

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

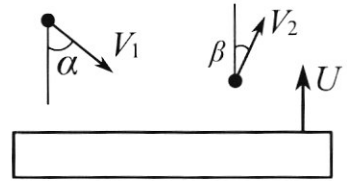
Класс 11

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 α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) 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.

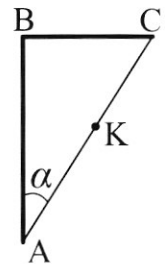
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ 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?

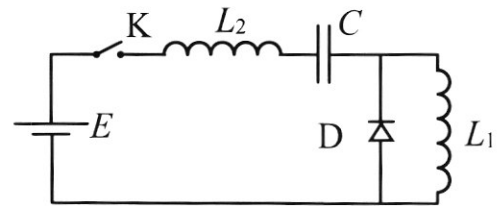
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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 .

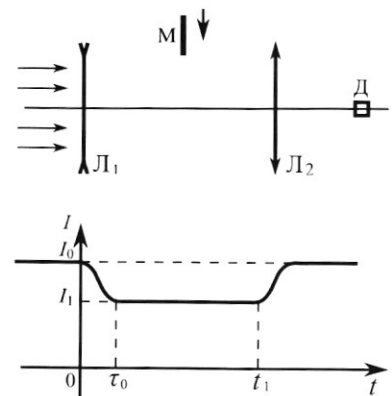


1) Найти период T этих колебаний.

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 L_1 и L_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 L_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 L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$



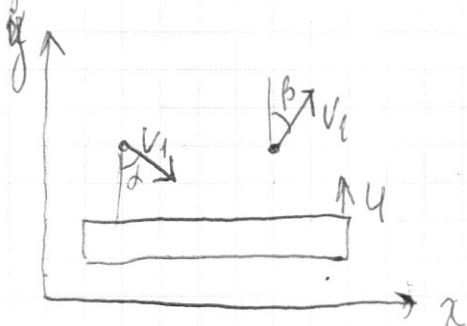
1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



Линия шара $\Rightarrow \Sigma F_x = 0$
 Т.е. скорость вправо Δx не
 меняется $\cos \alpha = \frac{5}{3}$
 $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$ $\cos \beta = \frac{4}{5}$
 $V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot 10}{9} \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$

Перейду в С.О. шара и рассчитаю $V_{\text{шара}}$ скорость
 $V_{\text{шара}} = V_1 \cos \alpha + u$, при нулевой u скорость
 после не превышает скорость u шара, $V_{\text{шара}} \leq V_1 \cos \alpha + u$
 Вернусь в С.О. земли. $V_1 \cos \alpha + 2u \geq V_2 \cdot \cos \beta$
 $65 \cdot 5 + 2u \geq 16$
 $u \geq 8 - 355$

Однако u должно быть меньше, чем $V_1 \cdot \cos \beta$

Ответ: $8 - 355 \frac{\text{м}}{\text{с}} \leq u \leq 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_2 = 20 \text{ м/с}$

Задача 2

P_1, T_1, V_1	P_2, T_2, V_2
-----------------	-----------------

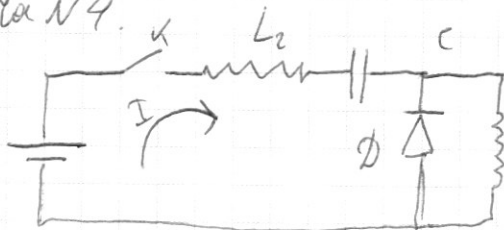
1) П.ч. процесс обратимый медленно, $P_1 = P_2 = P$
 $PV_1 = \nu R T_1$ $V_2 = \frac{\nu R T_2}{P} = \frac{400}{520} = \frac{5}{4}$ (квадратичная)
 $PV_2 = \nu R T_2$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{400}{520} = \frac{5}{4}$ (линейная)

2) $Q = A + \Delta U$ - если не измеривать $\Rightarrow Q_{\text{от}} = Q_{\text{до}}$ $\frac{A_1}{A_2} = \frac{A_1}{A_2}$ по
 $\frac{\Delta U_2}{T_2} = \frac{\Delta U_1}{T_1}$ $\nu = \nu_2$ м.е. - артектика температура ΔT равна по модулю.
 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360 \text{ K}$

