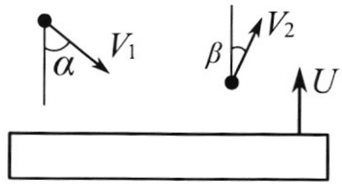
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.



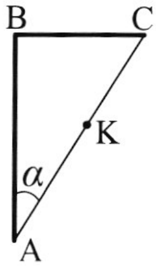
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

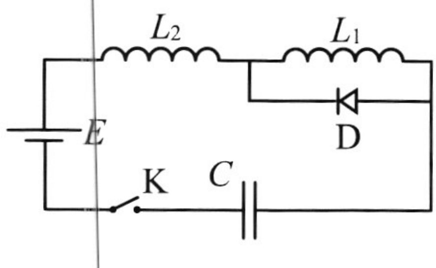
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

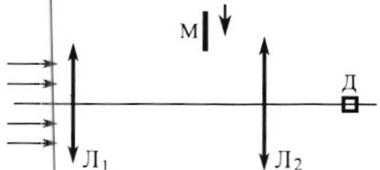
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

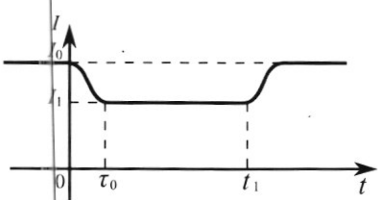
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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

№2

$T_1 = 300\,K$

$T_2 = 500\,K$

$\nu = \frac{3}{7}$ моль.

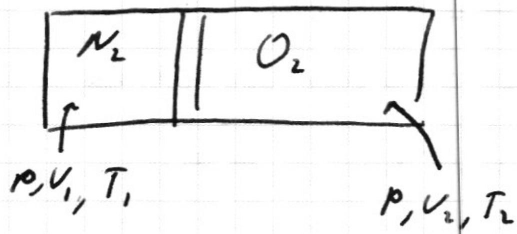
$C_V = \frac{5R}{2}$.

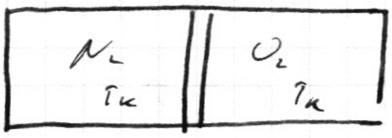
$R = 8.31\ \frac{Дж}{моль \cdot K}$

V_1/V_2 - ?

$T_к$ - ?

Q - ?





Решение:

1) Т.к поршень уравновешен, то давления в сосудах равны в любой момент времени (температура меняется медленно).

Запишем уравнение состояния N_2 и O_2 (в таком порядке)

$$pV_1 = \nu R T_1$$
$$pV_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{300K}{500K} = \frac{3}{5} = 0.6.$$

2) Найдём установившуюся температуру в сосуде. Т.к. система теплоизолирована и замкнута, то суммарная внутренняя энергия сохраняется

$$U_1 + U_2 = U_{1к} + U_{2к}$$

$U_1, U_{1к}$ – начальная и конечная энергия N_2, $U_2, U_{2к}$ – O_2.

$$U_1 = \frac{5}{2}\nu R T_1, \quad U_2 = \frac{5}{2}\nu R T_2$$

$$U_{1к} = U_{2к} = \frac{5}{2}\nu R T_к.$$

Тогда. $\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = 2\cdot\frac{5}{2}\nu R T_к$

$$T_1 + T_2 = 2T_к \Rightarrow T_к = \frac{T_1+T_2}{2}$$

$$T_к = \frac{300к+500к}{2} = 400к.$$

3) Покажем, что давление в этом процессе остаётся постоянным.

Запишем уравнение состояния для N_2 и O_2.

$$pV_1 = \nu R T_1$$
$$pV_2 = \nu R T_2$$
$$\Rightarrow p(V_1+V_2) = \nu R T_1 + \nu R T_2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{5}{2}p(V_1+V_2) = \frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2.$$

Но $\frac{5}{2}\nu R T_1 = U_1$, $\frac{5}{2}\nu R T_2 = U_2$

Т.к. $U_1+U_2 = const$, $V_1+V_2 = const$ (сосуд не меняет объём) то $p = const$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда данный процесс является изобарным. Запишем теплоёмкость кислорода при $p = const$.

