

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

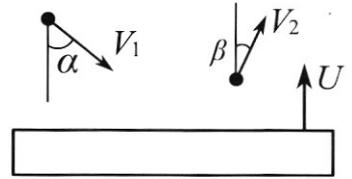
Класс 11

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.

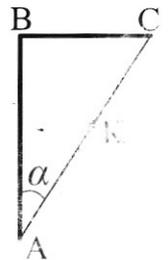


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

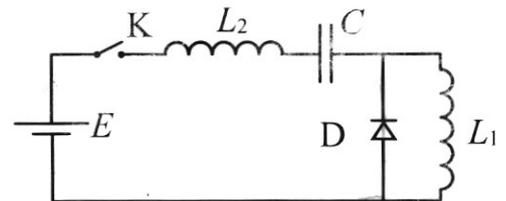
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



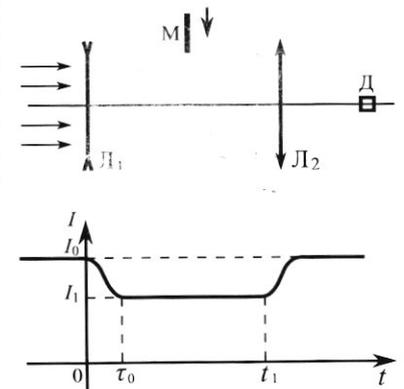
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

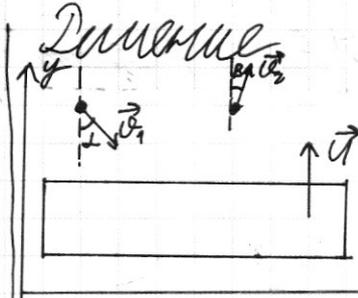
№1

Дано
1) $v_1 = 18 \text{ м/с}$
2) $\alpha = ?$

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

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

- 1) $v_2 = ?$
2) $\alpha = ?$



~~м.к. трамплина
массовая изм.
и можно
предположить.~~

Введем сист. коорд.
и найдем ЗСИ в
треккулы

$$0x: m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$$

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

$$0y: m v_1 \cos \alpha = m v_2 \cos \beta$$

~~$v_2 = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$~~

1) $v_2 = 18 \text{ м/с} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = \frac{18 \cdot 10}{9} = 20 \text{ м/с}$

П.к. масса плиты \Rightarrow масса шарика,
при неупругом ударе и практически
не изменится, \Rightarrow скорость и можно
найти из изначального условия

$$2) v = v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha$$

$$v = \frac{20 \text{ м/с} \cdot 4}{5} - \frac{18 \text{ м/с} \cdot \sqrt{5}}{3} = 16 \text{ м/с} - 6\sqrt{5} \text{ м/с} =$$

$$= 2(8 - 3\sqrt{5}) \text{ м/с}$$

(по м.к.
удаче нуль
 $\Rightarrow v = 2(8 - 3\sqrt{5}) \text{ м/с}$)

Ответ: 1) $v_2 = 20 \text{ м/с}$
~~2) $v = 2(8 - 3\sqrt{5}) \text{ м/с}$~~
3) $v = 2(8 - 3\sqrt{5}) \text{ м/с}$

№2

Дано
 $i=3$
 $v_1=v_2=$
 $=v=0,6 \text{ м/с}$

$T_1=320 \text{ K}$

$T_2=400 \text{ K}$

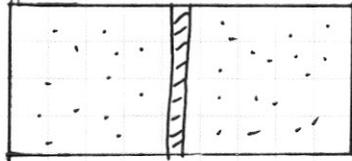
$R=8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

1) $\frac{v_2}{v_1}=?$

2) $T_k=?$

3) $Q=?$

Решение



т.к. поршень

в начальный момент
 времени неподвижен,

пог. сила давлений $= 0$

$$\Rightarrow P_{\text{атм}} = P_{\text{критич}} = P$$

$$pV = \nu RT$$

$$V = \frac{\nu RT}{p}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{\nu R}{p} \cdot T_2}{\frac{\nu R}{p} \cdot T_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$1) \frac{V_2}{V_1} = \frac{400 \text{ K}}{320 \text{ K}} = \left(\frac{5}{4}\right) \cdot$$

