

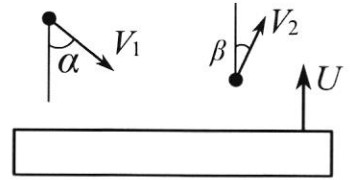
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

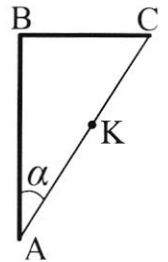


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

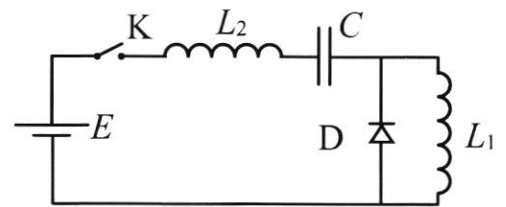
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



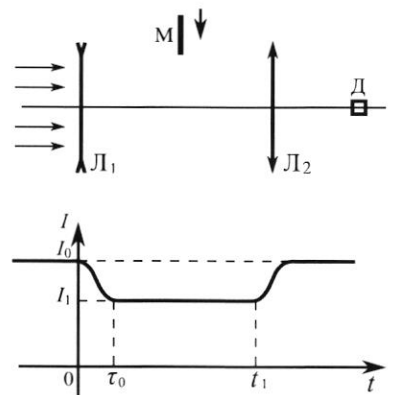
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

1.

Дано:

$$V_1 = 18 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

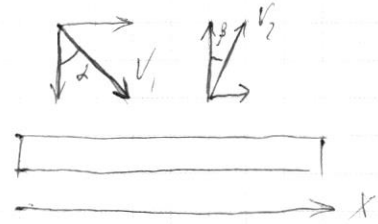
$$V_2 = ?$$

$$u = ?$$

по оси x на шар не действует.

$$m V_1 \sin(\alpha) = V_2 \sin(\beta) \cdot m$$

$$V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{18 \cdot 10}{9} = 20 \text{ м/с}$$



1) Ответ: 20 м/с

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

Т.к. действующие силы направлены только не горизонтально,
то в сумме моментов «плеча»:

$$m (V_1 \cos \alpha + u) = m (V_2 \cos \beta - u)$$

$$2u = V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha$$

$$u = \frac{V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha}{2} = \frac{20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2} =$$

$$= 8 - 3\sqrt{5}$$

2) Ответ: $8 - 3\sqrt{5}$

2.

$\nu = \frac{3}{5}$ моль
 $T_1 = 320 \text{ K}$
 $T_2 = 400 \text{ K}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

 $\frac{V_1}{V_2} = ? \quad T_K = ? \quad Q = ?$

Т.к. в начальном момент времени поршень не движется, то давления газ равны.

$p_0 V_1 = \nu R T_1 \quad V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_0}$
 $p_0 V_2 = \nu R T_2 \quad V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_0}$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{\nu R T_1}{p_0}}{\frac{\nu R T_2}{p_0}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5}$

1) Ответ: $\frac{4}{5}$

Т.к. поршень теплоизолирован, то

$|\Delta U_1| = |\Delta U_2| \quad |A_1| = |A_2|$
 $\left| \frac{3}{2} \nu R (T_K - T_1) \right| = \left| \frac{3}{2} \nu R (T_K - T_2) \right|$

$\frac{T_K - T_1}{T_K} = \frac{T_2 - T_1}{T_K}$
 $T_K = \frac{T_2 + T_1}{2} = \frac{320 + 400}{2} = 360 \text{ K}$

ΔU_1 - изм. внутр. энерг. аргона
 ΔU_2 - изм. внутр. энерг. криптона

2) Ответ: 360 K

Процесс будет изобарным т.к. в камере поршень свободно движется только от температуры $\Rightarrow f = \text{const}$

$p_0 V_K = \nu R T_K$ в конце процесса сравниваются т.к. сравниваются температуры
 $p_0 (V_K - V_0) = \nu R (T_K - T_0)$

A_2 - работа ~~аргона~~ криптона $A_2 = p_0 (V_K - V_2) = \nu R (T_K - T_2) = \nu R \Delta T_2$
 $\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_K - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2$

Q_2 - ~~теплота~~ изм. теплотой криптона $Q_2 = A_2 + \Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 + \nu R \Delta T_2 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2$

Криптон передает аргону $|Q_2| =$
 $= 498,6 \text{ Дж}$
 $= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (-46) = -498,6 \text{ Дж}$

3) Ответ: 498,6 Дж

$\begin{array}{r} 831 \\ \times 60 \\ \hline 4986 \end{array}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.

1)

Дано:

$$d = \frac{\pi}{4}$$

$$AK = AC$$

$$\frac{E_K}{E_1} = ?$$

по теор. Гаусс.

$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E_1 S \cos \alpha = \frac{\sigma \cdot S}{\epsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

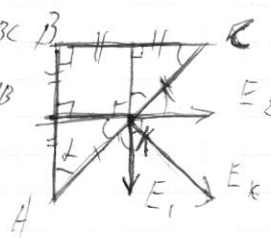
аналогично $E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$$\frac{E_K}{E_1} = \frac{\sqrt{2} E_1}{E_1} = \sqrt{2}$$

Ответ: $\sqrt{2}$

E_1 - напря. от плоскости BC
 E_2 - напря. от плоскости AB

$\triangle ABC$ - прямоугольный
и $\angle A = 45^\circ$



К лежит на сеп. пер.