$$C_p = C_V + R = \frac{7R}{2}.$$

Тогда $Q = C_p \nu (T_2 - T_K)$

$$Q = \frac{7}{2} R \nu (T_2 - T_K) = \frac{7}{2} \nu R \frac{T_2 - T_1}{2}.$$

$$Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} моль \cdot 8.31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot \frac{500 K - 300 K}{2} = 1246,5 Дж$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 0.6$

2) $T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400 K.$

3) $Q = \frac{7}{2} \nu R \frac{T_2 - T_1}{2} = 1246,5 Дж.$

☐ 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

#11

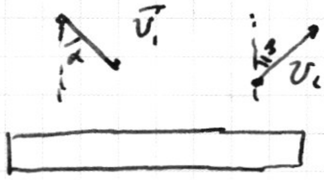
$v_1 = 8$ м/с.

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

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

$v_2 - ?$

$u - ?$



Решение:

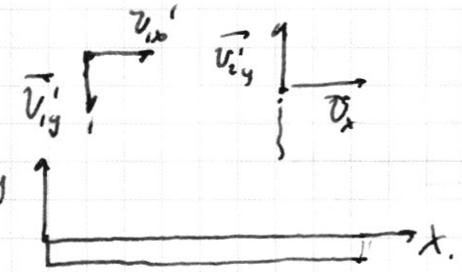
1) Т.к. поверхность гладкая, то скорость вдоль поверхности сохраняется. Т.е.

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

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

$v_2 = \frac{3}{2} v_1 = 12$ м/с.

2) Перейдём в систему отсчёта плиты.



Найдём скорость вдоль оси y до и после удара. (относительно плиты)

$v'_{1y} = -v_1 \cos\alpha - u$

$v'_{2y} = v_2 \cos\beta - u$.

Скорость вдоль поверхности сохраняется, однако вследствие неупругого удара энергия теряется, значит после отскока тело будет иметь меньшую скорость, чем до него в данной системе отсчёта.

Т.е. $|v_{1y}'| > |v_{2y}'|$

$v_1 \cos\alpha + u > v_2 \cos\beta - u$

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

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

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

$u > 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с.

Ограничение на u сверху обусловлено тем, что $v_{2y}' > 0 \Rightarrow v_2 \cos\beta - u > 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow u < v_2 \cos\beta$

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

$u < 6\sqrt{3}$ м/с.

Итого $3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с $< u < 6\sqrt{5}$ м/с.

Ответ: $v_2 = 12$ м/с.

~~$u \in (3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с; $6\sqrt{5}$ м/с$)$~~.

$3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ м/с. $< u < 6\sqrt{3}$ м/с.

☐ 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

№3

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

E_2/E_1 – ?

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

$\sigma_1 = 2\sigma$

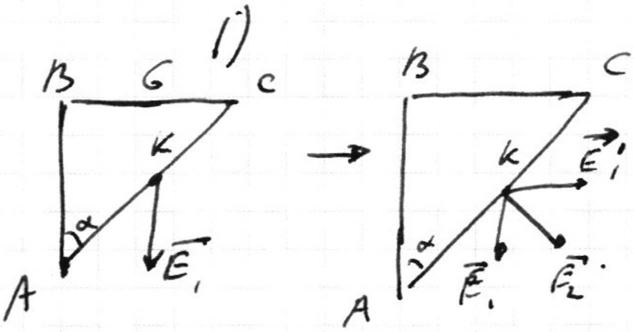
$\sigma_2 = \sigma$.

E – ?

Решение:

Т.к точки К равноудалены от концов пластин, то поле со стороны каждой пластины будет перпендикулярно пластине.

1)



Пусть пластина BC имела поверхностную плотность заряда σ и создавала поле $\overline{E_1}$. Т.к $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $AB = BC \Rightarrow$ геометрические размеры пластин равны. Тогда если пластину AB также зарядить с ~~...~~ поверхностной плотностью σ, то поле $\overline{E_1'}$ со стороны этой пластины будет по модулю равно E_1 и $\overline{E_1'} \perp AB$

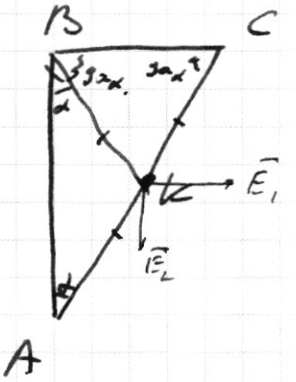
$\overline{E_2} = \overline{E_1} + \overline{E_1'}$, т.к $\overline{E_1} \perp \overline{E_1'}$, то $E_2 = \sqrt{E_1^2 + E_1^2} = E_1\sqrt{2}$.

