

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике  
2017-2018 учебный год  
11 класс**

Продолжительность олимпиады: 210 минут. Максимально возможное количество баллов: 40

**Задание 1. Математический маятник.**

**(10 баллов)**

Найдем путь  $S$ , пройденный грузом за время  $\tau$  много большее периода колебаний  $T$ :  $S=4NA$ , (1)

где  $A$  — амплитуда колебаний,  $N$  — число колебаний, совершенных за время  $\tau$ , причем  $N = \frac{\tau}{T}$  (2)  
Амплитуда колебаний связана с максимальной скоростью груза соотношением:

$$v_0 = \omega A = \frac{2\pi}{T} A \quad (3)$$

$$S = \frac{2}{\pi} v_0 \tau \approx 2.3 \text{ м.}$$

Окончательно получим:

**Критерии оценивания:**

Формула (1)	2 балла
Формула (2)	1 балла
Формула (3)	3 балла
Ответ в общем виде	2 балла
Численный ответ	2 балла

**Задание 2. Тонкая линза.**

**(5 баллов)**

Дано:  $\Gamma = 10$  – увеличение;  $F = 36,5 \text{ см} = 36,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$  – фокусное расстояние линзы

Найти:  $f$  – расстояние от линзы до изображения

Формула тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ,

где  $d$  – расстояние от линзы до предмета.

Увеличение линзы определяется по формуле:  $\Gamma = \frac{f}{d}$

Выразим из этой формулы расстояние от линзы до предмета и подставим полученное значение в формулу

$$d = \frac{f}{\Gamma}$$

тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{f}{\Gamma}} + \frac{1}{f} \quad \frac{1}{F} = \frac{\Gamma}{f} + \frac{1}{f} = \frac{\Gamma+1}{f}$$

Отсюда расстояние от линзы до изображения равно:  $f = F(\Gamma + 1)$

Подставим в данное выражение известные значения:  $f = 36,5 \text{ см} \cdot (10 + 1) = 4,015 \text{ м}$

**Ответ:**  $f = 4,015 \text{ м}$ .

**Критерии оценивания:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
5	Полное верное решение
4	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
3	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**Задание 3. Амплитудное значение переменной ЭДС.****(5 баллов)**

Амплитуда колебаний ЭДС равна  $\varepsilon_m = 50$  В,  
 период колебаний  $T = 0,4$  с. Частота колебаний определяется через период соотношением  $\nu = 1/T$  и равна  $\nu = 2,5$  Гц.

Уравнение колебаний ЭДС имеет  $e = \varepsilon_m \cos(2\pi\nu t + \varphi)$  вид:  $e = 50 \cos 5\pi t$

**Ответ:**  $\varepsilon_m = 50$  В;  $T = 0,4$  с;  $\nu = 2,5$  Гц;  $e = 50 \cos 5\pi t$

**Критерии оценивания:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
5	Полное верное решение
4	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
3	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**Задание 4. Правило Кирхгофа для узлов.****(10 баллов)**

Запишем первое правило Кирхгофа для узлов:

$$\begin{cases} I = I_1 + I_3 \\ I_1 = I_2 + I_G \\ I = I_2 + I_4 \\ I_4 = I_3 + I_G \end{cases}$$

Запишем падение напряжения на контурах:

$$\begin{cases} I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon \\ I_3 R_3 + I_4 R_4 = \varepsilon \\ I_1 R_1 + I_G R_G + I_4 R_4 = \varepsilon \end{cases}$$

Заменяем известные величины:

$$\begin{cases} 60I_1 + 40I_2 = 2 \\ 20I_3 + 20I_4 = 2 \\ 60I_1 + 100I_G + 20I_4 = 2 \end{cases}$$

Выразим:

$$\begin{cases} 6I_1 + 4(I_1 - I_G) = 0,2 \\ 2(I_4 - I_G) + 2I_4 = 0,2 \\ 6I_1 + 10I_G + 2I_4 = 0,2 \end{cases}$$

из первого:  $10I_1 - 4I_G = 0,2 \Rightarrow I_1 = \frac{0,2 + 4I_G}{10}$

из второго:  $\Rightarrow I_4 = \frac{0,2 + 2I_G}{4}$

произведем замену в третьем уравнении:

$$G = \left( \frac{0,2 + 4I_G}{10} \right) + 10I_G + 2 \left( \frac{0,2 + 2I_G}{4} \right) = 0,2$$

$$1,2 + 24I_G + 100I_G + 1 + 10I_G = 2 \Rightarrow 134I_G = -0,2 \Rightarrow$$

**Ответ:**  $I_G = -1,49$  мА, знак минус показывает, что направление тока выбрано в противоположном направлении.

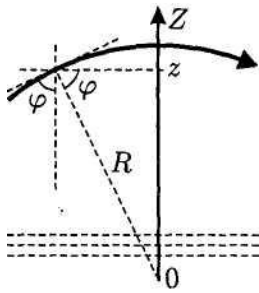
**Критерии оценивания:**

- 1. Записано первое правило Кирхгофа для узлов..... 3 балла
- 2. Записаны уравнения для падения напряжения на контурах..... 3 балла
- 3. Произведены преобразования и замены ..... 3 балла
- 4. Получен ответ..... 1 балл

**Задание 5. Показатель преломления.**

**(10 баллов)**

Выберем начало координат в центре окружности радиуса  $R$ , по дуге которой распространяется луч света. Пусть показатель преломления монотонно изменяется вдоль оси  $Z$ . Разобьем среду на множество тонких слоев, перпендикулярных оси  $Z$ , как показано горизонтальными пунктирными линиями на рисунке 9.



В пределах каждого из слоев показатель преломления можно считать неизменным. Пусть  $\varphi$  – угол между осью  $Z$  и касательной к лучу в некоторой точке. Тогда, как следует из построения на рисунке,  $\varphi$  является также углом падения луча на слой с координатой  $z$ .

В соответствии с законом преломления  $n(z) \sin \varphi = const$ .

Так как  $\sin \varphi = \frac{z}{R}$ , то: 
$$n(z) = \frac{const}{\sin \varphi} = \frac{R \cdot const}{z} = \frac{k}{z}$$

где  $k$  – постоянный коэффициент. Таким образом, для того, чтобы луч света мог распространяться в среде по дуге окружности, показатель преломления должен убывать обратно пропорционально координате  $z$ , отсчитываемой от центра этой окружности.

**Критерии оценивания:**

- 10 баллов. Получено решение с правильным ответом.
- 8 баллов. Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
- 6 баллов. Использовано соотношение  $n(z) \sin \varphi = const$
- До 4 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.