

ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ 2022 – 2023 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
11 КЛАСС

**Задача 1**

**Возможное решение**

Второй закон Ньютона для горизонтальной и вертикальной оси

$m \frac{dv_x}{dt} = -kv_x = -k \frac{dx}{dt}$ ;  $m \frac{dv_y}{dt} = -mg - kv_y = -mg - k \frac{dy}{dt}$ . За время полета горизонтальное и вертикальное смещение равно  $L = \frac{vm}{k} (\cos \alpha - \frac{1}{2} \sin \alpha)$ ;  $H = \frac{m}{k} \left[ gt - v \left( \frac{1}{2} \cos \alpha + \sin \alpha \right) \right]$ . Время падения  $t = 11v/8g = 2,75$  с.

Ответ: 2,75 с.

**Критерии оценивания**

Записан второй закон Ньютона в проекциях на выбранную систему отсчета	1 балл
Указаны пределы изменения координат скорости мяча за время полета	1 балл
Указаны проекции вектора перемещения за время полета мяча	1 балл
Выражены горизонтальное смещение за время полета	2 балла
Выражены вертикальное смещение за время полета	3 балла
Получен ответ на вопрос	2 балла

**Задача 2**

**Возможное решение**

$PV = \nu RT_1$ ;  $2PV = \nu RT_2$ ;  $8PV = \nu RT_3$ . Применим первое начало термодинамики к каждому из процессов цикла.

Изохорный процесс:  $\nu C_V \Delta T_V = 1,5\nu R \Delta T_V \Rightarrow C_V = 1,5R$ .

Процесс 2-3:  $\nu C_{23} 6T_1 = 12\nu RT_1$ ,  $\Rightarrow C_{23} = 2R$ .

Процесс 3-1:  $\nu C_{31} \Delta T_{31} = 1,5\nu R \Delta T_{31} + A_{31}$ .  $A_{23} = 4,5(A_{23} + A_{31})$ ,  $A_{31} = -21/9 \nu RT_1$ ,  $\Rightarrow C_{31} = 11/6 R$ .

$KПД = \frac{A}{Q_H} = \frac{2/3 \cdot \nu RT_1}{27/2 \cdot \nu RT_1} = 4,9\%$ .

Ответ: 1.  $C_V = 1,5R$ ,  $C_{23} = 2R$ ,  $C_{31} = 11/6 R$ ; 2.  $KПД = 4,9\%$ .

**Критерии оценивания**

Определена теплоемкости газа в процессе 1-2	1 балл
Определена теплоемкости газа в процессе 2-3	2 балла
Определена работа газа в процессе 3-1	2 балла
Определена теплоемкости газа в процессе 3-1	2 балла
Найдено количество теплоты, полученное газом за цикл	1 балл
Найдена работа газа за цикл	1 балл
Получен ответ на второй вопрос	1 балл

**Задача 3**

**Возможное решение**

На крайних пластинах индуцируются заряды равные по величине и противоположные по знаку:  $-q_1$  и  $q_1$ . Обозначим результирующую напряженность поля центрального конденсатора  $\vec{E}$ , а внешнего  $\vec{E}_1$ . Крайние пластины замкнули накоротко, поэтому  $U_1 = 0$   $U_1 = (E - E_1)d - 2E_1d = 0$ . Учитывая, что  $E_1 = q_1/\varepsilon_0 S$ , а  $E = q/\varepsilon_0 S$  находим  $q_1 = q/3$ . Для центрального конденсатора  $U = (E - E_1)d = \frac{2qd}{3\varepsilon_0 S}$ . Энергия

системы до смещения пластин:  $W_{нач} = 2 \frac{\varepsilon_0 S}{2d} (E_1 d)^2 + \frac{\varepsilon_0 S}{2d} ((E - E_1)d)^2 = \frac{q^2 d}{3\varepsilon_0 S}$

После смещения пластины заряды на крайних пластинах будут равны:  $-q/2$  и  $q/2$ . Энергия системы после смещения пластин:  $W_{\text{кон}} = \frac{3q^2 d}{8\epsilon_0 S}$ . За счет совершения работы по передвижению пластины произошло изменение энергии электрического поля  $A = \Delta W = \frac{q^2 d}{24\epsilon_0 S}$

Ответ: 1.  $U = \frac{2qd}{3\epsilon_0 S}$ ; 2.  $A = \frac{q^2 d}{24\epsilon_0 S}$ .

#### Критерии оценивания

Получен ответ на первый вопрос	3 балла
Определена энергия системы до смещения пластин	2 балла
Определена энергия системы после смещения пластин	2 балла
Записан закон изменения энергии	1 балл
Получен ответ на второй вопрос	2 балла

#### Задача 4

Максимальный заряд на конденсаторах  $q_{\text{MAX}} = \frac{3CE}{2}$ .

Ток через верхний резистор  $I_B = E/2R$ . Ток через нижний резистор  $I_H = E/4R$ . Через ключ  $K_2$  течет ток  $I = 3E/4R$

Теплота  $Q$ , выделившаяся на обоих резисторах до замыкания  $K_2$ :  $Q + 9CE^2/4 = 3Eq$   $Q = 9/4 CE^2$  На нижнем резисторе:  $Q_l = 3CE^2/2$ .

Ответ: Ответ: 1.  $q_{\text{MAX}} = \frac{3CE}{2}$ ; 2.  $I = 3E/4R$ ; 3.  $Q_2 = 3CE^2/2$ .

#### Критерии оценивания

Получен ответ на первый вопрос	2 балла
Найдено значение сил токов через резисторы сразу после замыкания $K_2$	2 балла
Получен ответ на второй вопрос	1 балл
Записан ЗСЭ	1 балл
Определено количество теплоты, выделившаяся в нижнем резисторе до замыкания $K_2$	4 балла

#### Задача 5

Главные оптические оси линзы 1 и линзы 2 совпадают. Одна из линз собирающая, другая - рассеивающая. Каждая из линз находится в фокусе другой линзы. Точечный источник света  $S$  расположили на расстоянии  $48,4 \text{ см}$  слева от линзы 1 на ее главной оптической оси. Изображение источника получилось на таком же расстоянии справа от линзы 2.

1. Какое фокусное расстояние каждой из линз?
2. Найдите расстояние между изображениями источника, если его расположить на главной оптической оси на равном расстоянии от обеих линз?

#### Возможное решение

Первая линза рассеивающая, вторая - собирающая. Рассмотрим рассеивающую линзу. Введем расстояние от линзы до источника света  $a$ , от линзы до изображения  $b$ . Запишем формулу тонкой линзы для каждой

из линз:  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{F}$   $\frac{1}{b+F} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Rightarrow F \approx 20 \text{ см}$

Для ответа на второй вопрос, найдем положение изображения источника в рассеивающей и собирающей линзах. Обозначим расстояние от рассеивающей линзы до изображения  $c$ , а от собирающей линзы до изображения -  $d$ . Тогда:  $\frac{2}{F} - \frac{1}{c} = -\frac{1}{F}$   $\frac{2}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow c = \frac{F}{3}$ ;  $d = F$ . Расстояние между изображениями

равно  $F/3 \approx 20/3 \text{ см}$

Ответ: 1.  $F \approx 20 \text{ см}$ ; 2.  $\approx 20/3 \text{ см}$

**Критерии оценивания**

Записана формула для изображения в первой линзе	1 балл
Записана формула для изображения в во второй линзе	2 балла
Получен ответ на первый вопрос	1 балл
Найдено положение изображения в первой линзе	2 балла
Найдено положение изображения во второй линзе	2 балла
Получен ответ на второй вопрос	2 балла