Тогда $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2} \approx 1.4$.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

2)



Перпендикулярные составляющие поля равномерно заряженной площадки пропорциональны телесному углу, опирающемуся на эту площадку. Значит напряжённость поля пластины AB пропорциональна части плоскости, которую она занимает. При $AB \to \infty$ $\angle ABB \to 2\pi \Rightarrow \quad \frac{\angle AKB}{2\pi} = \frac{E_1}{E_0}$, где

$E_0 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$ — поле бесконечной во все стороны пластины.

$\angle AKB = \pi - \frac{2\pi}{7} = \frac{5\pi}{7} \Rightarrow E_1 = E_0 \frac{\frac{5\pi}{7}}{2\pi} = \frac{5}{14} \cdot \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

$= \frac{5\sigma}{28\varepsilon_0}$.

Аналогично найдём поле пластины BC.

$$E_2 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{\angle CKB}{2\pi} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \frac{2\alpha}{2\pi} = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}.$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\left(\frac{5}{28}\right)^2 + \left(\frac{1}{7}\right)^2}$$

$$E = \frac{\sigma}{28\varepsilon_0}\sqrt{5^2 + 4^2} = \frac{\sigma\sqrt{41}}{28\varepsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2} \approx 1.4$.

2) $E = \frac{\sigma\sqrt{41}}{28\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

#41

$L_1 = 2L$

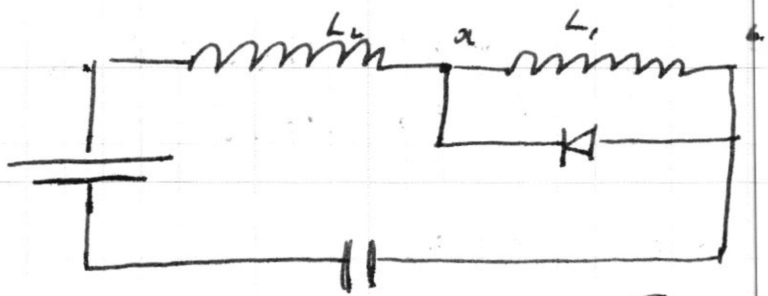
$L_2 = L$

$C, \mathcal{E}$

$T - ?$

$I_{m_1} - ?$

$I_{m_2} - ?$



Решение:

Колебание можно условно разделить на две фазы

I) Конденсатор заряжается (диод закрыт) ($L\frac{dI}{dt} > 0$)

II) диод открывается $L\frac{dI}{dt} < 0$

~~III) диод закрывается, цикл повторяй~~

Рассмотрим все процессы по порядку.

1) Начало цикла. Запишем правило Кирхгофа.

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$$

$$3L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C}(q - C\mathcal{E}) = 0$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{3LC}(q - C\mathcal{E}) = 0. \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$$

это уравнение колебаний.

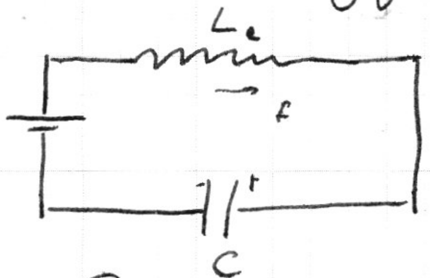
Из этого следует, что

$$q = C\varepsilon + A\cos(\omega t + \varphi_0)$$
$$I = \dot q = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\begin{cases} q(0) = 0 \\ I(0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C\varepsilon + A\cos\varphi_0 = 0 \\ +A\omega\sin\varphi_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varphi_0 = \pi \\ A = C\varepsilon. \end{cases}$$

$$q = C\varepsilon(1 - \cos\omega t)$$
$$I = C\varepsilon\omega\sin\omega t.$$
$$\frac{dI}{dt} = C\varepsilon\omega^2\cos\omega t.$$

