

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. 2024 г.  
ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС  
ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

**Максимальный балл за работу – 30.**

**Задание № 1**

Плавкий предохранитель – устройство, защищающее электроприборы от излишнего электрического тока. Основным элементом плавкого предохранителя является металлическая проволока (на рисунке внутри стеклянной колбы), которая перегорает, если через предохранитель идёт ток больше того, на который он рассчитан.

На лабораторной работе ученикам было предложено изучить свойства предохранителя со следующими характеристиками:

- предельная сила тока – 2 А;
- длина проволоки – 1.5 см;
- диаметр проволоки – 0.1 мм;
- материал проволоки – свинец.



Удельная теплоёмкость свинца – 120 Дж/кг·°С, удельная теплота плавления свинца – 25 кДж/кг, температура плавления свинца – 327 °С, плотность свинца –  $11.4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, удельное сопротивление свинца –  $0.207 \cdot 10^{-6}$  Ом·м.

Перегорит ли предохранитель, если по нему пустить ток величиной 3.5 А?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Недостаточно данных

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Сила тока 3.5 А больше предельно допустимой силы тока 2 А, поэтому предохранитель перегорит.

Перегорит ли предохранитель, если по нему пустить ток величиной 1300 мА?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Недостаточно данных

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Сила тока 1300 мА=1.3 А меньше, чем предельно допустимая сила тока 2 А, поэтому предохранитель не перегорит.

### Задание № 2

Чему равна масса свинцового проводника?

**Ответ:**

- 0.13 мг
- 1.34 мг
- 13.42 мг

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Массу проводника найдём по формуле:  $m = \rho \cdot V$ .

Проводник представляет из себя цилиндр, тогда его объём находится по формуле:

$$V = S \cdot L,$$

где  $L$  – длина проводника,  $S$  – площадь поперечного сечения. Площадь находим по формуле:  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ .

Соберём всё в формулу массы и получим:  $m = \rho \cdot L \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 1.34 \text{ мг}$ .

### Задание № 3

Каким сопротивлением обладает свинцовый проводник?

**Ответ:**

- 0.33 Ом
- 0.4 Ом
- 3.9 Ом

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Сопротивление проводника вычисляется по формуле:  $R = \frac{r \cdot L}{S}$ , где  $r$  – удельное сопротивление материала,  $S$  – площадь поперечного сечения. Формулу для вычисления площади возьмём из предыдущего вопроса и получим итоговую формулу:

$$R = \frac{r \cdot L \cdot 4}{\pi d^2} = 0.4 \text{ Ом.}$$

#### **Задание № 4**

Через какое время свинцовый проводник полностью расплавится при достижении током предельного значения? Считайте, что начальная температура проводника равна  $27^\circ \text{C}$  и всё тепло, выделяющееся при прохождении тока по проводнику, идёт на его нагрев. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ: 0.1**

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Количество теплоты, которая выделяется на проводнике при прохождении тока, вычисляется по закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta\tau.$$

По условию задачи всё это тепло идёт на нагревание и плавление проводника, поэтому можем записать:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda \cdot m$$

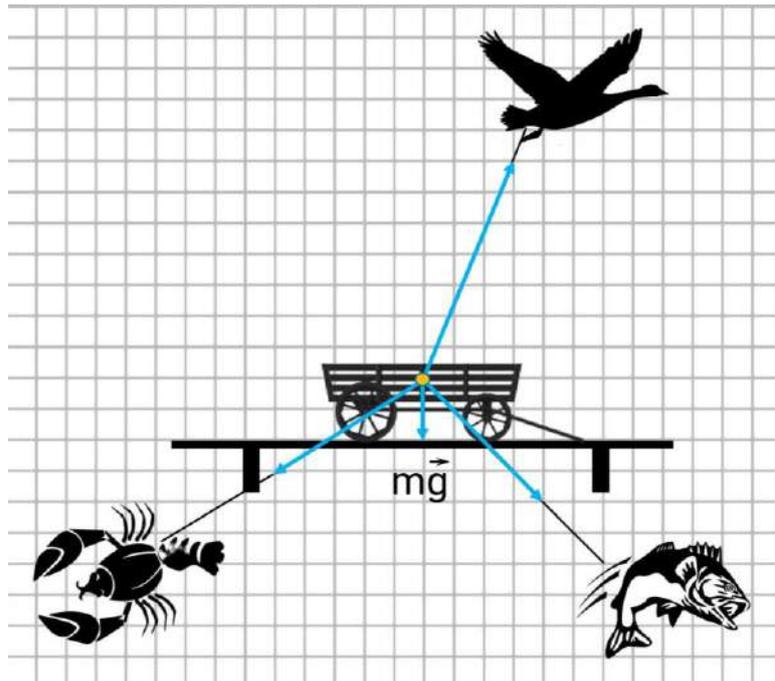
Приравняем эти две формулы и выразим промежуток времени:

$$\Delta\tau = \frac{m(c \cdot (t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda)}{I^2 \cdot R} = 0.1 \text{ с.}$$

Массу и сопротивление проводника можно взять из предыдущих вопросов.

