Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

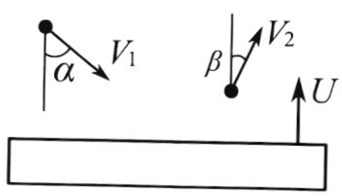
Класс 11

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.



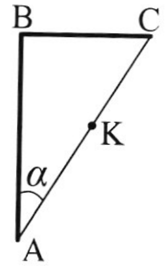
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

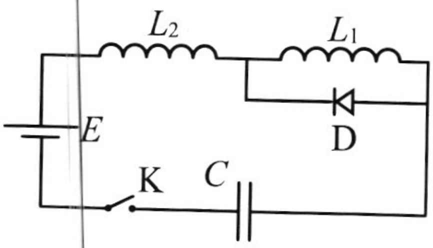
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

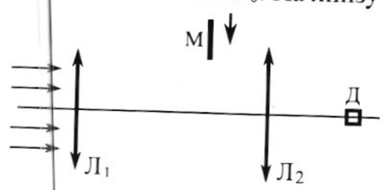
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

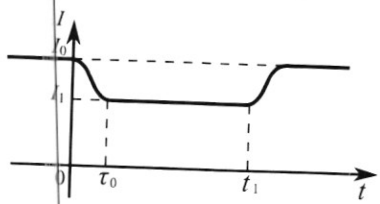
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

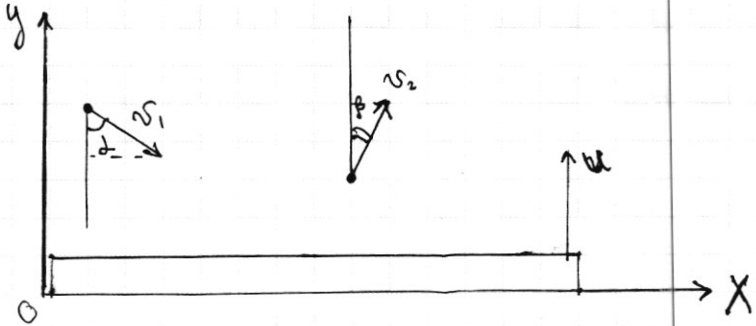
$v_1 = 8\ \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

$\sin\beta = \frac{1}{2}$

$v_2 = ?$

$u = ?$



1) Во время удара на шарик не действует никаких горизонтальных сил $\Rightarrow \frac{dp_x}{dt} = 0 \Rightarrow p_x = const$.

$m \cdot v_1 \cdot \sin\alpha = m \cdot v_2 \sin\beta$

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

$v_2 = 8\ м/с \cdot \frac{3/4}{1/2} = 8 \cdot \frac{3}{2}\ \frac{м}{с} = 12\ м/с$

2) Рассмотрим случай абсолютно упругого удара, т.е. удара, при котором не происходит потери энергии при ударе, т.е. модуль проекции скорости на ось OY одинаков до и после удара.

Перейдём с.о., ~~движущ~~ движущуюся со скоростью u вверх.

Тогда плита неподвижна; $v'_{1y} = v_{1y} + u$

$v'_{2y} = v_{2y} - u$; $v'_{1y} = v'_{2y} \Rightarrow v_{1y} + u = v_{2y} - u \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{2y} = v_{1y} + 2u$.

Однако удар неупругий, поэтому есть потери энергии, а как следствие потеря скорости. Значит

$v_{2y} < v_{1y} + 2u \Rightarrow u > \frac{v_{2y} - v_{1y}}{2}$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$; $\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$v_{2y} = v_2 \cos\beta$; $\quad v_{1y} = v_1 \cos\alpha$

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

$u > \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} \frac{м}{с} = (3\sqrt{3} - \sqrt{7}) \frac{м}{с}$

$u > 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ – ограничение снизу.

Кроме того, по условию ~~сказано, что~~ шарик продолжил движение отдельно от клина, поэтому $v_2 \cos\alpha > u$

$u < v_2 \cos\alpha$

$u < 12 \frac{м}{с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$u < 6\sqrt{3} \frac{м}{с}$ – ограничение сверху.

