

**Муниципальный этап  
 Всероссийской олимпиады школьников  
 по физике  
 2018/19 учебный год  
 9 класс**

**Возможные решения и критерии оценивания**

**1. «Опоздал на поезд»**

Когда опоздавший пассажир вбежал на платформу, мимо него за время  $t_1$  прошёл предпоследний вагон поезда. Последний вагон прошёл мимо пассажира за время  $t_2$ . На сколько опоздал пассажир к отходу поезда? Поезд двигался равноускоренно, длина вагонов одинакова.

**Решение**

Так как поезд отходит от платформы, то его начальная скорость  $v_0 = 0$ . Пусть пассажир опоздал на время  $\tau$ , тогда в момент, когда пассажир вбежал на платформу, скорость поезда  $v = a\tau$ . Отсчет времени начнем с момента появления пассажира на платформе и проследим за положением точки  $A$  (в координатной системе, изображенной на рисунке,  $l$  — длина вагона). Закон движения поезда

$$x(t) = x_0 + vt + \frac{at^2}{2} = vt + \frac{at^2}{2} = a\tau t + \frac{at^2}{2}.$$

$$\text{При } t = t_1 \quad x(t_1) = x_A = l = a\tau t_1 + \frac{at_1^2}{2}. \quad (1)$$

$$\text{При } t = t_1 + t_2 \quad x(t_1 + t_2) = x_A = 2l = a\tau(t_1 + t_2) + \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2}. \quad (2)$$

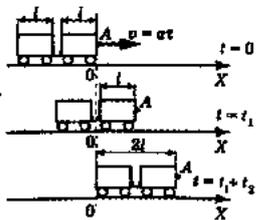
Разделив уравнение (2) на (1), получим

$$2 = \frac{\tau(t_1 + t_2) + (t_1 + t_2)^2 / 2}{\tau t_1 + t_1^2 / 2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\tau_1 + t_1^2 = \tau_1 + \tau_2 + \frac{t_1^2}{2} + t_1 t_2 + \frac{t_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau(t_1 - t_2) = \frac{t_2^2}{2} + t_1 t_2 - \frac{t_1^2}{2} \Rightarrow \tau = \frac{t_2^2 + 2t_1 t_2 - t_1^2}{2(t_1 - t_2)}.$$

Ответ:  $\tau = \frac{t_2^2 + 2t_1 t_2 - t_1^2}{2(t_1 - t_2)}.$

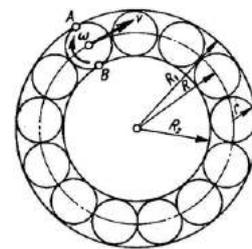


**Рекомендуемые критерии оценивания**

1. Нарисован рисунок, названы и показаны элементы участвующие в движении – 2 балла.
2. Записан закон движения поезда – 2 балла.
3. Записаны уравнения, соответствующие двум положениям по времени – 2 балла.
4. Решена система и получен ответ – 3 балла.
5. Выполнена оценка и анализ полученного ответа – 1 балл.

## 2. «Шарикоподшипник»

Шарикоподшипник состоит из двух колец – внутреннего радиусом  $R_2$  и внешнего радиусом  $R_1$  и расположенных между ними шариков, радиус которых  $r$ , как показано на рисунке. Кольца вращаются так, что касательные линейные скорости у внешнего –  $V_1$ , а у внутреннего –  $V_2$ . Найти линейную скорость  $V$  центра шариков и скорость вращения  $\omega$  шариков вокруг собственного центра в предположении, что проскальзывание между шариками и кольцами отсутствует. Провести анализ характера движения шариков в зависимости от радиусов колец.



### Решение:

Так как проскальзывание отсутствует, линейная скорость шарика в точках  $B$  и  $A$  равна

$$v_B = v + \omega r = v_1;$$

$$v_A = v - \omega r = v_2.$$

Отсюда

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}; \quad \omega = \frac{v_1 - v_2}{2r}.$$

Заметим, что ответ не зависит от радиусов колец  $R_1$  и  $R_2$ . Поэтому, предположив, что эти радиусы увеличиваются до бесконечности,

получим случай двух параллельных прямых реек, между которыми вращается колесо.

ОТВЕТ:

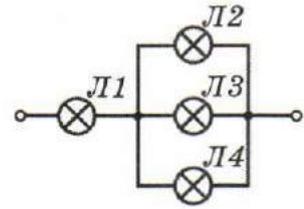
$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}; \quad \omega = \frac{v_1 - v_2}{2r}.$$

### Рекомендуемые критерии оценивания

1. Нарисован рисунок, названы и показаны исследуемые параметры – 2 балла.
2. Записаны выражения для скоростей в точках  $A$  и  $B$  – 4 балла.
3. Найдены скорость и угловая скорость – 2 балла.
4. Проведён правильный анализ характера движения шариков – 2 балла.

