

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

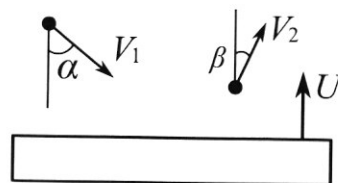
Класс 11

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.

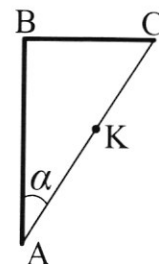


- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

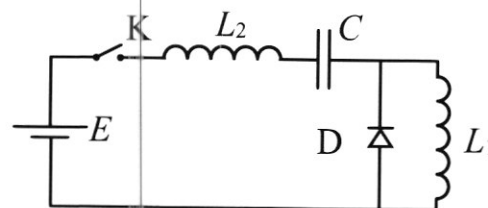
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



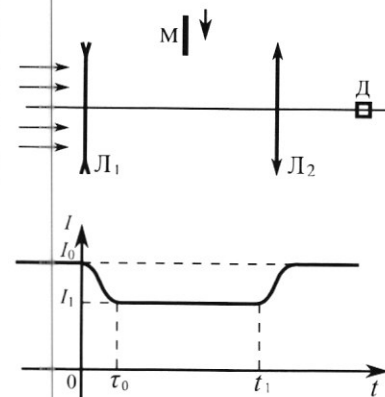
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

N1

Дано:

$$v_1 = 18 \text{ м/с}$$

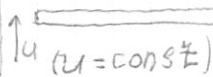
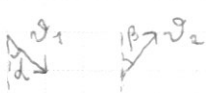
$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

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

$v_2 = ?$

$u = ?$

Решение.



$$v_{\text{отн } y1} = v_{\text{отн } y2}$$

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

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

$$= \frac{\frac{20\sqrt{5}}{5} - \frac{18 \cdot 4}{5}}{2} = \frac{10\sqrt{5}}{5} - \frac{36}{5} = \frac{50\sqrt{5} - 198}{15} = \frac{20 \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{5}}{2} = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2} = \frac{16 - 13.2}{2} \approx 1.4$$

Ответ: 20 м/с ; $\frac{10\sqrt{5}}{5} - \frac{36}{5}$; 1.4 м/с

N2

Дано:

$$v = \frac{3}{5}$$

$$T_1 = 320 \text{ K}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

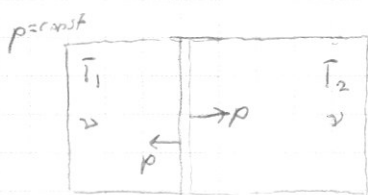
$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

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

$T = ?$

$Q = ?$

Решение.



$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{720}{2} = 360 \text{ K}$$

$$pV_1 = \nu RT_1$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{5}$$

т.е. $v_1 = v_2$ (температура газа одинакова)

$$Q = C_p \cdot \nu \cdot \Delta T = \frac{1}{2} R \cdot \frac{3}{5} \cdot (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot \frac{10}{5} \cdot 80 = 32 \cdot 8,31 \approx 270 \text{ Дж}$$

Ответ: $\frac{4}{5}$; 360 K ; 270 Дж

N3

Дано:

1) $\alpha = 45^\circ$

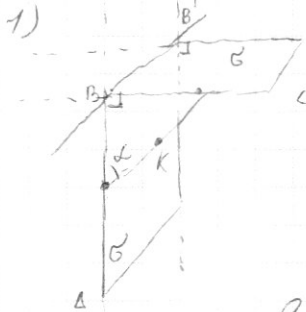
$E_1 = ?$
 $E_2 = ?$

2) $\sigma_1 = \sigma$
 $\sigma_2 = \frac{2\sigma}{9}$
 $\alpha = \frac{\pi}{9}$

$E_{\text{к.}} = ?$

Решение.