Ответ: $v_2 = 12 \frac{м}{с}$; $\quad u \in \left((3\sqrt{3} - \sqrt{7})\frac{м}{с}; 6\sqrt{3}\frac{м}{с}\right)$

№2.

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300 K$

$T_2 = 500 K$

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

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$\frac{V_1}{V_2} = ?$

$T = ?$

$\Delta Q = ?$

1) $\begin{cases} P_1V_1 = \nu_1 RT_1 \\ P_2V_2 = \nu_2 RT_2 \end{cases}$; По условию $\nu_1 = \nu_2$

В начальный момент времени $P_1 = P_2$, т.к. теплообмен медленный.

$\because \begin{cases} PV_1 = \nu RT_1 \\ PV_2 = \nu RT_2 \end{cases} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{300 K}{500 K} = \frac{3}{5} = 0{,}6$

2) В конечный момент времени температуры газов сравняются и будут равны T. Кроме того, теплообмен медленный, поэтому весь процесс можно считать изобарным.

$-\begin{cases} PV_1 = \nu RT_1 \\ PV = \nu RT \end{cases} \quad P(V_1 - V) = \nu R(T_1 - T) = \nu R \Delta T_1$

$V_1 = \frac{3}{8} V_{общ.}$), $\quad V = \frac{1}{2} V_{общ} \Rightarrow -\frac{1}{8} PV_{общ} = \nu R \Delta T_1$

☐ 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

$$\begin{cases} PV_2 = \nu R T_2 \\ PV = \nu R T \end{cases} \Rightarrow P(V_2 - V) = \nu R (T_2 - T)$$

$V_2 = \frac{5}{8} V_{\text{сосуд}}$; $V = \frac{1}{2} V_{\text{сосуд}}$

$\frac{1}{8} P V_{\text{сосуд}} = \nu R \Delta T_2 = -\nu R \Delta T_1$

$\Delta T_2 = -\Delta T_1$

$T_2 - T = T - T_1 \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$T = \frac{300к + 500к}{2} = 400к$

3) Процесс изобарный $\Rightarrow \Delta Q = C_p \nu \Delta T = (C_v + R) \nu \Delta T =$

$= (C_v + R) \nu (T_2 - T) = \frac{7}{2} R \nu (T_2 - T)$

$\Delta Q = \frac{7}{2} \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль\,к} \cdot \frac{3}{7} моль \cdot (500к - 400к) = \frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \cdot 100\ Дж =$

$= \frac{3}{2} \cdot 831\ Дж = 1246{,}5\ Дж$

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$; $T = 400к$; $\Delta Q = 1246{,}5\ Дж$.

№3.

Дано:

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$;

$\sigma_1 = \sigma_2$;

$\frac{E}{E_0} = ?$

2) $\alpha = \frac{\pi}{7}$

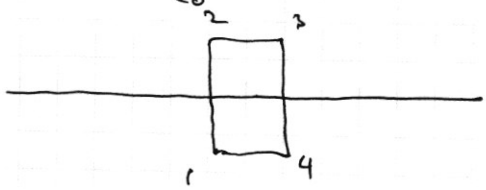
$\sigma_1 = 2\sigma$

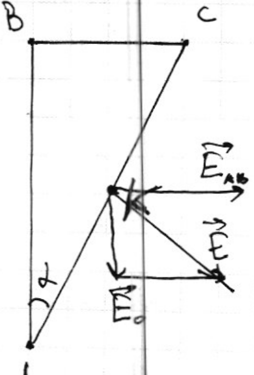
$\sigma_2 = \sigma$

$E_4 = ?$

1) По теореме Гаусса

$\vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{\Sigma q}{\varepsilon_0}$





Пластина бесконечная, поэтому поле симметрично, однородно и направлено от пластин и перп. ей (если заряд положительный)

Поэтому на участках 1-2 и 3→4 $\vec{E} = 0$

$(\vec{E}_{12} + \vec{E}_{34})\vec{S} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; $\vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos\alpha$; $\alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{12} + E_{34} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E_{12} = E_{34}$ (т.к. $l_{12} = l_{34}$) $\Rightarrow$ $E_{12} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; $E_{AB} = E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$ (по принципу суперпозиции, после сообщ. заряда на AB)