3) $Q = A + \Delta U = \Delta(PV) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8.31 \cdot 40 = 498.6 \text{ Дж}$
 Ответ: 1) 5:4; 2) 360K; 3) 498.6 Дж

Задача №4.

$$L_1 = 5L; L_2 = 4L$$



L_1 идеальный диод, в одну сторону работает как перемычка

а в другую — как разрыв цепи (не пропускает ток).
 Пусть когда ток идет по часовой стрелке, то диод закрывается, и получаем колебательный контур с емкостью конденсатора, а когда по часовой, включено лишь L_2 , а L_1 работает как перемычка.

Контур "контур по часовой" "по часовой"

По часовой: $\mathcal{E} = L_2 \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$

Против часовой: $\mathcal{E} = L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} - \frac{q}{C}$

$$\mathcal{E} = 4L \cdot \ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$\mathcal{E} = 9L \ddot{q} - \frac{q}{C}$$

то же самое

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{9LC}}$$

Дифференциал гармон. колеб.

$$q_{max} = C\mathcal{E}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{4LC}}$$

$$q = C\mathcal{E} \sin\left(\sqrt{\frac{1}{4LC}} t\right)$$

и по часовой стрелке, и по часовой стрелке, и по часовой стрелке

$$\frac{T_1}{2} = 2\sqrt{LC}$$

$$I_{eff} = \frac{C\mathcal{E}}{2\sqrt{LC}} \cos\left(\sqrt{\frac{1}{4LC}} t\right)$$

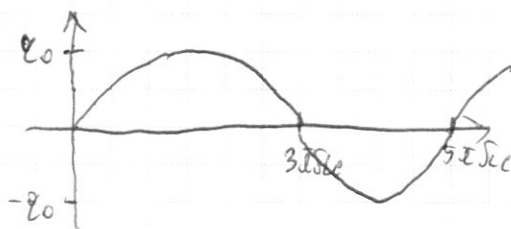
Ток только через L_2

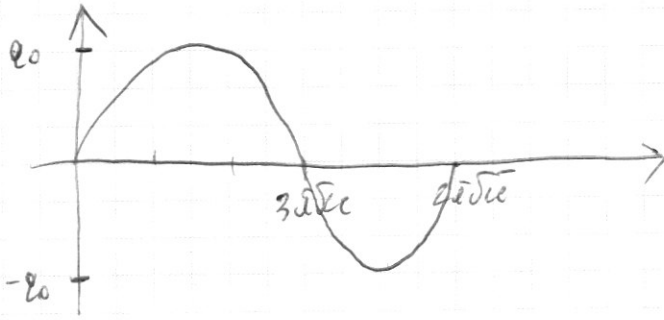
$$I_{02} = \frac{C\mathcal{E}}{2\sqrt{LC}}$$

$$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = 5\sqrt{LC}$$

Ответ: $T = 5\sqrt{LC}$; $I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{3\sqrt{LC}}$; $I_{02} = \frac{C\mathcal{E}}{2\sqrt{LC}}$

График $q(t)$ примерно так.





$$T = 4\sqrt{LC}$$

где: $q = CE_0 \sin\left(\sqrt{\frac{1}{9LC}} t\right)$ $\frac{T}{2} = 2\sqrt{LC}$

$$I = CE_0 \sqrt{\frac{1}{9LC}} \cos\left(\sqrt{\frac{1}{9LC}} t\right)$$

$$I_{01 \text{ max}} = \frac{CE_0}{3} \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{\sqrt{LC} CE_0}{3LC} \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$I_{02} = \frac{CE_0}{2\sqrt{LC}}$$