т.к. стенки сосуда теплоизолир. \Rightarrow

\Rightarrow система замкнута \Rightarrow сохраняется энтальпия \Rightarrow

$$(Q_{\text{отг}} = Q_{\text{нал}})$$

т.к. поршень за
 все время движется
 при $a=0$ и $v \rightarrow 0$,

с хорошей точностью
 $p = \text{const}$

$$\begin{cases} Q_{\text{отг}} = Q_{\text{нал}} \\ Q = \nu c_p \Delta T \end{cases}$$

$$\Rightarrow \nu c_p \Delta T_1 = \nu c_p \Delta T_2$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$T_k - T_1 = T_2 - T_k$$

$$2) T_k = \frac{320 \text{ K} + 400 \text{ K}}{2} = 360 \text{ K}$$

$$2T_k = T_2 + T_1$$

$$T_k = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

3) из п.2 можно сосчитать: $Q = \nu c_p \Delta T$

$$Q = \frac{5}{2} \text{ моль} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot (400 \text{ K} - 360 \text{ K}) = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \cdot 40 \text{ K} =$$

$$= 8,31 \cdot 40 \text{ Дж} = 332,4 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{v_2}{v_1} = 0,8$
 2) $T_k = 360 \text{ K}$
 3) $Q = 332,4 \text{ Дж}$

m. k $I \uparrow \uparrow S$ потока, радиусом d и длиной

$$\frac{S'}{S} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{7}{16}$$

$$S' = \frac{7}{16} S$$

$$\pi \frac{D'^2}{4} - \pi \frac{d^2}{4} = \frac{7}{16} \pi \frac{D'^2}{4}$$

$$D'^2 - d^2 = \frac{7}{16} D'^2$$

$$d^2 = D'^2 \left(1 - \frac{7}{16}\right)$$

$$d^2 = D'^2 \frac{9}{16}$$

$$d = \frac{3}{4} D' = \frac{9}{16} D$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{S}{t} \\ t = t_0 \\ S = \frac{9}{16} D \end{array} \right.$$

2) $v = \frac{9D}{16t_0}$

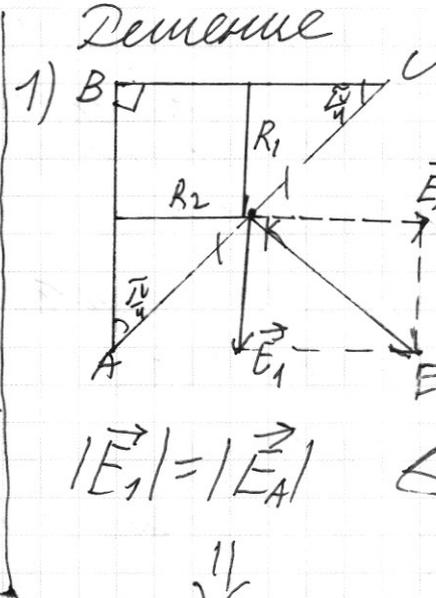
$$\begin{aligned} 3) t_1 &= t_0 + \frac{AB-d}{v} = t_0 + \frac{\frac{3}{4}D - \frac{9}{16}D}{\frac{9D}{16t_0}} = t_0 + \frac{D(\frac{3}{4} - \frac{9}{16})}{D(\frac{9}{16t_0})} = \\ &= t_0 + \frac{3 \cdot 16 t_0}{16 \cdot 9} = t_0 + \frac{t_0}{3} = t_0 \left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{4}{3} t_0 \end{aligned}$$

Ответ:

- 1) $t_2 = \frac{4}{3} t_0$
- 2) $v = \frac{9D}{16t_0}$
- 3) $t_1 = \frac{4}{3} t_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

13
Дано
 $l = \frac{\pi}{4}$
2) $\sigma_1 = \sigma$
 $\sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$
 $\alpha = \frac{\pi}{4}$
1) $\frac{E_2}{E_1} = ?$
2) $E = ?$



м.к. плоские
дискретные \Rightarrow
 $\Rightarrow E$ зависит от σ
~~...~~
~~...~~
~~...~~
 $\sigma_1 = \sigma_2$ (по усл.)