$E^2 = E_{AB}^2 + E_{BC}^2 = 2E_{BC}^2 \Rightarrow \frac{E}{E_{BC}} = \sqrt{2} = \frac{E}{E_0}$

2) Аналогично $E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; ~~$E_{BC}$~~

$E_{BC} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$\vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC} \Rightarrow E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$

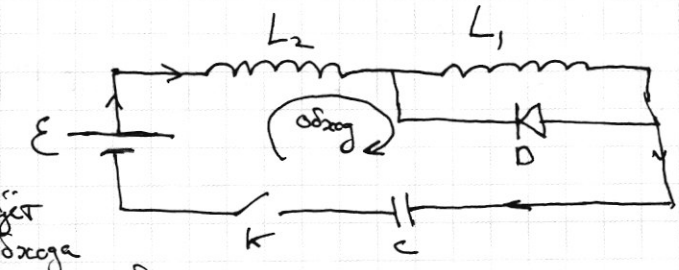
Ответ: 1) $\frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$; 2) $E = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$

№4.

$L_1 = 2L$
$L_2 = L$
C
$\mathcal{E}$

$T = ?$
$I_{m1} = ?$
$I_{m2} = ?$

Колебательный процесс будет состоять из двух частей.



Сначала ток пойдёт по направлению обхода через L_1 и L_2, диод будет закрыт. Затем, когда конденсатор зарядится до $q = q_{max}$ ток пойдёт в другую сторону, диод будет ~~закрыт~~ открыт, поэтому ток пойдёт через диод, а не через катушку

1) В таком случае полный период колебаний будет состоять из двух полупериодов.

В первом случае катушки соединены последовательно, поэтому их можно заменить катушкой с $L_{общ} = L_1 + L_2 = 3L$. Во втором случае катушки L_1 как будто нет в цепи, поэтому $L_{общ} = L_1 = L$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По второму правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{E} - L_{общ}\frac{dI}{dt} - \frac{q}{c} = 0 \quad |:L_{общ}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{CL_{общ}}q = \frac{\mathcal{E}}{L_{общ}}, \qquad q = x + \mathcal{E}C$$

$$\ddot{x} + \frac{1}{CL_{общ}}(x + C\mathcal{E}) = \frac{\mathcal{E}}{L_{общ}}$$

$$\ddot{x} + \frac{x}{CL_{общ}} = 0 \qquad \omega_0^2 = \frac{1}{CL_{общ}} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{CL_{общ}}}$$

$$T_{1,2} = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{CL_{общ}}$$

При $L_{общ} = 3L$:

$$\frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{3cL}$$

При $L_{общ} = L$:

$$\frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{cL}$$

$$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{3cL} + \pi\sqrt{cL} = \pi\left(\sqrt{3cL} + \sqrt{cL}\right).$$

2) Запишем ЗСЭ:

$$A_{ист} = (W_{Lк} - W_{L0}) + (W_{Cк} - W_{C0})$$

$$\mathcal{E}\cdot\Delta q = \frac{LI_к^2}{2} - \frac{LI_0^2}{2} + \frac{q_к^2}{2c} - \frac{q_0^2}{2c}$$

Из правила Кирхгофа ток максимален при $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow q = \mathcal{E}\cdot C$

Максимальный ток на первой катушке соответствует максимальному току, идущему через катушки в первом полупериоде, т.к. во втором полупериоде ток через первую катушку не идёт.

В начальный момент времени $q = 0$; $I = 0$; работа источника положительна $\Rightarrow$

$c\mathcal{E}^2 = \frac{L_{общ} I_{m1}^2}{2} + \frac{c\mathcal{E}^2}{2}$

$\frac{c\mathcal{E}^2}{2} = \frac{3L I_{m1}^2}{2} \Rightarrow I_{m1}^2 = \frac{c\mathcal{E}^2}{3L}$ $\quad I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{c}{3L}}$

3) Через вторую катушку пойдёт максимальный ток во время второго полупериода, когда индуктивность всей цепи уменьшится из-за отключения первой катушки.

$U_{max} = 2\mathcal{E}$

во время второго полупериода ~~заряд~~ ток пойдёт против направления обхода $\Rightarrow$ источник будет совершать отриц. работу.

