

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

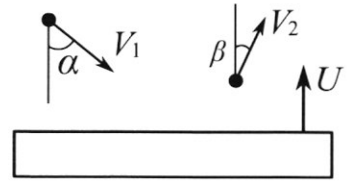
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ 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 ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

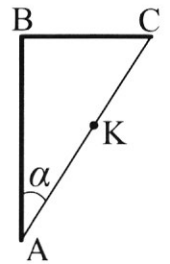


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

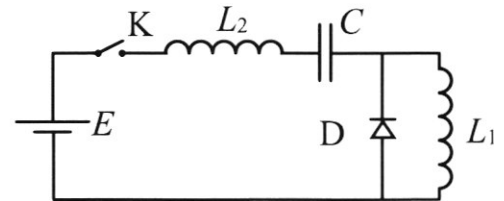
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



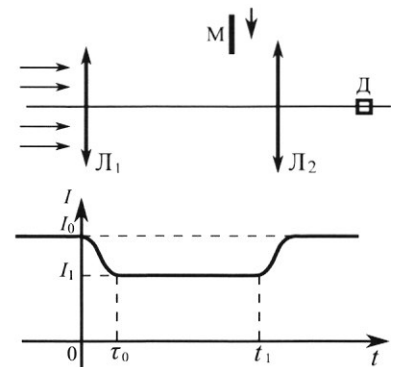
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. 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 $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, 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 .

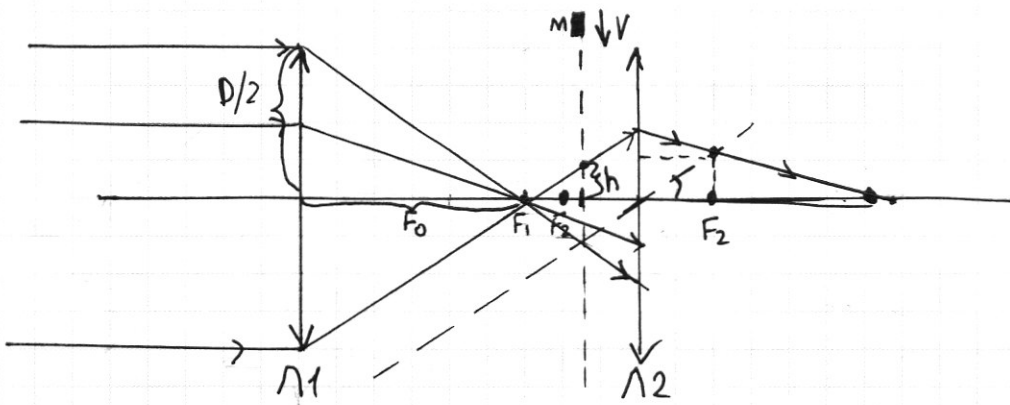
5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- 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 .

NS

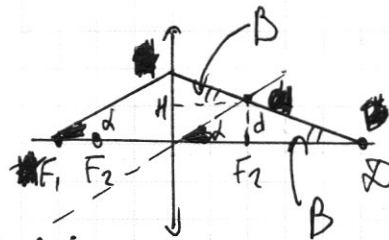


a) Рассмотрим прохождение крайних ~~лучей~~ лучей (после них след. лучи будут идти не $2/3$ мишу): кайдём в каком месте они будут касаться мишени (высота над осью) из подобие треугольников: $\frac{D/2}{h} = \frac{F_0}{5/4 F_0 - F_0} \rightarrow h = \frac{1}{4} Dk$

1) Вернёмся к п. 1:

$2/3$ подобие ~~треугол.~~ \triangle \triangle \triangle с углом α

$$\frac{d}{h} = \frac{F_0/3}{1.5 F_0 - F_0} = \frac{2}{3}$$

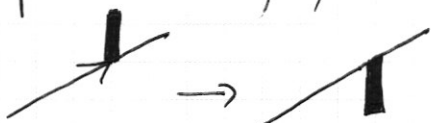


Затем $2/3$ подобие \triangle \triangle \triangle с углом β :

$$\frac{h-d}{h} = \frac{F_0/3}{c} = \frac{1}{3} \rightarrow \underline{c = F_0}$$

исконное расстояние до детектора ^{скачала}

2) За время t_0 мишень ^{скачала} краешком задевает крайний луч и в конце дуги краешком закрывает этот же крайний луч, ~~то мишень полностью~~ мишень полностью



тью заходит в пучок света, затем график стабилизируется до тех пор

пока мишень не задевает второе крайнее положение луча $\Rightarrow v_m$ (размер мишени) = $v_m \cdot t_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

1) Перейдём в с.о. свез. с плитой:

~~Две проекции ou и z ~~записываем:~~~~

$$v_y = u + v_1 \cos \alpha$$

Две скорости на проекцию ox y

все остальные неизменны: $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \rightarrow v_2 = 2v_1 =$

$$= 12 \text{ м/с}$$

~~2) ~~Итак, так как проекция ou и не превращалась~~~~

$$v_{2y}, \text{ тогда } u \leq v_2 \cos \beta = 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = 8\sqrt{2} \approx 11,28$$