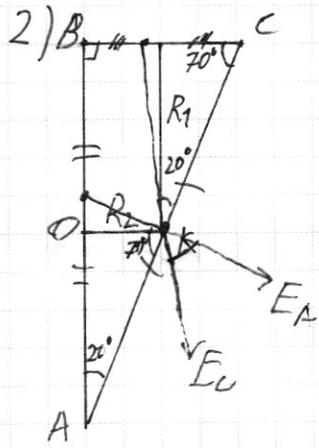
$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_A|$

$E_2 = \sqrt{E_1^2 + E_1^2} = \sqrt{2} E_1$

$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sqrt{2} E_1}{E_1} = \sqrt{2} \approx 1,41$

Ответ: $\frac{E_2}{E_1} \approx 1,41$
 $E = \frac{5\sigma\sqrt{53}}{7}$

см. решение п. 2 на
стр. № 7



см. № 4

№4

Дано

$\xi = E$

$L_1 = 5L$

$L_2 = 4L$

C

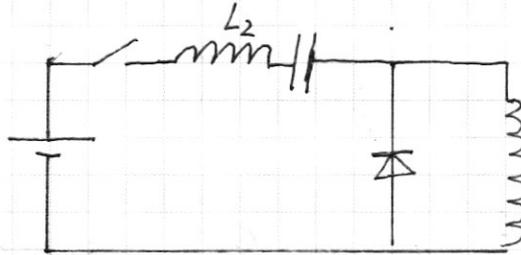
D

1) $T = ?$

2) $I_{0L_1} = ?$

3) $I_{0L_2} = ?$

Решение



Решение:

из-за диода

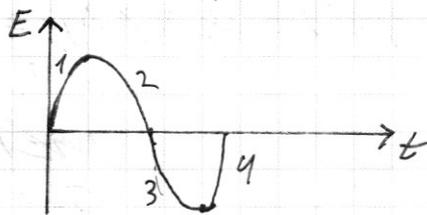
колебания будут

не гармоническими

поэтому применим формулу $T = 2\pi\sqrt{LC}$

для 4 участков колебания,

который изобр. на графике



1: ток через диод

2: ток через L_1 и L_2

3: ток через L_1 и L_2

4: ток через диод.

$$1) T = \frac{2\pi\sqrt{L_2C}}{2} + \frac{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}}{2} = \pi(\sqrt{L_2C} + \sqrt{(L_1+L_2)C}) =$$

$$= \pi(\sqrt{4LC} + \sqrt{(4L+5L)C}) = \pi(2\sqrt{LC} + 3\sqrt{LC}) =$$

$$= \boxed{5\pi\sqrt{LC}}$$

~~$C = \frac{q}{U}$~~ ($U = E$ т.к. в цепи нет R)

$q_{max} = CE$

~~этом заряд протекает через L_2 за время \dots~~

$q(t) = q_{max} \sin(\omega t)$

$q'(t) = I(t) = q_{max} \omega \cos(\omega t) \Rightarrow I_{max} = \boxed{q_{max} \omega}$

2) $I_{max L_1} = \frac{CE}{3\sqrt{LC}} = \boxed{\frac{E\sqrt{C}}{3\sqrt{L}}}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}$

аналогично

3) $\begin{cases} I_{max L_2} = q_{max} \omega \\ \omega = \frac{1}{\sqrt{L_2C}} \end{cases} \Rightarrow I_{max L_2} = \frac{CE}{2\sqrt{LC}} = \boxed{\frac{E\sqrt{C}}{2\sqrt{L}}}$

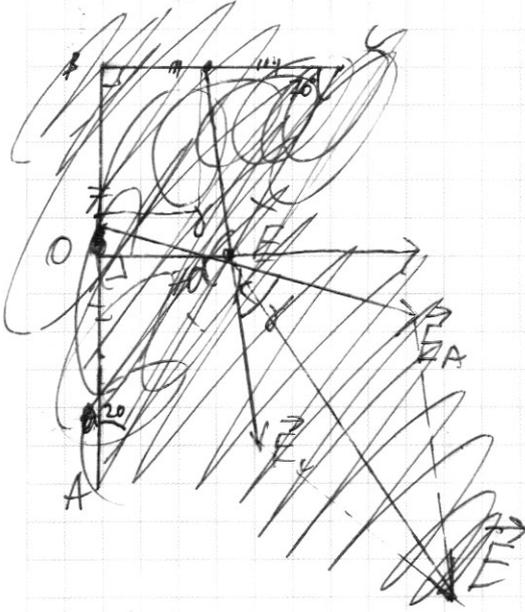
Ответ: 1) $T = 5\pi\sqrt{LC}$ 2) $I_{max1} = \frac{E\sqrt{C}}{3\sqrt{L}}$ 3) $I_{max2} = \frac{E\sqrt{C}}{2\sqrt{L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