$U_c = \mathcal{E} \Rightarrow I = I_{max}$

$-\mathcal{E}^2 \cdot c = \frac{L I_{m2}^2}{2} + \frac{c\mathcal{E}^2}{2} - \frac{c \cdot 4\mathcal{E}^2}{2}$

$\frac{L I_{m2}^2}{2} = \frac{c\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{c}{L}}$

Ответ: $T = \pi\left(\sqrt{3cL} + \sqrt{cL}\right)$; $I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{c}{3L}}$ $\quad I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{c}{L}}$

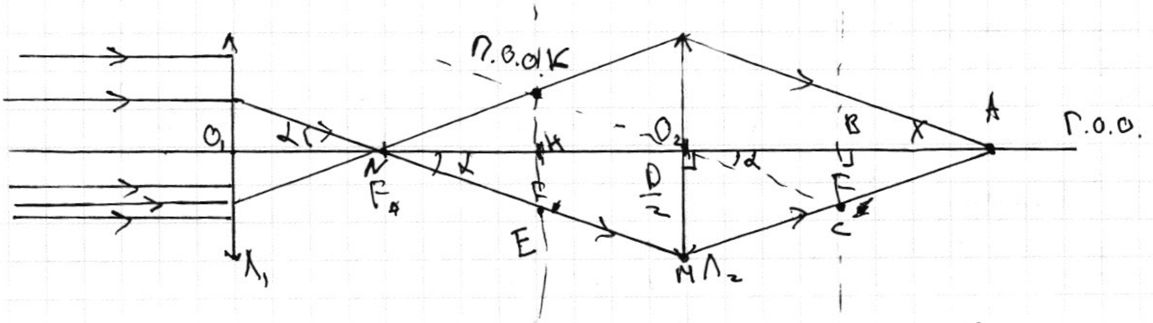
№5.

$F_0; D; \tau_0$

$\Delta l = ?$

$v = ?$

$\tau_1 = ?$



1) На рисунке показан ход луча идущего через край второй линзы. $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{D}{2}}{2F_0} = \frac{D}{4F_0}$ (т.к. $O_2F_0 = O_1O_2 - O_1F_0 = 3F_0 - F_0 = 2F_0$)

$\triangle O_2BC$ $\quad O_2B = F_0$; $\quad BC = F_0 \cdot \operatorname{tg}\alpha = F_0 \cdot \frac{D}{4F_0} = \frac{D}{4}$

$\triangle O_2MA \sim \triangle BCA$ (т.к. прямоуг., $\angle A$ - общий); $\quad k = \frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2}$

$\frac{x}{x+F_0} = \frac{1}{2}$ $\qquad 2x = x + F_0 \Rightarrow x = F_0 \Rightarrow O_2A = l = x + F_0 = 2F_0$, т.к.

2) по условию фотодетектор находится в месте фокусировки лучей (один из лучей идёт вдоль Г.О.О.)

2) $EK = \frac{D}{2}$ (из подобия $\triangle NEH$ и $\triangle O_2MN$) и из симметрии)

т.к. $I = \frac{3}{4} I_0$ предмет закрывает четверть потока, т.е.

высота предмета $h = \frac{EK}{4} = \frac{D}{8}$

τ_0 – время, за которое предмет полностью войдёт в зону

EK, т.е. нижняя точка предмета преодолеет расстояние

$\frac{D}{8}$. $\quad v = \frac{h}{\tau_0} = \frac{D}{8\tau_0}$.

Следует отметить, что лучи, идущие выше EK не попадут

на $Л2$, а значит не попадут на фотодетектор.

3) в момент времени t_1 нижняя точка предмета

перестанет закрывать лучи, а значит эта точка пройдёт

всё расстояние EK.

$t_1 = \frac{EK}{v} = \frac{\frac{D}{2}}{\frac{D}{8\tau_0}} = 4\tau_0$.