#### **Задание № 5**

Лебедь, щука и рак решили открыть предприятие по перевозке грузов. Они раздобыли телегу массой 20 кг, поставили её на мост и решили потренироваться. На рисунке показаны силы, с которыми они тянут телегу, размер клетки – 100 Н. Все силы лежат в одной вертикальной плоскости, при движении они не меняются по величине и направлению. Трения нет.



Кто из персонажей прикладывает самую большую силу?

**Ответ:**

- ✓ Лебедь
- Рак
- Щука
- Все прикладывают равные силы

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Найдём силы персонажей, определив их проекции на горизонтальную и вертикальную оси по рисунку и воспользовавшись теоремой Пифагора:

$$\frac{F_{\text{л}}}{100 \text{ Н}} = \sqrt{3^2 + 7^2} = \sqrt{58};$$
$$\frac{F_{\text{щ}}}{100 \text{ Н}} = \sqrt{4^2 + 4^2} = \sqrt{32};$$
$$\frac{F_{\text{р}}}{100 \text{ Н}} = \sqrt{3^2 + 5^2} = \sqrt{34}.$$

Из полученных значений видно, что лебедь самый сильный. Этот вывод можно было сделать визуально, сравнив длины векторов на рисунке.

### Задание № 6

Как будет двигаться телега?

**Ответ:**

- ✓ Вправо по мосту
- Влево по мосту
- Останется на месте
- Лебедь оторвёт телегу от моста

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Вычислим сумму сил лебедя, рака и щуки в проекциях на оси:

$$F_x = (3 + 4 - 5) \cdot 100 \text{ Н} = 200 \text{ Н},$$
$$F_y = (7 - 4 - 3) \cdot 100 \text{ Н} = 0 \text{ Н}.$$

От земли воз не оторвётся, т.к. проекция  $F_y = 0 \text{ Н}$ , что меньше  $mg = 200 \text{ Н}$ . Проекция  $F_x > 0$ , поэтому телега будет двигаться вправо по земле.

### **Задание № 7**

С какой силой тянет рак? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [582; 584]**

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Найдём силу, с которой тянет телегу рак, воспользовавшись вычислениями из первого пункта:

$$F_p = \sqrt{34} \cdot 100 \text{ Н} = 583 \text{ Н}.$$

### **Задание № 8**

Кто из персонажей совершает наибольшую работу при движении телеги? Обращаем внимание, что в данном вопросе требуется сравнивать работы с учётом их знаков.

**Ответ:**

- Лебедь
- Рак
- Щука
- Все работы будут равны

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Работа силы равна скалярному произведению силы на перемещение:

$$A = \vec{F}\vec{s} = Fs \cdot \cos(\alpha) = F_s \cdot s,$$

где  $F_s$  – проекция силы на направление перемещения. Телега движется горизонтально вправо. Проекция силы на направление движения самая

большая у щуки, поэтому она совершает самую большую работу и, как следствие, имеет наибольшую мощность.

### Задание № 9

Чему равна мощность, развиваемая лебедем к концу второй секунды движения телеги? Ответ выразите в ваттах, округлите до целых.

**Ответ: 6000**

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Ускорение движения телеги:

$$a = \frac{F_x}{m} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

поэтому скорость к концу второй секунды:

$$v = at = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

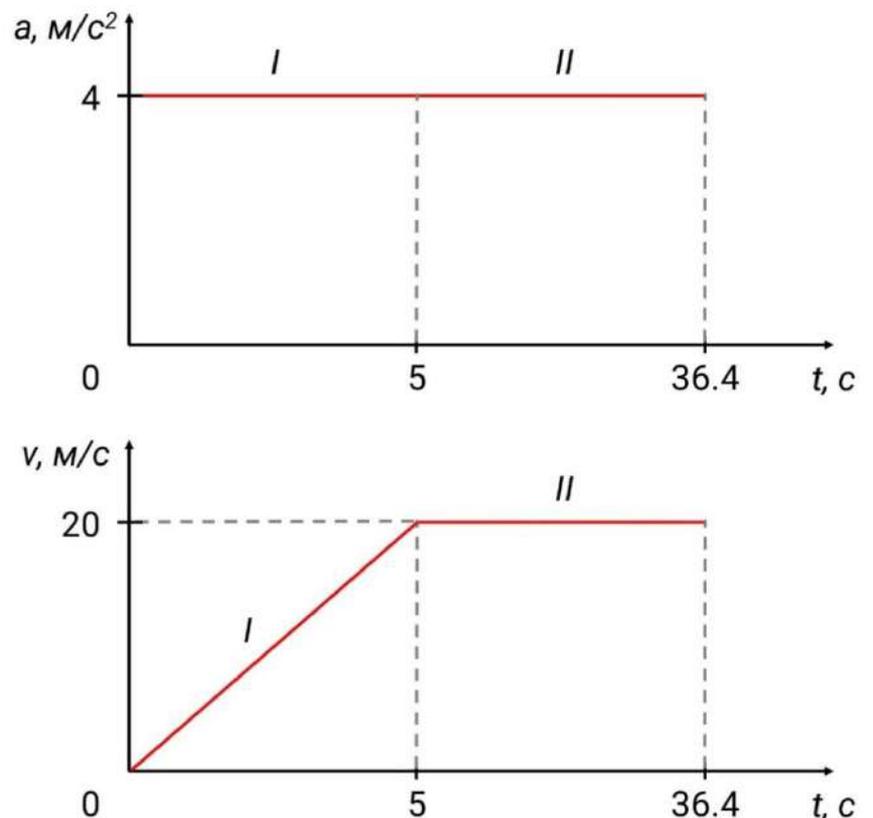
Мощность лебедя:

$$P = Fv \cdot \cos(\alpha) = F_s \cdot v = 300 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 6000 \text{ Вт}.$$

### Задание № 10

На автомобиль установлено устройство, которое одновременно измеряет ускорение и скорость автомобиля. Данные, зафиксированные устройством, представлены в виде графиков. Известно, что траектория автомобиля могла состоять только из отрезков и дуг окружностей.

Изучив приведённые графики, ответьте на вопросы. Считайте, что  $\pi = 3.14$ .



Какой была максимальная скорость автомобиля в ходе движения?

**Ответ:**

- 0.072 м/с
- 20 м/с
- 72 м/с
- 20 км/ч

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Из графика зависимости скорости от времени видно, что максимальная скорость равна 20 м/с.

### Задание № 11

Какая траектория была у автомобиля на каждом из участков?

**Ответ:**

- I – окружность, II – прямая
- I – прямая, II – прямая
- I – окружность, II – окружность
- I – прямая, II – окружность

**Точное совпадение ответа – 2 балла.**

*Решение.*

Если ускорение на первом участке умножить на время, то мы получаем значение максимальной скорости со второго графика. Следовательно, на первом участке автомобиль ехал по прямой. На втором участке скорость постоянная. Следовательно, ускорение – центростремительное. Т.е. автомобиль едет по окружности.

### Задание № 12

Определите радиус окружности, по которой ехал автомобиль.

**Ответ:**

- 1 м
- 10 м
- 100 м
- 1000 м
- Автомобиль не ехал по окружности, а ехал только по прямой

**Точное совпадение ответа – 3 балла.**

*Решение.*

По окружности автомобиль ехал на втором участке. Центробежное ускорение  $a = \frac{v^2}{R}$ , откуда радиус окружности:

$$R = \frac{v^2}{a} = \frac{20^2}{4} = 100 \text{ м.}$$

### **Задание № 13**

Определите перемещение автомобиля за всё время движения, т.е. от 0 с до 36.4 с. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ: 50**

**Точное совпадение ответа – 3 балла.**

*Решение.*

Для начала рассмотрим второй участок. Путь, пройденный автомобилем, равен:

$$S = 20 \cdot (36.4 - 5) = 628 \text{ м.}$$

Длина окружности, по которой он ехал:

$$L = 2\pi R = 2 \cdot 3.14 \cdot 100 = 628 \text{ м.}$$

Т.е. на втором участке он совершил полный оборот и вернулся в точку, где был в момент времени 5 с. Следовательно, перемещение автомобиля за всё время равно пути, пройденному на первом участке. На первом участке автомобиль двигался равноускоренно без начальной скорости, поэтому пройденный путь составляет:

$$\Delta S = \frac{at^2}{2} = \frac{4 \cdot 5^2}{2} = 50 \text{ м.}$$

**Максимальный балл за работу – 30.**