ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2019-2020 УЧ. ГОД.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП.
9 КЛАСС

Задача 1. Маша переплывает реку по прямой, перпендикулярной берегу, и возвращается обратно, затратив на весь путь время t_1 = 4 мин. Проплывая такое же расстояние вдоль берега реки и возвращаясь обратно, Маша затрачивает время t_2 = 5 мин. Во сколько раз α скорость Маши относительно воды превышает скорость течения реки?

Возможное решение

Пусть ширина реки равна L. Тогда время, затраченное Машей на путь по перпендикулярному маршруту:

$$t_1 = \frac{2L}{\sqrt{v_0^2 - u^2}}, \tag{1}$$

где v_0 – скорость Маши относительно воды, а u – скорость течения реки. Время по другому маршруту:

$$t_2 = \frac{L}{v_0 - u} + \frac{L}{v_0 + u} = \frac{2Lv_0}{v_0^2 - u^2}. \tag{2}$$

Из этих двух формул легко получить выражение для α

$$\alpha = \frac{t_2}{\sqrt{t_2^2 - t_1^2}} = \frac{5}{3}. \tag{3}$$

Критерии оценивания

1. Получено выражение для времени по первому пути **3 балла**
2. Получено выражение по второму маршруту **3 балла**
3. Получено аналитическое решение для α **4 балла**

Максимум за задачу 10 баллов

Задача 2. Колесо катиться без проскальзывания с постоянной скоростью v. С верхней точки обода колеса срывается камешек. Через какое время колесо наедет на этот камешек? Радиус колеса – R, ускорение свободного падения – g.

Возможное решение

Если ось колеса движется со скоростью v и нет проскальзывания, то скорость нижней точки равна нулю, а верхней, как и горизонтальной скорости камешка, равна $2v$.

Так как вертикальная составляющая скорости камешка равна нулю, то время падения определяется из формулы:

$$H = 2R = \frac{gt^2}{2}. \quad (1)$$

Тогда время падения камешка:

$$t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}. \quad (2)$$

С учетом того, горизонтальная скорость камешка в два раза больше скорости самого колеса, время движения оси по горизонтали $T = 2t$ в два раза больше t. Значит, наезд произойдёт через время

$$\tau = 4\sqrt{\frac{R}{g}}.$$

Критерии оценивания:

1. Записано соотношение (1)	**3 балла**
2. Записано соотношение (2)	**3 балла**
3. Получена аналитическая формула для времени наезда	**4 балла**
Максимум за задачу	***10 баллов***

Задача 3. Тело движется равноускорено по прямой в одном направлении. Два последовательных участка 4 м и 18 м оно прошло за 2 с и 6 с соответственно. Найдите модуль ускорения тела и начальную скорость. Ответ выразите в системе СИ и округлите до сотых.

Возможное решение

Обозначим:

- S_2 – путь за $t_2 = 2t_1 = 2$ с,
- S_6 – путь за $t_6 = 6t_1 = 6$ с.

Тогда

$$S_2 + S_6 = v_0(t_2 + t_6) + a \cdot \frac{(t_2 + t_6)^2}{2}. \quad (1)$$

А путь S_2:

$$S_2 = v_0 t_2 + a \cdot \frac{t_2^2}{2}. \quad (2)$$

Выразим v_0 из формул (1) и (2) и приравняем:

$$v_0 = \frac{S_2 + S_6}{8t_1} - 4at_1 = \frac{S_2}{2t_1} - at. \tag{3}$$

Отсюда получаем

$$a = \frac{S_6 - 3S_2}{24t_1^2}. \tag{4}$$

Подставляя (4) в (3) можно найти и v_0. Используя исходные данные получим, что $a = 0{,}25$ м/с^2, $v_0 = 1{,}75$ м/с.