Ответ: $l = 2F_0$; $v = \frac{D}{8\tau_0}$; $t_1 = 4\tau_0$

☐ 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

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

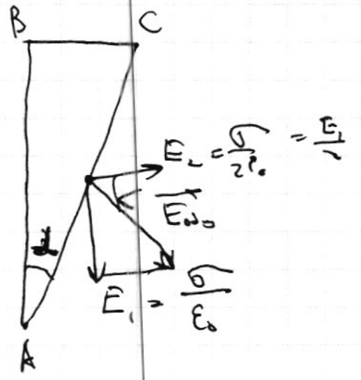
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\vec{E}_{общ}^2 = E_1^2 + \left(\frac{E_1}{2}\right)^2 = \frac{5E_1^2}{4} \Rightarrow E = \frac{\sqrt{5}}{2}E_1 = \frac{\sqrt{5}}{2}\cdot\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$



№4.

$\mathcal{E}$

$L_1 = 2L$

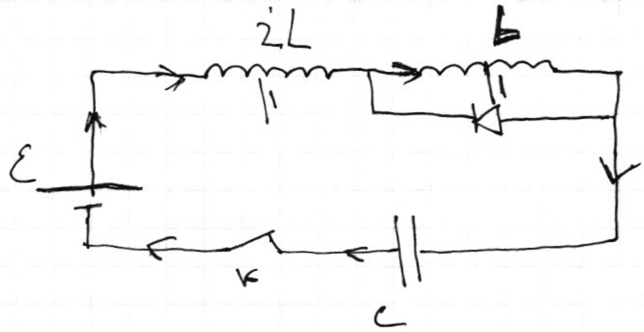
$L_2 = L$

C

$T = ?$

$I_{m1} = ?$

$I_{m2} = ?$



~~3L~~

$\mathcal{E} - 2L\frac{dI}{dt} - L\frac{dI}{dt} - \frac{q}{C} = 0$

$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + 3L\frac{dI}{dt} \Rightarrow$

$\Rightarrow$

$\ddot{q} + \frac{q}{3LC} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$ — дифф. ур-е 1-го типа

$\omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}} = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$

~~$T = 2\pi\sqrt{3LC}$~~

~~$\frac{q}{3LC} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$~~

~~$q =$~~

$T = \pi\left(\sqrt{3LC} + \sqrt{2LC}\right)$ — складывается из двух полупериодов

В первом полупериоде: $\mathcal{E}\cdot q = \frac{2LI_1^2}{2} + \frac{LI_1^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$ + (U^2C)

$\frac{q}{C} = \mathcal{E} \Rightarrow q = \mathcal{E}\cdot C$

$\mathcal{E}^2\cdot C = \frac{3LI_{max}^2}{2} + \frac{\mathcal{E}^2\cdot C}{2}$

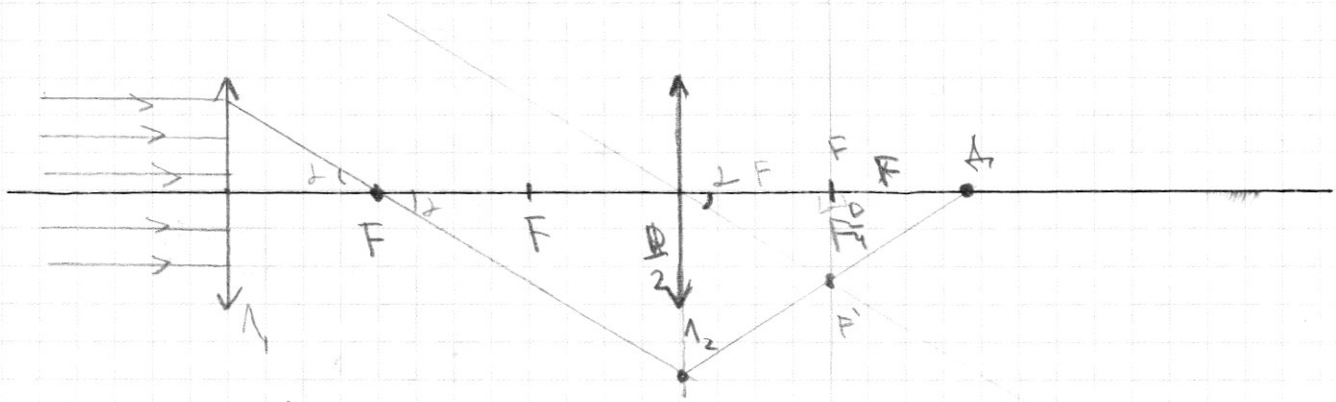
$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{3LI_{max}^2}{2} \Rightarrow I_{max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