~~Ответ: 12 м/с; $u \in [0; 11,28]$~~

$$2) \frac{m (v_1 \cos \alpha + u)^2}{2} - \frac{m (v_2 \cos \beta - u)^2}{2} = 0 \quad (\text{по 3.с.з.})$$

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

$$2u = 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$u = 4\sqrt{2} - \sqrt{5} - \text{макс. возм.}$$

Ответ: 12 м/с ; $u \in [0; 4\sqrt{2} - \sqrt{5}]$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

NS(продолжение)

- тогда за время τ_1 точка выделится на мишени про-
шла $2h = \frac{D}{4} = v_m \cdot \tau_1$

- а за время $(\tau_1 - \tau_0)$ точка на мишени прошла
 $2h - l_m \rightarrow (2h - l_m) = v_m (\tau_1 - \tau_0)$

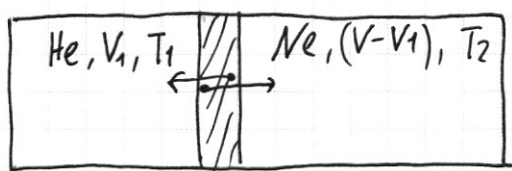
~~$2h - v_m \tau_0 = v_m \tau_1 - v_m \tau_0$~~

По условию задачи известно: сила тока \sim мощности падаю-
щего света, т.к. $I_1 = 8 I_0 / 9$ - гододит лишь $\frac{8}{9}$
первонач. света \Rightarrow тогда $\frac{1}{9}$ света перекрывает мишенью \rightarrow
 $\rightarrow l_m = \frac{1}{9} \cdot 2h = \frac{D}{36} = v_m \tau_0 \rightarrow v_m = \frac{D}{36 \tau_0}$

$$3) \tau_1 = \frac{2h}{v_m} = \frac{D}{4} \cdot \frac{36 \tau_0}{D} = 9 \tau_0$$

Ответ : $l = F_0$; $v_m = \frac{D}{36 \tau_0}$; $\tau_1 = 9 \tau_0$

N2.



$$1) PV_1 = \nu \nu R T_1 \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}$$

$$P(V - V_1) = \nu R T_2$$

суммируем:

$$PV = \nu R T_1 + \nu R T_2$$

~~1) P1 = P2 = P~~

$$2) P_1 V_1 = \nu R T$$

$$P_2 (V - V_1) = \nu R T$$

суммируем: $PV = 2\nu R T$

$$2\nu R T = \nu R T_1 + \nu R T_2 \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 385 \text{ K}$$

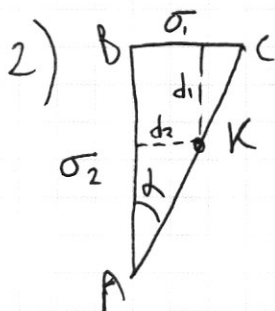
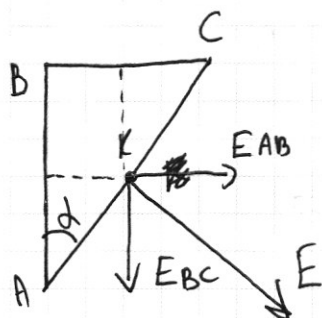
3) По первому закону термодинамики: $Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T) \approx 274,23 \text{ Дж}$

Ответ: $\frac{3}{4}$; 385 K; 274,23 Дж

N3

$$1) \vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC} \Rightarrow$$

$$E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{2} E_{AB} \Rightarrow \underline{B \sqrt{2} \text{ рад}}$$



$$E_{BC}' = \frac{4\sigma}{2\epsilon\epsilon_0 d_1}$$

$$E_{AB}' = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0 d_2}$$

$$d_1 = \frac{1}{2} AB = \frac{1}{2} AC \cdot \cos \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{\sqrt{2} + 2}{4}$$

$$d_2 = \frac{1}{2} BC = \frac{1}{2} AC \cdot \sin \alpha$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2 - \sqrt{2}}{4}$$

$$E' = \sqrt{E_{BC}'^2 + E_{AB}'^2} \quad \text{⊗}$$

$$\text{⊗ } E' = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon\epsilon_0 AC^2} \left(\frac{16 \cdot 4}{\sqrt{2} + 2} + \frac{1 \cdot 4}{2 - \sqrt{2}} \right)} = \frac{2\sigma}{\epsilon\epsilon_0 AC} \sqrt{\frac{32 - 16\sqrt{2} + \sqrt{2} + 2}{2}}$$

$$E = E' \cdot AC = \frac{2\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \sqrt{\frac{17 - 15\sqrt{2}}{2}} \approx \frac{2\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \sqrt{13}$$

Ответ: $B \sqrt{2} \text{ рад}$; $\frac{2\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \sqrt{13}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

уч.

$$1) \frac{L_2 I_2^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \text{const}$$

