\pi}{T_1}\frac{\xi}{3L}$

Чистовой черновик №1 :

Задача №1

Дано:

$V_1 = 8$ м/с

$\sin\alpha = 3/4$

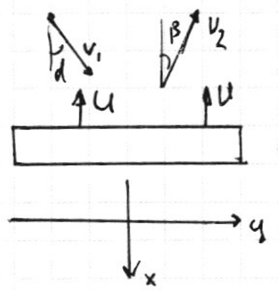
$\sin\beta = 1/2$

1) V_2 - ?

2) U - ?

Решение:

1) Пусть оси Ox и Oy будут как показано на рисунке



Найдём скорости по Oy:

$V_{1y} = \sin\alpha V_1 = \frac{3}{4} V_1 \qquad V_{2y} = \sin\beta V_2 = \frac{1}{2} V_2$

2) Силы между плитой и шариком действуют только по оси Ox значит

$P_y = const$ по закону ЗСИ : $mV_1 \frac{3}{4} = m\frac{1}{2} V_2 \to V_2 = \frac{2\cdot 3}{4} V_1 = 12$ м/с

3) Найдём скорости по Ox: $V_{1x} = \sqrt{1-\sin\alpha^2}\, V_1 = \frac{\sqrt{7}}{4} V_1 \qquad V_{2x} = \sqrt{1-\sin\beta^2}\, V_2 = -\frac{\sqrt{3}}{2} V_2$

4) Откуда: $V_{1x} = \frac{\sqrt{7}}{4} V_1 \qquad V_{2x} = -\frac{3\sqrt{3}}{4} V_1$

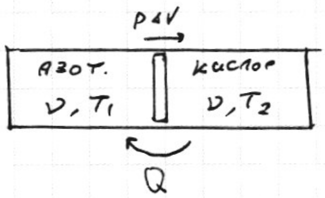
5) Перейдём в ИСО плиты, то ΔW_K:

$\Delta W_K = \frac{m}{2}\left((V_{1x}+U)^2 - (V_{2x}+U^2)\right) = \frac{m}{2}\left(\frac{V_1^2}{16}(7-27) + 2U\left(\frac{V_1}{4}(\sqrt{7}+3\sqrt{3})\right)\right) =$

$= \frac{mV_1}{8}\left(\frac{V_1}{4}\cdot -20 + 2U(\sqrt{7}+3\sqrt{3})\right) > 0$ т.к. удар не упругий

$-5V_1 + 2U(\sqrt{7}+3\sqrt{3}) > 0 \to U > \frac{5V_1}{2(\sqrt{7}+3\sqrt{3})} = \frac{20}{\sqrt{7}+3\sqrt{3}}$

Задача №2



Дано:

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

$C_V = \frac{5}{2}R$

1) V_A / V_K - ?

2) T_0 - ?

3) Q - ?

Решение:

1) Закон Менделеева - Клапейрона: $pV = \nu RT$

$p_A = p_K$ т.к. поршень движется после температур. равновесия азота.

$pV_A = \nu RT_1$ и $pV_K = \nu RT_2 \to \frac{V_A}{V_K} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5} = 0{,}6$

2) Энергия в сосуде постоянная т.к. это замкнутая система:

$\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu RT_0 + \frac{3}{2}\nu RT_0 \iff T_1 + T_2 = 2T_0 \iff T_0 = \frac{T_1+T_2}{2} = 400K$

3) По первому началу:

$Q = \Delta U_{Аз} + A_{Аз} = \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1) + p\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R(T_2 - T_0) = \frac{5}{2}\nu R\Delta T =$

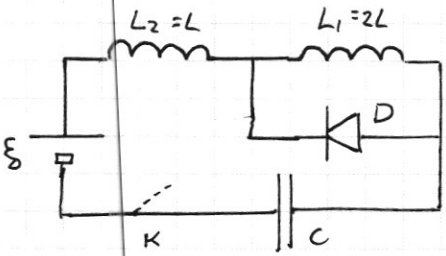
$= \frac{5}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100K = 178{,}07$ Дж $\cdot 5 = 890{,}35$ Дж

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

Чистовой черновик №2:

Задача №4



Дано:
$L_1=2L$
$L_2=L$
$C;\ \xi$

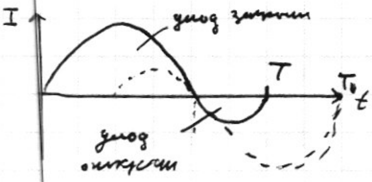
T - ?
I_{m1} - ?
I_{m2} - ?