$-\mathcal{E}\cdot C = LI_{max2}^2 + \frac{\mathcal{E}^2\cdot C}{2} - 2\mathcal{E}^2 C$ $\frac{3}{2}\mathcal{E}^2\cdot C = LI_{max}^2 \Rightarrow I_{max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{2L}}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

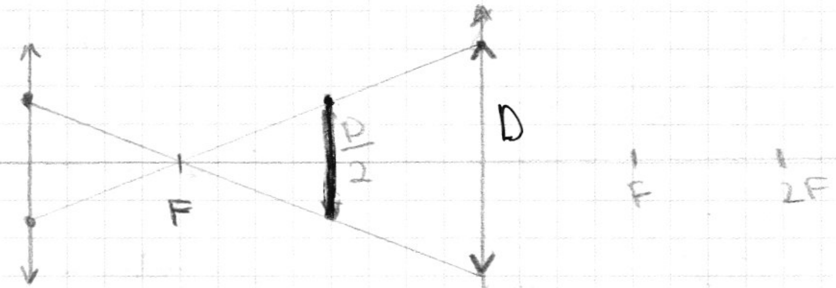
№5.



$$-\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$$

$$-\frac{1}{2F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \qquad \frac{1}{f}=\frac{1}{F}+\frac{1}{2F}=\frac{3}{2F} \Rightarrow f=\frac{2F}{3}$$

$l=2F_0$ (из подобия)



$I_1=\frac{3I_0}{4} \Rightarrow$ четверть пучка загораживает мишень $\Rightarrow l_м=\frac{D}{8}$.

нижняя точка мишени „пройдёт" расстояние $\frac{D}{8}$ за τ_0

$$v=\frac{D}{8\tau_0} \qquad \frac{\frac{D}{2}}{v}=t_1=\frac{D}{2\cdot\frac{D}{8\tau_0}}=4\tau_0$$

$$x=q'-\frac{\mathcal{E}}{L\omega_0^2} \qquad q=x+\mathcal{E}LC$$

$$\ddot{x}+\frac{1}{CL}(x+\mathcal{E}LC)=\frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\ddot{x}+\frac{x}{CL}+\frac{\mathcal{E}}{L}=\frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\ddot{x}+\frac{x}{CL}=0$$

$$\cancel{x=x_m\sin(\omega t+\varphi_0)}$$

$$\cancel{q-\mathcal{E}C=}$$

☑ 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

№2.

$N_2 \quad M = 14$

$O_2 \quad M = \cancel{32}\ 16$

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

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$\frac{V_N}{V_0} = ?$

$C_V = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T} = \frac{\Delta U}{\nu \Delta T} = \frac{\frac{i}{2}\nu R \Delta T}{\nu \Delta T} = \frac{iR}{2} \Rightarrow i = 5$

$\begin{cases} \Delta Q_1 = \Delta U_1 + A' \\ \Delta Q_2 = \Delta U_2 + A' \end{cases}$ $\quad 0 = \Delta U_2 - \Delta U_1 + 2A' \quad 2A' = \Delta U_1 - \Delta U_2$

$2 P \Delta V = \frac{i}{2}\nu R \Delta T_1 - \frac{i}{2}\nu R \Delta T_2$

$PV = \nu RT$

$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_1(1 - V_1) = \nu R T_2 \end{cases}$

V_1 – для азота

$\frac{V_1}{1 - V_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5} = \frac{V}{V_2}$

$\Delta Q_1 = \Delta Q_2 = \frac{i}{2}\nu R \Delta T = C_V \nu \Delta T$

$\begin{cases} P V_1 = \nu RT \\ P V_2 = \nu RT \end{cases}$ – в уст. сост. – одинаковые температуры объём и давление