П. 2 задачи №3

$$E = k\sigma$$

напряженность направлена от центра
АВ и С



$$E = \sqrt{E_A^2 + E_C^2 - 2E_A E_C \cos \delta}$$

$$A_1 = A_2$$

$$OA = OB$$

$\Rightarrow OE \parallel BC$ как кат.

~~scribbles~~

пр. медиана.

~~scribbles~~

аналогично

$$EC \perp BC \Rightarrow \delta = 90^\circ$$

∴

$$E = \sqrt{E_A^2 + E_C^2} =$$

$$= k \sqrt{\frac{4\sigma^2}{49} + 6^2} =$$

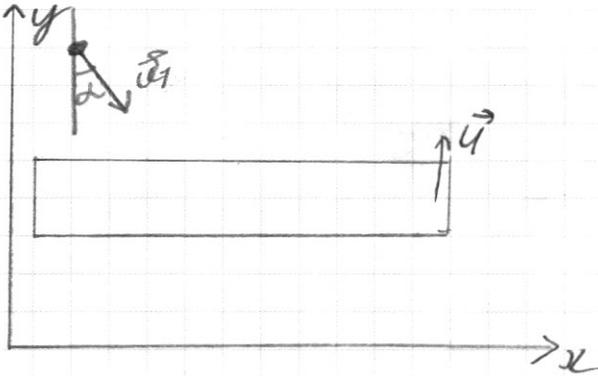
$$= \frac{k\sigma \sqrt{53}}{7}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



90

$$0y: \cancel{mU} + mU \cos \alpha =$$

$$= mU' + mU \frac{1}{2} \cos \beta$$

$PV = \nu RT$

$$\alpha = \sqrt{7 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{40}{8} = 5$$

8,31

$$(8 + 0,31) 40 =$$

$$= 320 + 12,4 = \underline{332,4 \text{ Дж}}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 31 \\ \hline 40 \\ + 120 \\ \hline 1240 \end{array}$$

$$\frac{20}{16} = \frac{10}{8} = \frac{5}{4}$$



$P^3 V^5 = \text{const}$

$$\frac{5}{3} = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\frac{3}{2} : \frac{5}{2}$$

160 + 200

8 · 3

$Q_1 = Q_2$

$\nu C_p \Delta T = \nu C_p \Delta T = T_k - T_1 = T_2 - T_k \quad T_2 = \frac{T_2 + T_1}{2}$

$$\frac{8^3}{16^2} = \frac{512}{256} = 2$$

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

$$\frac{1}{-2F_0} = \frac{1}{f} + \left(\frac{1}{\cancel{f}}\right)$$

$$2F_0$$

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

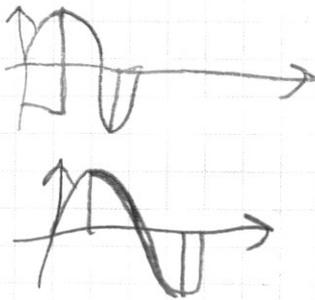
$$\left(\frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0}\right)^{-1}$$

~~$$4F_0 - F_0$$~~

$$\frac{H-1}{4F_0} = 34 \left(\frac{4}{3}F_0\right)$$

$$\frac{3}{4} - \frac{9}{16} = \frac{12-9}{16} = \frac{3}{16}$$

~~Handwritten scribbles~~



$$E = \frac{k\sigma}{r}$$

$$E = k\sigma$$

$$\frac{k_1}{a^2}$$

$$\frac{k_2}{r^2}$$

$$\frac{Hm^2}{k_1^2}$$