Диод будет закрыт, пока $\varphi_a - \varphi_b = L\frac{dI}{dt} > 0$. Когда $\frac{dI}{dt}$ станет равен 0, диод откроется и далее ток через катушку L_1 будет постоянным. После открытия диода схема будет эквивалентна.



$$-\varepsilon + L_2\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$
$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}(q - C\varepsilon) = 0 \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Т.е. $q = C\varepsilon + A\cos(\omega_2 t + \varphi_0)$

$I = \dot q = -A\omega\sin(\omega_2 t + \varphi_0)$

В момент открытия диода

$\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \cos\omega t = 0,\ \sin\omega t = 1.$

Тогда $q(0) = C\varepsilon$

$I(0) = C\varepsilon\omega_1$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} C\mathcal{E} = C\mathcal{E} + A\cos\varphi_0 \\ -A\omega\sin\varphi_0 = C\mathcal{E}\omega_1 = C\mathcal{E}\dfrac{1}{\sqrt{3LC}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_0 = -\dfrac{\pi}{2}. \\ A = C\mathcal{E}\dfrac{1}{\sqrt{3LC}}\sqrt{LC} = \dfrac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3}}. \end{cases}$$

Т.е после открытия $I = \dfrac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3}}\omega\cos\omega t = $
$= \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{3L}}\cos\omega t.$

Т.е после установления колебаний.

$T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}.$

$I_{m_1} = I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{3L}}.$

Ответ: $T = 2\pi\sqrt{LC}$

$I_{m_1} = I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{3L}}.$

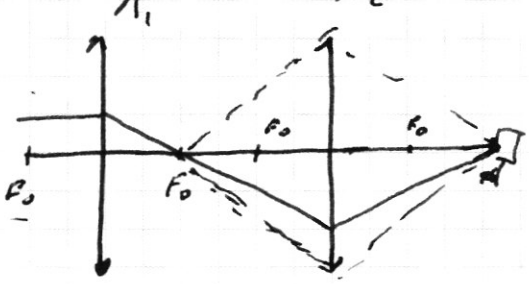
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

#51

D, F_0, τ_0.
I_0,
$I_1 = \frac{3}{4} I_0$

$d - ?$
$v - ?$, t_1.

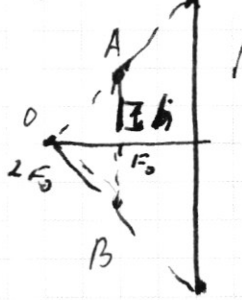
Решение:



1) Пучок после прохождения линзы Л₁ сходится в фокусе. Это эквивалентно существованию источника света на расстоянии $2F_0$ от Л₂. Лучи от этого источника света фокусируются на фотодетекторе. По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow d = 2F_0.$$

2)



Рассмотрим сечение светового пучка на расстоянии F_0 от линзы Л₂. В этой плоскости движется мишень М. Обозначим диаметр мишени как h.

Из соображений подобия диаметр сечения данного пучка будет равен $\frac{D}{2}$

Площадь сечения пучка

$$S_0 = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4} = \frac{\pi D^2}{16}.$$

Очевидно, что до момента τ_0 мишень влетает в пучок и при $\tau_0 \le t \le t_1$ целиком движется в пучке.

Площадь мишени $S_м = \frac{\pi h^2}{4}$

Мощность пучка прямо пропорциональна его площади. Пусть P_0 – исходная мощность, P_1 – мощность в момент времени $\tau_0 \le t \le t_1$. Тогда $\frac{P_1}{P_0} = \frac{S_0 - S_м}{S_0} =$

$$= 1 - \frac{S_м}{S_0} = 1 - \frac{4h^2}{D^2}.$$

Т.к $I \sim P$, то $\frac{P_1}{P_0} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{3}{4}.$

$$\frac{3}{4} = 1 - \frac{4h^2}{D^2} \Rightarrow \frac{4h^2}{D^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{h}{D} = \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{D}{4}.$$

За время τ_0 мишень полностью зашла в пучок. Т.е $h = v\tau_0$.

$$v = \frac{D}{4\tau_0}.$$

За время $t_1 - \tau_0$ мишень прошла расстояние $\frac{D}{2} - h = \frac{D}{4}$. (При $t > t_1$ мишень выходит из пучка)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{D}{4} = v\,(t_1 - \tau_0)$ $\quad \frac{D}{4} = \frac{D}{4\tau_0}(t_1 - \tau_0)$

$t_1 - \tau_0 = \tau_0 \Rightarrow t_1 = 2\tau_0$

Ответ: 1) $d = 2F_0$

2) $v = \frac{D}{4\tau_0}$

3) $t_1 = 2\tau_0$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

#31

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

~~$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$~~

Найти $\frac{E_2}{E_1}$ - ?