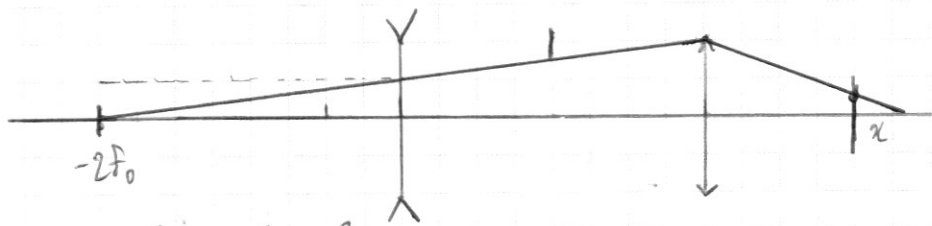
где: $q = CE_0 \sin\left(\sqrt{\frac{1}{4LC}} t\right)$

$$\frac{T}{2} = 2\sqrt{LC}$$

$$I_{02} = \frac{CE_0}{2\sqrt{LC}}$$

$$\frac{1}{4} \rho_0 = \rho$$

$l \downarrow x$



$$\frac{\frac{3}{4} D}{F_0} = \frac{\frac{1}{4} D}{2R \sin \alpha}$$

$$t_1 = \frac{\frac{3}{4} D - \frac{3}{4} D \cdot \frac{3}{\sqrt{23}}}{V}$$

$$\frac{S - S_M}{S_M} = \frac{7}{16}$$

$$\frac{3}{4F_0} = \frac{1}{4R}$$

$$R = \frac{F_0}{3}$$

$$r = \frac{4}{3} F_0$$

$$D_M = \frac{3}{\sqrt{23}} \cdot \frac{3}{4} D$$

$$23 S_M = 9 S$$

$$S_M = \frac{9 S}{23}$$

$$\frac{\frac{9\sqrt{23}}{92} D}{V} = \tau_0$$

$$V = \frac{9 D}{\sqrt{23} \cdot 4 \tau_0}$$

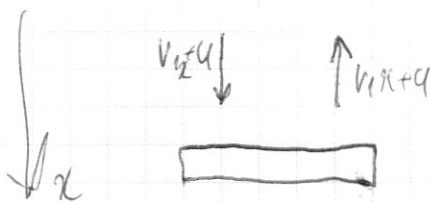
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_1 \cdot \frac{2}{3} = V_2 \cdot \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{5}{3}$$

$$\varrho = c \varepsilon_0$$

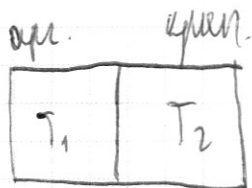
$$V_2 = V_1 \cdot \frac{10}{9} = 2041 \text{ c}$$



$$\frac{V_1 \cdot 5}{3} + 24 = \frac{V_2 \cdot 4}{5}$$

$$655 + 24 \geq 16$$

$$4 \geq \frac{16 - 655}{2} \geq 8 - 325$$



$$P \cdot V_1 = \int h T_1$$

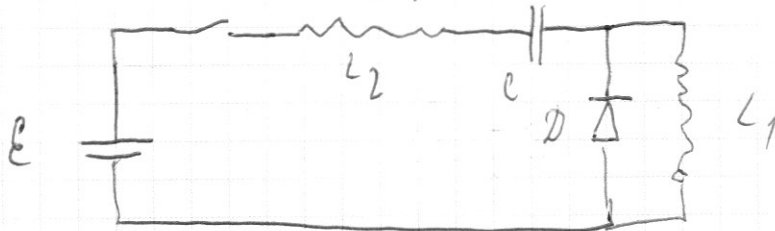
$$P \cdot V_2 = \int h T_2$$

$$\begin{array}{r} 2,31 \\ \times 200 \\ \hline 498,60 \end{array}$$

$$c \varepsilon = \varrho$$

$$\frac{V_2}{\delta_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{400}{310} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{5}{2} \int h T = \frac{5 \cdot 3}{2 \cdot 5} \cdot 8,31 \cdot 40 = 8,31 \cdot 60 = 498,6 \text{ Дж}$$



$$9L \varrho'' + \frac{\varrho}{C} = 0$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{9LC}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{4LC}}$$