Критерии оценивания

1. Записано соотношение (1)	**2 балла**
2. Записано соотношение (2)	**2 балла**
3. Получено выражение для скорости	**3 балла**
4. Получено выражение для ускорения	**3 балла**
Максимум за задачу	***10 баллов***

Задача 4. Мальчик Дима сконструировал замечательную электроплитку, сопротивление которой не зависит от температуры. Сначала Дима включил эту плитку в сеть напряжением U_1 = 55 В, она нагрелась до температуры t_1 = 55˚С. Затем он включил её в сеть с напряжением U_2 = 110 В, и она нагрелась до температуры t_2 = 110˚С. До какой температуры нагреется плитка, если её включить в сеть напряжением U_3 = 220 В?

Примечание: Поток тепла от плитки во внешнюю среду пропорционален разности температур между плиткой и внешней средой. Температура внешней среды постоянна.

Возможное решение

Мощность, выделяемая плиткой, равна теплоотдаче плитки, следовательно:

$$\frac{U_1^2}{R} = A(t_1 - t_0), \tag{1}$$

$$\frac{U_2^2}{R} = A(t_2 - t_0), \tag{2}$$

$$\frac{U_3^2}{R} = A(t_3 - t_0). \tag{3}$$

Здесь t_0 – температура окружающей среды, R – сопротивление плитки и A – коэффициент пропорциональности.

Разделив второе уравнение на первое, получим:

$$\left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0}. \qquad (4)$$

После численной подстановки получим, что t_0 = 36,7˚С; аналогично –

$$\left(\frac{U_3}{U_1}\right)^2 = \frac{t_3 - t_0}{t_1 - t_0}, \qquad (5)$$

После подстановки численных значений получаем t_3 = 300˚С.

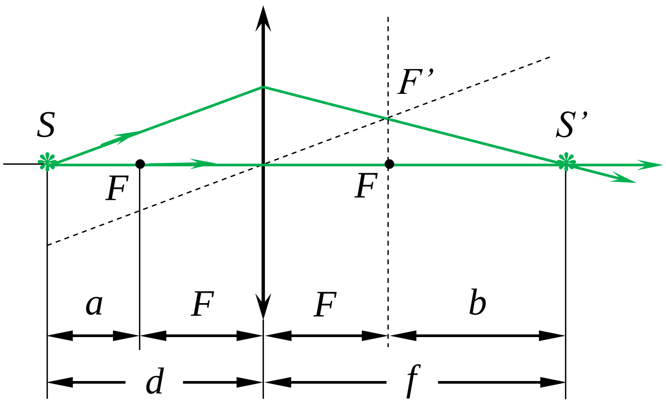
Критерии оценивания:

1. Записано соотношение (1-3) для мощности плитки	2 **балла**
2. Записано соотношение (4)	2 **балла**
3. Получено численное значение для t_0	2 **балла**
4. Получено соотношение (5)	2 **балла**
5. Получено численное значение для t_3	2 **балла**
Максимум за задачу	***10 баллов***

Задача 5. Светящаяся точка находится на главной оптической оси на расстоянии *a* от её переднего фокуса. Каково фокусное расстояние собирающей линзы, если изображение этой точки получается на расстоянии *b* за её задним фокусом?

Возможное решение

Построим к задаче чертёж (см. рисунок). Для построения изображения источника используем побочную оптическую ось.



Из рисунка видно, что

$$d = a + F \text{ и } f = b + F. \qquad (1)$$

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a+F} + \frac{1}{b+F}\,. \qquad (2)$$

Приведём эту формулу к общему знаменателю:

$$\frac{(a+F)(b+F) - F(b+F) - F(a+F)}{F(a+F)(b+F)} = 0\,. \qquad (3)$$

Так как знаменатель не равен нулю, можем записать:

$$(a+F)(b+F) - F(b+F) - F(a+F) = 0. \qquad (4)$$

Решая полученное уравнение относительно F получим, что

$$F = \sqrt{ab}\,. \qquad (5)$$

Критерии оценивания:

1. Приведены правильные выражения для d и f	2 **балла**
2. Записана формула тонкой линзы	2 **балла**
3. Получена формула (3)	2 **балла**
4. Получено выражение (4)	2 **балла**
5. Получена аналитическая формула для F	2 **балла**
Максимум за задачу	***10 баллов***