~~т.к. $\angle A = 45^\circ$ угол~~

между E_1 и $E_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow E_K^2 = E_1^2 + E_2^2 = E_1^2 + E_1^2$$

$$E_K = \sqrt{2} E_1$$

2) Дано:

$$\sigma_1 = \sigma$$

$$\sigma_2 = \frac{2}{7} \sigma$$

$$\alpha = \frac{\pi}{9}$$

$$E_K = ?$$

К лежит на сеп. пер.

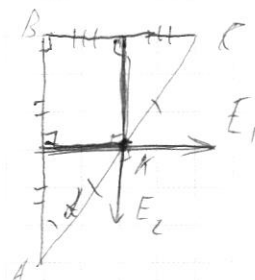
$$E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{\sigma_2}{\epsilon_0} = \frac{2\sigma}{7\epsilon_0}$$

$$E_K^2 = E_1^2 + E_2^2 = \frac{\sigma^2}{\epsilon_0^2} + \frac{4\sigma^2}{49\epsilon_0^2} = \frac{53\sigma^2}{49\epsilon_0^2}$$

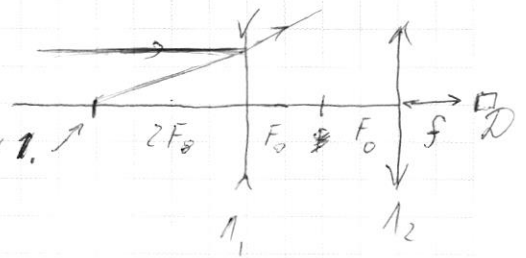
$$E_K = \frac{\sigma \sqrt{53}}{7\epsilon_0}$$

Ответ: $\frac{\sigma \sqrt{53}}{7\epsilon_0}$



5.

т.к. λ_1 - параллельна осей и \parallel ~~оси~~ ^{лучу} осей, то изображение ~~луча~~ ^{луча} будет в фокусе λ_2 .



$$\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$$

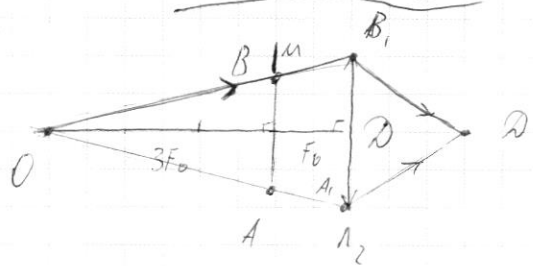
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0} = \frac{4-1}{4F_0} = \frac{3}{4F_0}$$

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

1) Ответ: $\frac{4F_0}{3}$

$$\triangle OAB \sim \triangle OA_1B_1$$

$$\frac{BA}{B_1A_1} = \frac{3}{4} \quad BA = \frac{3}{4} D$$



т.к. $I_1 = \frac{4}{16} I_0$, то ~~каждый~~ ^{вся} ~~луч~~ ^{луч} ~~перекрывает~~ ^{перекрывает} $\frac{9}{16}$

(и ~~прозрачен~~ ^{прозрачен} ~~поверхности~~ ^{поверхности})

потока. M - диаметр ~~луча~~ ^{луча} ~~мишени~~ ^{мишени}

$$M = \frac{9}{16} \cdot AB = \frac{9}{16} \cdot \frac{3}{4} D = \frac{27}{64} D$$

за время τ_0 мишень полностью ~~засвечивается~~ ^{засвечивается} ~~в~~ ^{на} ~~AB~~ ^{AB} =>

$$\Rightarrow M = V \tau_0$$

$$\frac{27}{64} D = V \tau_0 \quad V = \frac{27D}{64 \tau_0} \quad 2) \text{ Ответ: } \frac{27D}{64 \tau_0}$$

За время t_1 нижний край ~~мишени~~ ^{мишени} ~~преследует~~ ^{преследует} ~~AB~~ ^{AB}

$$V t_1 = AB$$

$$\frac{27D}{64 \tau_0} t_1 = \frac{3}{4} D$$

$$t_1 = \frac{16 \tau_0}{9}$$

3) Ответ: $\frac{16 \tau_0}{9}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. В момент зарядки конденсатора в L_1 тока нет
(разность потенциалов на конденсаторе = 0 $\Rightarrow L I' = 0 \Rightarrow I' = 0, I_0 = 0$)

Цикл колебания завершится разрядкой конденсатора
поэтому $T = 2\pi \sqrt{L_2 C} = 2\pi \cdot \sqrt{4LC} = 4\pi \sqrt{LC}$ ($L_2 < L_1$)

1) ответ: $4\pi \sqrt{LC}$

Максимальной ток в L_2 будет в момент, когда
и конденсатора = ε , при его зарядке.
 $q = C\varepsilon$ $q = C\varepsilon - 0$

$$\frac{L_2 I_{02}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} = \varepsilon q = A$$

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

$$\frac{L_2 I_{02}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} = C\varepsilon^2$$

3) ответ: $\frac{\varepsilon}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$

Макс. ток в L_1 будет при разрядке конденсатора, когда
и конденсатора = ε . ток в катушках равен т.к. сев.
последит.

$$\frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} = A = \varepsilon q = C\varepsilon^2$$

$$I_{01}^2 \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right) = \frac{C\varepsilon^2}{2}$$

$$I_{01}^2 (L_1 + L_2) = C\varepsilon^2$$

$$I_{01} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \frac{\varepsilon}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

2) ответ: $\frac{\varepsilon}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$



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

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)