2) $\sigma_1 = 2\sigma$

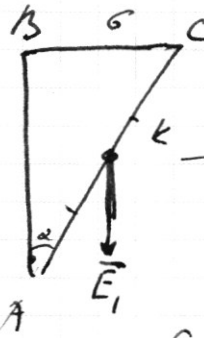
$\sigma_2 = \sigma$

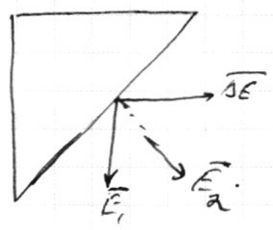
$\alpha = \frac{\pi}{7}$

E - ?

Решение:

1)





Пластины бесконечные =>

=> Напряжённость поля.

От них можно считать

~~по формуле $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$~~

Вектор ~~напряжённость~~

$$\frac{\rho \cdot l}{\varepsilon_0} = 2\pi r l \cdot E$$

$$E = \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

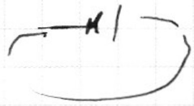
$dE =$

$$3L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} - \varepsilon = 0.$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{3LC}(q - C\varepsilon) = 0$$

$$q = C\varepsilon + A\cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$I = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$$



$$C\varepsilon + A\cos\varphi_0 = 0$$

$$\sin\varphi_0 = 0$$

$$q = C\varepsilon(1 - \cos\omega t)$$

$$I = C\varepsilon\omega\sin\omega t.$$

$$\frac{dI}{dt} = C\varepsilon\omega^2\cos\omega t.$$

$$I_m = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}.$$

$$q = C\varepsilon.$$

$$L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} - \varepsilon = 0$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p = \frac{\nu R T}{V}.$$

$$dQ = p\,dV + \frac{5}{2}\nu R\,dT.$$

$$p = \frac{\nu R T}{V}.$$

$$Q = A + \Delta U_1 \qquad A = Q + \frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{2}$$

$$-Q = -A + \Delta U_2$$

$$(V_1 - V_2)\,dp = \nu R(T_1 - T_2).$$

$$V_1 \sin\alpha = V_2$$

$$V_1 \cos\alpha + u$$

$$V_2 \cos\beta - u.$$

$$\cos\alpha = \frac{\sqrt{7}}{4} \qquad \cos\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

$$V_{1y} = 2\sqrt{7}\ м/с$$

$$V_{2y} = 6\sqrt{3}\ м/с.$$

$$V_{2x} - u \geq 0$$

$$V_{1x} + u \leq V_{2x} - u \qquad u \leq V_{2x}.$$

$$u \geq \frac{V_{1x} + V_{2x}}{2}.$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\frac{6}{4\pi\varepsilon_0} \quad \frac{}{r^2}$

$p\,dV_1 + V_1\,dp_1 = \nu R\,dT_1$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$. $\quad V_1 = \frac{3}{8}V$

$V_2 = \frac{5}{8}V$.

$p_1 \cdot \frac{3}{8}V = \nu R T_1$

$p_2 \; \frac{V}{2} = \nu R T_k$.

$\frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \qquad p_1 = p_2$.

$\frac{5}{2}\nu_k R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = const$

$\nu R\,dT_1 + \nu R\,dT_2 = 0$.

$p\,dV_1 + V_1\,dp + p\,dV_2 + V_2\,dp = 0$

$(V_1 + V_2)\,dp = 0 \Rightarrow dp = 0$.

$3 \cdot 50 \cdot 8.31$

$150 \cdot 8.31$.

$83.1 \cdot 15$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times\, 150 \\ \hline 000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times\, 15 \\ \hline 4155 \\ 831 \\ \hline 1246{,}5 \end{array}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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