Решение:

1) Когда диод открыт $\xi_{L1}=0$, т.к. $U_D=0$

2) Когда ток течёт по $\xi L_2 L_1 C \xi$: $T_1=2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}=2\pi\sqrt{3CL}$

Когда ток течёт через $\xi C D L_2 \xi$: $T_2=2\pi\sqrt{CL_2}=2\pi\sqrt{CL}$



В результате период равен:

$$T=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}=\underline{\pi\sqrt{CL}\left(\sqrt{3}+1\right)}$$

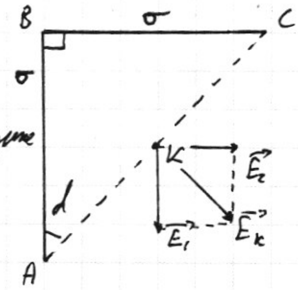
3) I_{max} когда конденсатор не заряжен откуда:

По большому контуру: $\xi=3L\dot{I}_1$ $\quad \dot{I}_1=\frac{\xi}{3L}$ $\quad I_{max1}=\frac{\dot{I}_1}{\omega_1}=$ ~~$\frac{2\pi}{T_1}\ldots\frac{\xi}{3L}$~~

$$=\frac{T_1}{2\pi}\cdot\frac{\xi}{3L}=\frac{\sqrt{3CL}\,\xi}{3L}=\underline{\sqrt{\frac{C}{3L}}\,\xi}$$

Аналогично: $\xi=L\dot{I}_2$ $\quad \dot{I}_2=\frac{\xi}{3L}$ $\quad I_{max2}=\frac{\dot{I}_2}{\omega_2}=\frac{T_2}{2\pi}\cdot\frac{\xi}{L}=\frac{\sqrt{CL}\,\xi}{L}=\underline{\sqrt{\frac{C}{L}}\,\xi}$

Задача №3



Дано:
1) $\alpha=\frac{\pi}{4}$, σ
E_2/E_1 - ?

2) $\alpha=\frac{\pi}{7}$, σ
$\sigma_1=2\sigma$
$\sigma_2=\sigma$
E_k - ?

Решение:

1) Точка K равноудалена от пластин B, C и A т.к. посередине гипотенузы ΔABC.

2) $\vec{E_K}=\vec{E_1}+\vec{E_2}$ где E_1 - создана BC и E_2 - создана BA

3) Т.к. точка K равноудалена от краёв, то $E_1=\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ и $E_2=\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$$E_K=\sqrt{\frac{\sigma^2}{2^2\varepsilon_0^2}+\frac{\sigma^2}{2^2\varepsilon_0^2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sqrt{2}=\frac{\sigma}{\sqrt{2}\,\varepsilon_0}$$

Откуда: $E_K/E_1=\sqrt{2}E_1/E_1=\underline{\sqrt{2}}$ раз

4) $E_{12}=\frac{2\sigma}{2\varepsilon_0}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ $\quad E_{22}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Откуда: $E_{K2}=\sqrt{\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2}+\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{5}{4}}=\underline{\frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\varepsilon_0}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

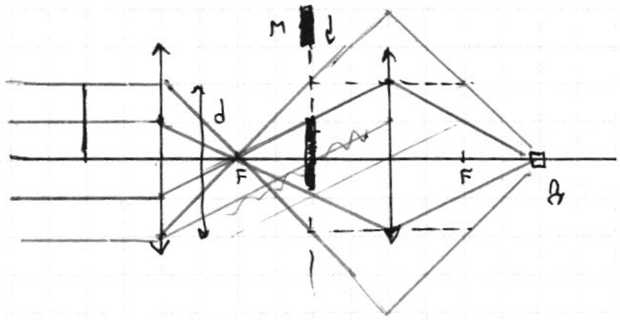
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 N S F_0 $l = 3F_0$ $D << F_0$

$I \sim N$



Решение:

1) Для фокусировки на D:

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{d_1}$ $d_1 = \infty$, т.к. параллельный пучок $\to h_1 = F_0$, но для второй линзы это $d_2 = 3F_0 - h_1 = 2F_0$

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{h_2}$ $h_2 = \frac{F d_2}{d_2 - F} = \frac{2F_0^2}{F_0} = 2F_0$

2) Мишень M имеет ширину $l = \frac{1}{4} l_{свет}$ т.к. $I_0 - I_1 = \frac{1}{4} I_0$, а $I \sim N \sim l_{пучка}$

$l_{света} = D \cdot \frac{1}{2}$

По подобию Δ:

3) $V = \frac{l}{\tau_0} = \frac{\frac{1}{4} l_c}{\tau_0} = \frac{D}{8\tau_0}$

4) t_1 - время за которое мишень пройдёт $l_{св} - l = \frac{3}{4} l_c$

$t_1 = \frac{\frac{3}{4} l_c}{V} = \frac{3D}{8 \cdot \frac{D}{8\tau_0}} = 3\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)