Возьмём производную от обеих частей:

$$\begin{array}{l} \dot{q} = I \\ \dot{q} = \dot{I} \end{array} \left| \rightarrow \frac{L_2}{2} \cdot 2\ddot{q} + \frac{2\dot{q}}{2C} = 0 \right.$$

$$\frac{L_2 C \cdot \ddot{q} + \dot{q}}{2C} = 0 \quad \left| \cdot \frac{2C}{L_2 C} \right.$$

$$\ddot{q} + \dot{q} \left(\frac{1}{L_2 C} \right) = 0 = \omega^2$$

$$T = \frac{1}{\omega} = \sqrt{L_2 C} = \underline{\underline{\sqrt{2LC}}}$$

2) Во время колебаний ток периодически меняет направление, тогда в какой-то момент ток не будет идти $\pi/3$ диод ($\pi/3$ диод ток идёт только в одном направлении) \Rightarrow будет идти $\pi/3$ катушку

$$L_1: \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_1^2}{2} + \frac{C U^2}{2} = \text{const}$$

$$\frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2} = \frac{C E^2}{2} \rightarrow I_{01}^2 (L_1 + L_2) = C E^2$$

$$I_{01} = E \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \underline{\underline{E \sqrt{\frac{C}{5L}}}}$$

нч (продолжение)

3) В данной схеме ток направлен так, что меняем $\pi/3$ угол, а не катушки $L_1 \Rightarrow$

$$\frac{L_2 I_{02}^2}{2} = \frac{C \varepsilon^2}{2} \rightarrow I_{02} = \sqrt{\frac{C}{L_2}} \varepsilon = \sqrt{\frac{C}{2L}} \varepsilon$$

Ответ: $\sqrt{2LC}$; $\varepsilon \sqrt{\frac{C}{2L}}$; $\varepsilon \sqrt{\frac{C}{2L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$p_1 V_1 = \nu R T_1 \rightarrow p V_1 = \nu R T$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2 \rightarrow p V_2 = \nu R T$

$p V_1 = \nu R T_1 \rightarrow p V_2 = \nu R T$
 $p(V - V_1) = \nu R T_2 \rightarrow p(V - V_2) = \nu R T$

$p(V - V_1) = \nu R T_2 \rightarrow p(V - V_2) = \nu R T$
 $p V = \nu R T_1 + \nu R T_2 \rightarrow p V = 2 \nu R T$

$\frac{p V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{p_2 V_2 T_1}{p V_1} = T_2$

№1

$E = \frac{k q^2}{r^2}$
 $E = \frac{6}{2 \cdot 10^{-10}}$
 $E = \frac{6}{2 \cdot 10^{-10}}$
 $E = \frac{6}{2 \cdot 10^{-10}}$

$m \left(\frac{\sqrt{5}}{3} v_1 + u \right)^2 = m (v_2 - u)^2$
 $(2\sqrt{5} + u)^2 = 4m (8\sqrt{2} - u)^2$
 $20 + 4\sqrt{5}u + u^2 = 64 \cdot 2 - 16\sqrt{2}u + 4u^2$
 $(\sqrt{5} + 2\sqrt{2})u = 208$
 $u = \frac{208}{\sqrt{5} + 2\sqrt{2}}$

$I \sim P_{\text{ср}} \cos \alpha$
 $\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$
 $\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$
 $\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$

$\cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$
 $\frac{\sqrt{2} + 2}{4} = 2 \cos^2 \alpha$
 $4 - \frac{2\sqrt{2} + 2}{4} = \cos^2 \alpha$

$\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$
 $\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$
 $\frac{770}{10} \cdot \frac{6}{4} - \frac{5}{4} = \frac{1,41}{11,28}$

$T = \mu r = \frac{34}{27,15} = 1,3$
 $55 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{25} = 33$

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

$$I_{01}$$

$$3) \frac{LI_{02}^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$$

$$I_{02} = \sqrt{\frac{C}{L}} E$$

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CE^2}{2} = W_{max}$$

$$2) \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$$

$$\frac{2LI}{2} = \frac{2CE}{2}$$

$$\ddot{q} + LC\dot{q} = 0$$

$$\frac{q^2}{2L}$$

$$\frac{2I^2}{2} + \frac{2LI^2}{2}$$

$$\frac{2(L+LC)}{C} = 0$$

$$\ddot{q} + LC\dot{q} = 0$$

ЭЭМ



$$\frac{m(v_1 \cos \alpha)^2}{2} = \frac{m(v_2 \cos \beta - u)^2}{2}$$

$$\frac{2\sqrt{5} \cdot 6 + u}{3} = \frac{m \cdot 2\sqrt{2} - u}{3}$$

$$2u = 2\sqrt{2} - 2\sqrt{5}$$

$$u = \sqrt{2} - \sqrt{5}$$

$$\frac{m \cdot 36}{2} = \frac{144m}{2} - Q$$

$$Q = \frac{36 \cdot 3m}{2}$$

$$a^2 + b^2 = 2\sqrt{2}$$

$$2\sqrt{2}$$

$$a = 2\sqrt{2}$$

$$b = 2$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ 4 \\ \hline -5,64 \\ 2,28 \\ \hline 3,40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,8 \\ 2,3 \\ \hline 5,69 \\ 4,6 \\ \hline 5,29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ 2,2 \\ \hline 4,4 \\ 4,4 \\ \hline 4,84 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)