### 3. «Лампочка сгорела»

Четыре одинаковые лампы соединены, как показано на рисунке, и подключены к источнику постоянного напряжения. Как изменится накал каждой из ламп, если Л4 перегорит? Зависимость сопротивления ламп от температуры не учитывайте.



#### Решение.

Накал ламп в начале:  $R_{об} = r + \frac{r}{3} = \frac{4}{3}r$ ;  $I_{Л1} = U / \frac{4}{3}r$ ;  $I_{Л2} = I_{Л3} = I_{Л4} = U/4r$ .

Накал после перегорания Л4:  $R_{об} = r + \frac{r}{2} = \frac{3}{2}r$ ;  $I'_{Л1} = U / \frac{3}{2}r = \frac{2U}{3r}$ ;

$I'_{Л1} < I_{Л1}$  - накал Л1 уменьшится;

$I'_{Л2} = U/(3r) = I'_{Л3}$ ;

$I'_{Л2} > I_{Л2}$ ;  $I'_{Л3} > I_{Л3}$  Накал ламп Л2 и Л3 – увеличится.

#### Рекомендуемые критерии оценивания

1. Найдено общее сопротивление для условия, когда горели все лампочки – 2 балла.
2. Показана, зависимость яркости свечения от тока и получены значения всех токов протекающих через лампочки – 2 балла.
3. Найдено общее сопротивление для условия, когда сгорела 4 лампочка – 2 балла.
4. Получены значения всех токов протекающих через лампочки при сгорании 4 лампочки – 2 балла
5. Выполнена оценка и получен правильный ответ – 2 балла.

### 4. «У костра»

Над костром повесили котелок с водой. Объем воды в котелке 1 литр, а начальная температура ее 10 °С. Сколько воды окажется в котелке после догорания костра? Масса дров 0,25 кг. Известно, что 65 % выделяющейся при горении теплоты рассеивается. Теплотворная способность дров 12 МДж/кг, удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/кг\*°С, удельная теплота парообразования 2300 кДж/кг.

#### Решение

Условием теплового баланса является уравнение :

$$\eta q m_{др} = cM(t_k - t_0) + Lm'$$

Здесь через  $m'$  обозначена масса испарившейся воды.

Масса оставшейся воды равна:

$$M' = M - m' = M - \frac{\eta q m_{др} - cM(t_k - t_0)}{L}$$

После постановки численных значений получим  $M' = 0,71$ л.

#### Рекомендуемые критерии оценивания

1. Написано уравнение теплового баланса – 4 балла.
2. Определена масса оставшейся воды – 2 балла.

3. Определён коэф. полезн. тепла – 1 балл.
4. Получен правильный ответ – 3 балла.

### 5. «Кипятильник»

Сколько витков изолированной никелиновой проволоки надо намотать на фарфоровый цилиндр диаметром 1,5 см, чтобы изготовить кипятильник, с помощью которого можно за 10 мин довести до кипения 2 л воды, взятой при температуре 20 °С? Диаметр проволоки 0,2 мм, напряжение сети 220 В. Считайте, что 40 % выделившейся энергии рассеивается. Удельное сопротивление никелина  $42 \cdot 10^{-8}$  Ом•м, удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг °С).

#### Решение

$$R = \rho l / S; \quad S = \pi d^2 / 4; \quad l = N \pi D; \quad t_1 = 20^\circ\text{C}; \quad Q_1 = \frac{U^2}{R} t; \quad t = 10 * 60 = 600\text{с}; \quad Q_2 = m_B c_B (100 - t_1);$$

$$\eta = 0,6; \quad \eta \frac{U^2}{R} t = m_B c_B (100 - t_1); \quad \eta \frac{U^2 t \pi d^2}{\rho l 4} = m_B c_B (100 - t_1); \quad \eta \frac{U^2 t \pi d^2}{\rho \pi D N 4} = m_B c_B (100 - t_1);$$

$$N = \frac{\eta U^2 t d^2}{4 \rho D m_B c_B (100 - t_1)} = 41 \text{ виток.}$$

#### Рекомендуемые критерии оценивания

1. Записано сопротивление провода через длину и сечение – 2 балла.
2. Определён КПД – 1 балл.
3. Определена связь количества витков с диаметром – 1 балл.
4. Записан закон Джоуля- Ленца – 2 балла.
5. Записано уравнение теплового баланса – 2 балла.
6. Получен правильный ответ – 2 балла.