(две одинаковые бесконечные заряженные плоскости однородного, сходящие линии Вектора напряженности перпендикулярны ее поверхности)



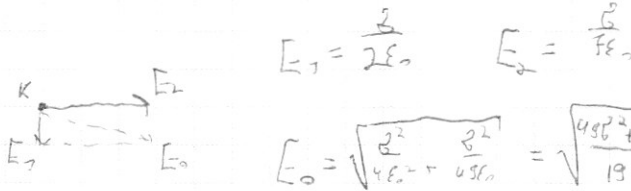
функция упрощается до известности

$E_1 = E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\frac{2\sigma^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{2} \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, т.е. Е упрощается

$\sigma \sqrt{2} / 2\epsilon_0$

2)



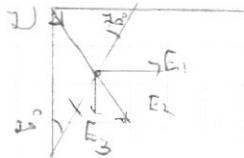
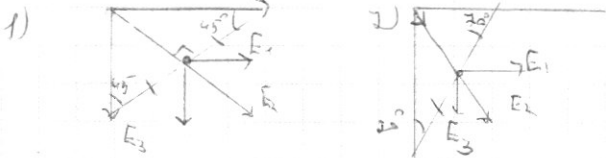
$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$E_2 = \frac{\sigma}{9\epsilon_0}$

$E_0 = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{81\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{81\sigma^2 + 4\sigma^2}{324\epsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{85}\sigma}{18\epsilon_0}$

Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sqrt{85}\sigma}{18\epsilon_0}$

Возможно стоит рассмотреть функцию ВВ' как окружной элемент $E = \frac{\sigma}{2\pi R \cdot h} = \frac{\sigma}{2\pi R}$, где $2 - \pi$ заряд цилиндрика на единицу длины.



N4

Дано:

$L_1 = 5R$

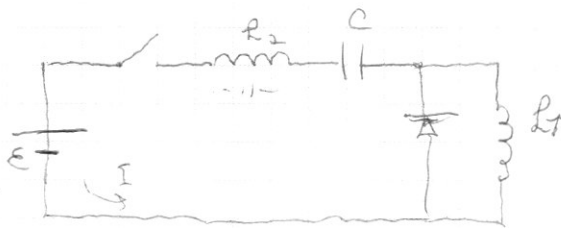
$L_2 = 4R$

C

T = ?

$I_{01} = ?$

$I_{02} = ?$



$T = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 4\pi\sqrt{2RC}$

Во время действия конденсатора

контур магнитная и энергия конденсатора преобразуется в форму

форму $W_m = W_c$

$\frac{CE^2}{2} = \frac{4L_2 I^2}{2} \Rightarrow I_{01} = \sqrt{\frac{CE^2}{4R}} = \frac{E}{2} \sqrt{\frac{C}{R}}$

$I_{01} = \frac{E}{5R}$

$I_{02} = \frac{E}{5R}$

Ответ: $4\pi\sqrt{2RC}$; $\frac{E}{5R}$, $\frac{E}{2} \sqrt{\frac{C}{R}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

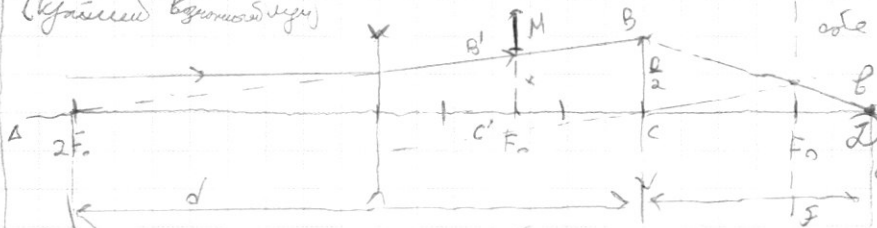
№5

Дано:

$-2F_0$
 F_0
 D
 $D \ll F_0$
 L_0

F_0 ?
 D ?
 L_0 ?

