

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

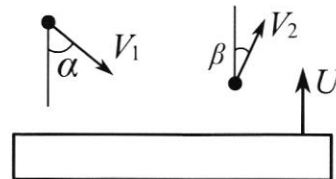
Класс 11

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

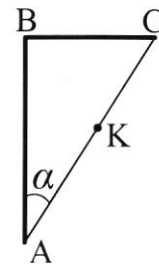


1) Найти скорость  $V_2$ .  
 2) Найти возможные значения скорости плиты  $U$  при таком неупругом ударе.  
 Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

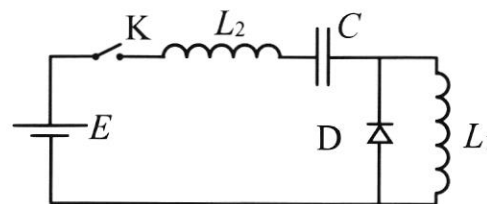
1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.  
 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.  
 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



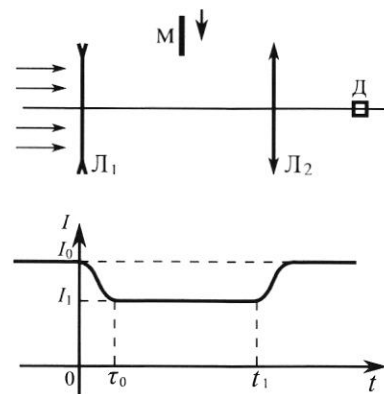
1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол  $\alpha = \pi/4$ . Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?  
 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно 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  $F_0$ ,  $D$ ,  $\tau_0$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

Дано:

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

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

$$J = 0,6 \text{ моль}$$

$$1) V_A : V_K = ?$$

$$2) T_0 = ?$$

$$3) Q = ?$$

Решение:

1) Из условия равновесия поршня следует, что  $P_A = P_K$

Найдем значения  $V_A$  и  $V_K$  с помощью УМК

$$P V_A = J R T_1$$

$$P V_K = J R T_2$$

$$V_A = \frac{J R T_1}{P}$$

$$V_K = \frac{J R T_2}{P}$$

$$\frac{V_A}{V_K} = \frac{J R T_1}{J R T_2} = \frac{320}{400} = 0,8$$

Ответ: 0,8

2) При температуре газов  $T_0$  их объемы будут одинаковыми

$$V_{\text{камера}} = V_A + V_K = 1,8 V_K \Rightarrow V_0 = \frac{V_0}{2} = 0,9 V_K$$

Из уравнения состояния следует:  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ;  $T_0 = \frac{0,9 V_K}{V_K} \cdot T_2$

$$T_0 = 0,9 \cdot T_2 = 360 \text{ K}$$

Ответ: 360 K

3) По I ЗТ:  $Q = A + \Delta U$

т.к. в процессе  $P = \text{const}$ , то  $A = P \Delta V = J R \Delta T$

$$\Delta U = \frac{3}{2} J R \Delta T$$

$$Q = J R \Delta T + \frac{3}{2} J R \Delta T = \frac{5}{2} J R \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (40) = -1,5 \cdot 8,31 \cdot 60 \approx -500 \text{ Дж}$$

Ответ: 500 Дж

№1

Дано:  
 $v_1 = 18 \text{ м/с}$   
 $\sin \alpha = 2/3$   
 $\sin \beta = 3/5$

1)  $v_2 = ?$

2)  $u = ?$

Решение:

1) Уотн по Ох сохранился  $\Rightarrow v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$

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

Ответ:  $v_2 = 20 \text{ м/с}$

2) Запишем проекции скорости на Oy

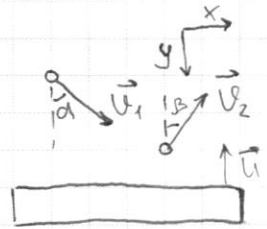
$$v_{\text{отн}} = v_1 \cdot \cos \alpha + u = v_2 \cdot \cos \beta - u$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}, \quad \cos \beta = \frac{4}{5}$$

$$18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + u = 20 \cdot \frac{4}{5} - u \Rightarrow 2u = 20 \cdot \frac{4}{5} - \frac{18\sqrt{5}}{3}$$

$$2u = 16 - 6\sqrt{5} \approx 16 - 12 = 4 \text{ м/с}; \quad u = 2 \text{ м/с}$$

Ответ:  $2 \text{ м/с}$



№3

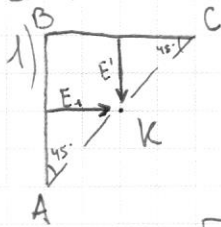
Дано:

$d_1 = \pi/4$   
 $d_2 = \pi/9$

1)  $E_2 : E_1 = ?$

2)  $E = ?$

Решение:



По аналогии с конденсаторами:

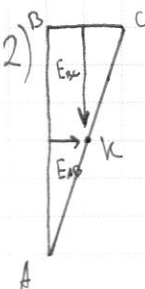
$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}; \quad E_2 \text{ по рисунку} = \sqrt{E_1^2 + E'^2}, \text{ где}$$

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

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

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sqrt{2} \cdot E_1}{E_1} = \sqrt{2}$$

Ответ:  $\sqrt{2}$



$$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}, \quad E_{BC} = \frac{2\sigma}{2\epsilon_0 \cdot 7} = \frac{\sigma}{7\epsilon_0}$$

По принципу наложения:  $E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{49}}$

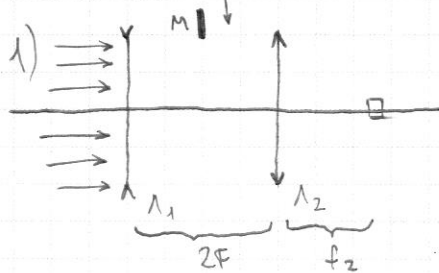
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{\frac{50}{49}} = \frac{\sqrt{50} \cdot \sigma}{14 \cdot \epsilon_0}$$

Ответ:  $\frac{\sqrt{50} \cdot \sigma}{14 \cdot \epsilon_0}$

Дано:  
 $-2F_0, F_0$   
 $I_1 = 7I_0/16$

- 1)  $f_2 = ?$   
 2)  $v = ?$   
 3)  $t_1 = ?$

Решение:



т.е.  $d_2 = 2F + |f_1| = 4F$

По ФТЛ:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = \frac{4F}{3}$

Ответ:  $\frac{4F}{3}$

2) Сила тока зависит от мощности падающего света

Мишень M будет загораниваться за собой часть лучей.

За время, равное  $\tau_0$ , мишень пройдет расстояние M:

$$\frac{D-M}{D} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{7I_0}{16 \cdot I_0} \Rightarrow 16D - 16M = 7D \quad ; \quad M = \frac{9}{16} D$$

$$v = \frac{M}{\tau_0} = \frac{9D}{16 \cdot \tau_0}$$

Ответ:  $\frac{9D}{16 \cdot \tau_0}$

3) За время  $t_1 - \tau_0$  мишень пройдет расстояние D-M

$$\frac{D-M}{t_1 - \tau_0} = v = \frac{9D}{16 \cdot \tau_0} \quad ; \quad \frac{7D}{(t_1 - \tau_0) \cdot 16} = \frac{9D}{16 \cdot \tau_0}$$

~~$$7 \cdot 16 \cdot \tau_0 = 9t_1 - 9\tau_0 \Rightarrow 9t_1 = 112\tau_0 + 9\tau_0$$~~

~~$$t_1 = \frac{121 \tau_0}{9}$$~~

~~Ответ:  $\frac{121 \tau_0}{9}$~~

$$7 \cdot \tau_0 = 9t_1 - 9\tau_0 \Rightarrow 9t_1 = 16\tau_0$$

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

Ответ:  $\frac{16}{9} \tau_0$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:  
 $L_1 = 5L, \text{ с}$   
 $L_2 = 4L, \text{ с}$   
 $\mathcal{E}$

Решение:

1) т.к. колебания совершаются только в  $L_2 - \text{с}$ , то  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{L_2 \cdot C}$

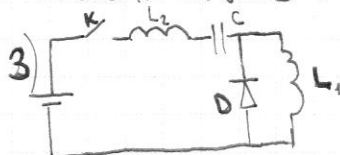
1)  $T = ?$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{4LC} = 4\pi \sqrt{LC}$$

2)  $I_{01} = ?$

Ответ:  $4\pi \sqrt{LC}$

3)  $I_{02} = ?$



Мак, текущий через  $L_1 - D - L_1$  не будет вы-  
течь на  $L_2 - \text{с}$

По 3.С.Э:  $\frac{CU^2}{2} = \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$ , где  $U$  из ВПЧ =  $\mathcal{E}$

$$C\mathcal{E}^2 = 4L I_{02}^2$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ:  $\frac{\mathcal{E}}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$

2) через контур  $L_1 - D - L_1$  ~~будет~~ будет идти такой же ток, как  
и с замкнутым ключом

В уст. режиме  $L$  - нулевое сопротивление,  $C$  - разрыв цепи

По 3СЭ:  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$ ;  $I_1 = I_2$ , т.к.  $L_1$  и  $L_2$  параллельны

$$9LI_{01}^2 = CU^2 \Rightarrow I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ:  $\frac{\mathcal{E}}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$

1/1

Дано:

$U_1 = 18 \text{ мВ}$   
 $\sin \alpha = \frac{2}{3}$   
 $\sin \beta = \frac{3}{5}$

1)  $U_2 = ?$

2)  $U = ?$

Решение:

$U_x = \text{const} \Rightarrow U_1 \cdot \sin \alpha = U_2 \cdot \sin \beta$

$18 \cdot \frac{2}{3} = U_2 \cdot \frac{3}{5} \quad ; \quad U_2 = \frac{10}{9} \cdot 18 = 20 \text{ мВ}$

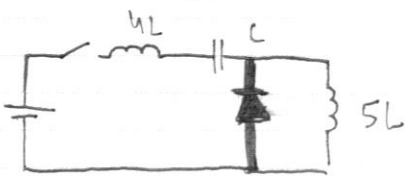
Ответ: 20 мВ

2)  $U_{\text{отн}} = U_1 \cdot \cos \alpha + U = U_2 \cdot \cos \beta - U$

$2U = U_2 \cdot \cos \beta - U_1 \cdot \cos \alpha = 20 \cdot 0,8 - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 16 - 6 \cdot 2 \approx 4 \text{ мВ}$

$U = 2 \text{ мВ}$

Ответ: 2 мВ

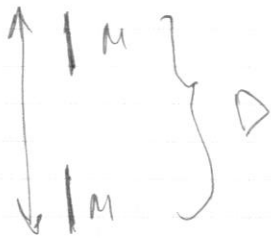


1/1

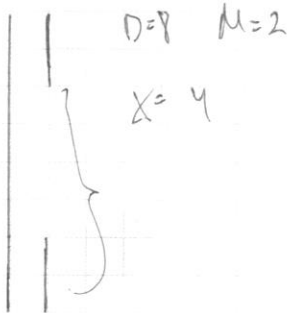
$\frac{9LI^2}{2} = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow I_{\text{отн}}^2 = \frac{CE^2}{9L} \Rightarrow \left[ I_{\text{отн}} = \frac{E}{3} \sqrt{\frac{C}{L}} \right]$

~~1/1~~

2/10



$\frac{5}{16}$   
 $\frac{12}{13}$   
 $20$   
 $+$   
 $72$   
 $=$   
 $112$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

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

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

$$J = 0,6 \text{ мА}$$

$$R = 8,31$$

Решение:

$$1) P_1 = P_2 \quad \text{Учк: } PV = JRT \Rightarrow \frac{V_A}{V_K} = \frac{JRT_1}{JRT_2} = \frac{320}{400} = 0,8$$

Ответ: 0,8

$$1) U_{\text{вп}} = A_{\text{вп}}$$

$$2) U = V_A + V_K = 1,8 V_A \quad ; \quad T_1' = T_2', \quad P_1' = P_2', \quad V_1' = V_2' = 0,9 V_A$$

$$2) T_0 = ?$$

$$T_0 = 360\text{K}$$

$$3) Q = ?$$

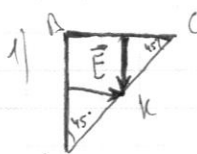
$$3) \text{Учк: } Q = \frac{J}{2} R \Delta T = \frac{J}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 40 = 60 \cdot 8,31 \approx 500 \text{ Дж}$$

Дано:

$$1) E = ?$$

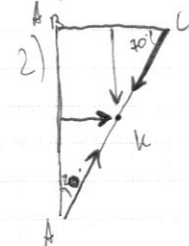
$$2)$$

Решение:



$$E_K = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad ; \quad E_K' = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{2} \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

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



$$\sigma_1 = \sigma, \quad \sigma_2 = 2\sigma/\sqrt{3}$$

$$E_K = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{4\sigma^2}{98\epsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{1 + \frac{1}{4,5}} = \frac{\sqrt{5,5} \cdot \sigma}{14 \cdot \epsilon_0}$$



Дано:

$$L_1 = 5L$$

$$L_2 = 4L$$

C

$$1) T = ?$$

$$2) I_{01} = ?$$

$$3) I_{02} = ?$$

Решение:

$$1) T = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 4\pi\sqrt{LC}$$

Ответ:  $4\pi\sqrt{LC}$

$$2) U_C = \epsilon \quad \text{Учк:}$$

$$3) \frac{C\epsilon^2}{2} = \frac{L I_{02}^2}{2} \Rightarrow I_{02} = \frac{C\epsilon^2}{L} \Rightarrow \left[ I_{02} = \frac{\epsilon}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \right]$$

$$I = A \cdot \sin \omega t =$$

Дано:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{4f} \Rightarrow f = \frac{4f}{3}$$

$$Q = 0 = A + W_1 - W_2$$

$$q\epsilon +$$



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)





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)