$$4L \cdot I' + 5L \cdot I' + \frac{\varrho}{C} = \varepsilon$$

$$9L \varrho'' + \frac{\varrho}{C} = \varepsilon$$

$$9L \varrho'' + \frac{\varrho'}{C} = 0$$

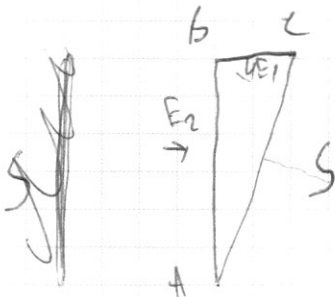
T

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\sqrt{23} - 3}{\sqrt{23}} \right) \cdot \sqrt{23} \cdot 4 \cdot 20}{2 \cdot 9 \cdot 25} = \frac{\sqrt{23} - 3}{\sqrt{23}} \cdot \sqrt{23} \cdot 4 \cdot 20 = \frac{\sqrt{23} - 3}{3} \cdot 20$$

$$\frac{4 \cdot 9}{9 \cdot 25} = \frac{181}{225}$$

3) 1. в 5 раз.



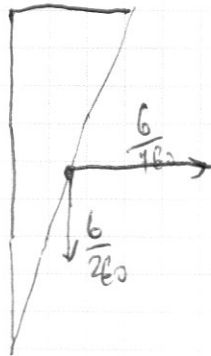
$$E_1 = \frac{6}{2\epsilon_0} = \frac{6}{2\epsilon_0}$$

$$\varphi_1 = E_1 \cdot \sin \alpha \cdot l = \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi}{2\epsilon_0 \cdot 9} = \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi}{18\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{2\epsilon_0}{14\epsilon_0} = \frac{6}{7\epsilon_0}$$

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{9} = \frac{7\pi}{18}$$

$$\varphi_2 = E_2 \cdot \cos \alpha \cdot l = \frac{6 \cdot 5}{7\epsilon_0} \left(1 - \frac{\pi}{18} \right)$$

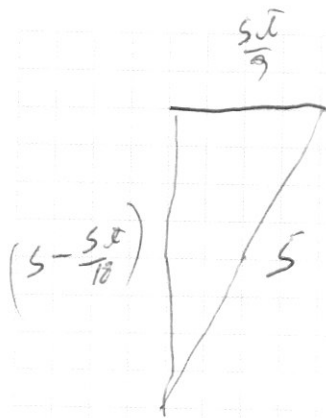


$$\varphi_0 = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot \pi}{126 \epsilon_0} - \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi}{126 \epsilon_0} + \frac{6 \cdot 5}{7 \epsilon_0} = \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi}{21 \epsilon_0} + \frac{6 \cdot 5}{7 \epsilon_0}$$

$$\frac{6}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1}{49}} = \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi}{21 \epsilon_0} + \frac{6 \cdot 5}{7 \epsilon_0} = \frac{6 \cdot 5 \cdot \pi + 36 \cdot 5}{21 \epsilon_0}$$

$$= \frac{6}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{65}{4 \cdot 49}} = \frac{6 \sqrt{65}}{14 \epsilon_0} \quad E_0 = \frac{6 \cdot \pi + 36}{21 \epsilon_0} \approx \frac{6 \cdot 26}{7 \epsilon_0}$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{mc^2}{2} = \text{const}$$



$$\left(\frac{5}{6}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 =$$

$$= \frac{25+16}{36}$$

$$\frac{6 \cdot \frac{s \cdot x}{9}}{260} + \frac{6 \cdot 5 \left(1 - \frac{x}{18}\right)}{760} + \varphi = \frac{6 s x}{\epsilon_0 \cdot 9} + \frac{65 \left(1 - \frac{x}{18}\right)}{\epsilon_0}$$

$$\frac{6 s x}{1860} + \frac{65}{760} - \frac{65 x}{12600} + \varphi = \frac{6 s x}{960} + \frac{65}{\epsilon_0} - \frac{65 x}{1860}$$

$$\varphi = \frac{65 x}{\epsilon_0} - \frac{65}{760} - \frac{65 x}{12600} =$$

$$= \frac{12600 - 1865 - 65 x}{12600} \approx \frac{9065}{12600} \approx \frac{365}{\epsilon_0}$$

$$4 \cdot 92 I' + \frac{\rho}{\epsilon} = \epsilon$$

$$92 \rho'' - \frac{\rho}{\epsilon} = \epsilon$$

$$92 \rho''' - \frac{\rho'}{\epsilon} = 0$$





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)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)