$\Delta Q = C_V \nu \Delta T = C_V \nu \Delta T$

$T_1' = T_2'$

$T_1 - T_1' = T_2 - T_2'$

$T_1 - T_1' = T_2 - T_2'$

$\begin{cases} T_1' = T_2 \\ \Delta T_1 = \Delta T_2 \end{cases}$

$T_1' - T_1 = T_2 - T_2$

$T_1' - T_1 = T_2 - T_2'$

$T_1' - T_1 = T_2 - T_1'$

$2T_1' = T_1 + T_2$

$T_1' = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400K \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta T = 100K$

$Q = C_V \nu \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot \frac{3}{7 моль} \cdot 100K \approx$

$\approx 890{,}357$ Дж

$\Delta V = \begin{cases} PV_1 = \nu R T_1 \\ PV_2 = \nu RT \end{cases}$

$V - V_1 = \Delta V = \frac{\nu R(T - T_1)}{P}$

$\nu R(T - T_1) = \frac{i}{2}\nu R \Delta T_1$

$831 : 2 = 415{,}5$

$4155 \cdot 3 = 12465$

$831 : 7 = 11$

$15 \cdot 50$

$750 \cdot 831 = 623250$

$100 \cdot 7$

$623250 : 7 = 89035$

$89035{,}7$

$= 89035{,}7$

$890{,}357$ Дж

$831 \cdot 3 = 2493$

$2493 : 2 = 1246$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

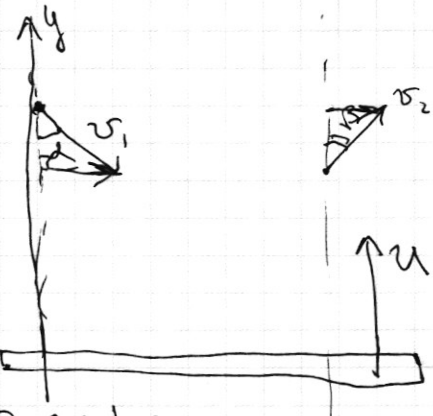
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№1.

I) В С.О. со скоростью u вверх.

ЗСИ на гор. ~~верт.~~ ось:



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

$v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 м/с \cdot \frac{3/4}{1/2} = 12 м/с$

~~$v_1 \cos\alpha$~~ $v_2 \cdot \cos\beta < v_1 \cdot \cos\alpha + 2u$

$u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt3}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt7}{4}}{2} = 3\sqrt3 - \sqrt7$

~~$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ в $\sqrt2$~~ раз

II) ~~В~~ $v_1 \cdot \cos\alpha =$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt7}{4}$

$\cos\beta = \frac{\sqrt3}{2}$

~~$v_1 \cdot \cos\alpha$~~

При переходе в С.О., движ. со скоростью u:

В проекции на ось y:

$v_1 \cdot \cos\alpha + u < 0$

~~$u < -v_1 \cos\alpha$~~ $v_2 \cos\beta > u$ $u < v_2\cos\beta = 12 \cdot \frac{\sqrt3}{2} = 6\sqrt3 \frac{м}{с}$

(в противном случае шарик прилип бы к плите и двигался с такой же скоростью

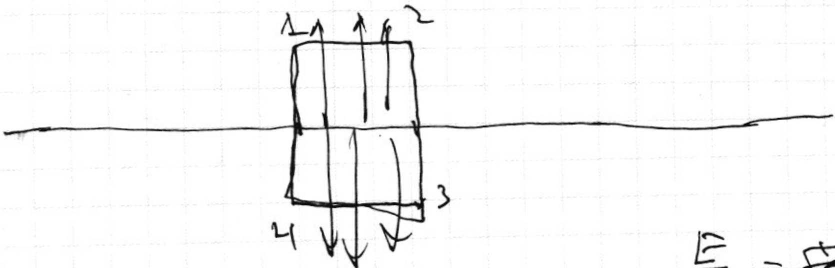
№3.

$\vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$

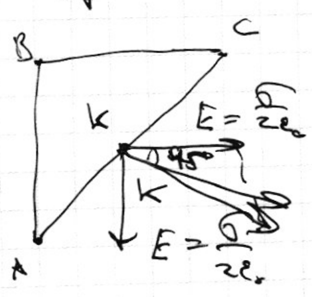
$E_{эк} + E_{п} = \frac{q}{S \cdot \varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Знак!!!



$\frac{E}{E_0} = \sqrt2$



☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)