(Крайний луч от центра)



на ось и будет световым точкой фокусировки фокусировка к выводу.

возник крайний луч, т.к. следовательно, что лучи через обе линзы свет фокусируется в фокусе (хотелось сказать этого луча)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{3}{2F_0} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{2F_0}{3}$$

Значит подобие ΔABC и $\Delta AB'C'$ $\frac{3F_0}{2F_0} = \frac{x}{\frac{D}{2}}$ $x = x = x = \frac{3D}{8}$

значит весь путь светового, во время прохождения "части света" $2x = \frac{3D}{4}$

$\Delta t = \frac{2x}{c}$ Сила тока пропорциональна количеству выходящего из цепи света, q значит пропорциональна и количеству поглощаемого света

$$D - I_0$$

$$a - I_1$$

$$a = \frac{D \cdot \frac{7I_0}{16}}{I_0} = \frac{7D}{16} \text{ (поглощаемый свет с помощью выходы)}$$

Разношение выходов $L = \frac{3D}{4} - \frac{7D}{16} = \frac{5D}{16}$

$$\nu_{\text{квант}} = \frac{L}{L_0} = \frac{5D}{16L_0}$$

Расстояние от центра на ширине L_0 $S = 2x - 2L = \frac{3D}{4} - \frac{10D}{16} = \frac{D}{8}$

$$\alpha_0 = \frac{S}{L_0} = \frac{\frac{D}{8}}{\frac{5D}{16L_0}} = \frac{2L_0}{5}$$

Ответ: $\frac{2F_0}{3}$; $\frac{5D}{16L_0}$; $\frac{2L_0}{5}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{2}{3F} = \frac{1}{F} \quad F = \frac{3F}{2}$$

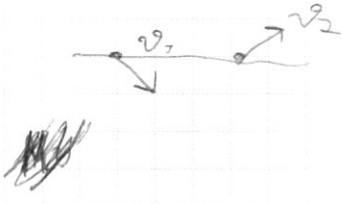
$$\frac{D}{3F} = \frac{D}{2F} = \frac{D \cdot F_0}{3F} = \frac{D}{3}$$

$$x = \frac{3F_0 D}{2 \cdot 4F} = \frac{3D}{8}$$

$$v = \frac{S}{z}$$

$$z = \frac{S}{v}$$

$$\frac{D \cdot D \cdot F_0}{8 \cdot 5D} =$$



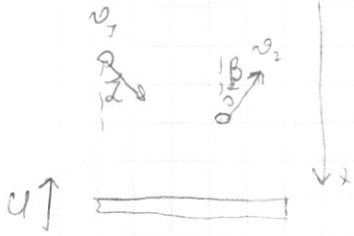
$$\begin{array}{r} \times 22 \\ \hline 13,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 22 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 484 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№



$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{u}$$

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{u}$$

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

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 20 \text{ м/с}$$



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

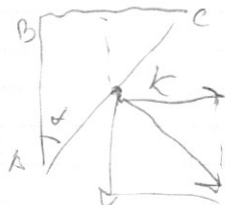
$$2u = v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha$$

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

$$\begin{array}{r} \sqrt{32} \\ 2 \quad 5 \quad 6 \\ + \quad 1 \quad 6 \\ \hline 2 \quad 7 \quad 2 \end{array}$$

№3

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



$$L = \frac{q}{4}$$

$$E_1 = E_2 = E$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E = \sqrt{\frac{E^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{E^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{2E^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{2E}{2\epsilon_0}}$$

$$E = \sqrt{\frac{E^2}{\epsilon_0^2} + \frac{4E^2}{9\epsilon_0^2}}$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$200 - 100 =$$

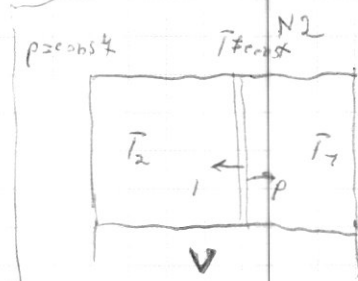
$$\frac{18^2 + 20^2}{2 \cdot 18 \cdot 20}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ + 20 \\ \hline 38 \\ 144 \\ 324 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\frac{300 R T_0}{T_2}$$



$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$



$$\nu = \frac{3}{5}$$

$$T_1 = 320 \text{ K}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31$$

$$p_1 V = \nu R T_1$$

$$p_1 V = \nu R T_2$$

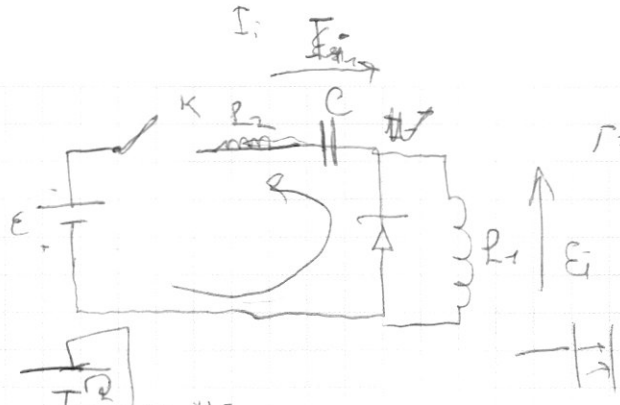
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400}$$

$$\frac{32}{40} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$$

$$pV = \nu R T$$

$$5R \nu \Delta T$$

\mathcal{E}
 $L_1 = 5H$
 $L_2 = 4H$
 C
 D



$r = 4\Omega$
 $25\sqrt{LC} = 45\sqrt{LC}$
 $\frac{CE^2}{2}$
 $\frac{LI^2}{2}$

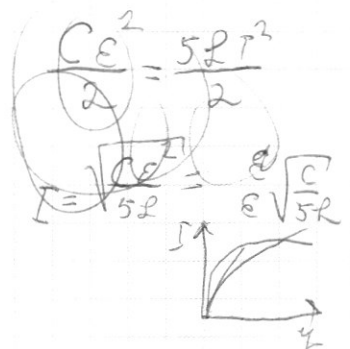
$\mathcal{E}_1 = LI'$

$\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$

$\mathcal{E} =$

$\frac{CE^2}{2} = \frac{4LI^2}{2}$

$I = \sqrt{\frac{CE^2}{4L}} = \frac{\mathcal{E}}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$



из чл L_2 $\mathcal{E} = L_1 I_1 - L_2 I_2$

$\frac{CE^2}{2} = \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$

$\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$

$\mathcal{E} = 4LI_1 + LI_2$

$I = \mathcal{E} = LI$ $U = IR$

$\mathcal{E} = 4LI_1 - 5LI_2$

$I - I_0$
 I

$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$ $\mathcal{E} = \frac{qC}{C^2}$
 $r = \frac{C}{\mathcal{E}}$ $Q = q \cdot U$

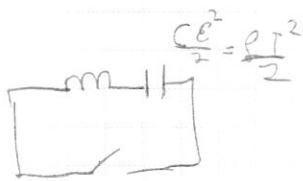
$\frac{CE^2}{2} = \frac{4LI^2}{2}$
 $I = \sqrt{\frac{CE^2}{4L}} = \frac{\mathcal{E}}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$ (где L_1)

$\frac{49}{196}$ $\frac{196}{36}$

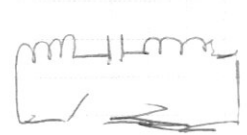


$r = 25\sqrt{LC}$
 $r = \frac{45}{\omega}$

$I_{max} = 0.09A$



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



$\frac{CE^2}{2} = \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$

$5LI = \mathcal{E}$

$\mathcal{E} = 4LI_1 + 5LI_2$



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)

