

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.  
2022-23 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

**Задача №1**

Два гоночных автомобиля движутся по кольцевому треку радиуса  $R = 1$  км в противоположные стороны. Первый автомобиль движется по треку с постоянной по величине скоростью  $v_1 = 30$  м/с, а второй начинает движение с нулевой начальной скоростью и постоянным по величине ускорением  $a_2 = 0,2$  м/с<sup>2</sup> в тот момент, когда первый автомобиль проезжает мимо него. Эту встречу автомобилей будем считать первой.

**Вопрос №1:** Определите, время, прошедшее между первой и третьей встречами автомобилей.

**Вопрос №2:** Определите пути, пройденные каждым автомобилем за это время.

*Автор: Сорокин Антон Петрович*

**Возможное решение**

**Вопрос №1:**

До момента встречи автомобили суммарно преодолеют расстояние, равное удвоенной длине трека  $S = 2 \cdot 2\pi R$  (1), при этом первый автомобиль проедет  $S_1 = v_1 t$  (2), а второй –  $S_2 = \frac{a_2 t^2}{2}$  (3). Из формул (1)-(3)  $v_1 t + \frac{a_2 t^2}{2} = 4\pi R$ , откуда время  $t = \frac{-v_1 + \sqrt{v_1^2 + 8\pi a_2 R}}{a_2}$ , численно  $t = 235$  с (4).

**Вопрос №2:**

Из формулы (2)  $S_1 = 7045$  м (5), а из формулы (3)  $S_2 = 5515$  м (6).

**Критерии оценивания**

№	Критерий	Баллы
1	Уравнение движения первого автомобиля $S_1 = v_1 t$ (2)	1
2	Уравнение движения второго автомобиля $S_2 = \frac{a_2 t^2}{2}$ (3)	1
3	Верная идея определения места или времени третьей встречи. Например: - суммарный путь равен удвоенной длине трека; - на графиках пройденного пути от времени (или угла поворота от времени) сумма путей или сумма углов равна... - поэтапное рассмотрение. Сначала определение места второй встречи, затем уже третьей.	1
4	Записано верное уравнение для места или времени встречи или построены верные необходимые графики (для идеи, высказанной в п. 2)	1
5	Выражено время встречи $t = \frac{-v_1 + \sqrt{v_1^2 + 8\pi a_2 R}}{a_2}$	2
6	Вычислено время встречи $t = 235$ с. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 2 секунды.	1
7	Вычислен путь первого автомобиля $S_1 = 7045$ м. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 20 метров.	1,5
8	Вычислен путь второго автомобиля $S_2 = 5515$ м. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 20 метров.	1,5

*Примечание: Если ребенок перепутал вторую и третью встречи, то он может получить баллы только за пп. 1-4 (за п. 3 и 4 баллы ставятся если они выполнены правильно для второй встречи).*

### Задача №2

Известно, что сопротивление электрической схемы, показанной на рисунке 1, измеренное между точками А и В, равно  $R_1 = 7 \text{ Ом}$ . В данной схеме номиналы всех резисторов увеличили в два раза, в результате получили схему, представленную на рисунке 2. Определите:

- 1) сопротивление  $R_2$  схемы, показанной на рисунке 2, между точками А и В.

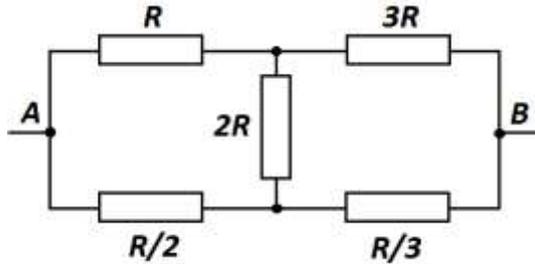


Рис. 1

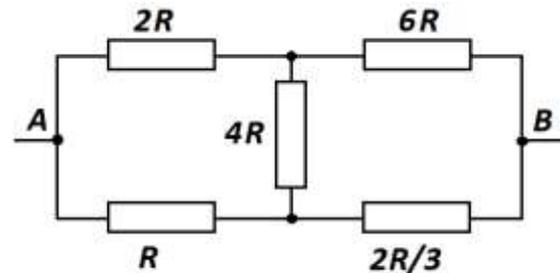


Рис. 2

- 2) сопротивление  $R_3$  электрической схемы, показанной на рисунке 3, измеренное между точками С и D.

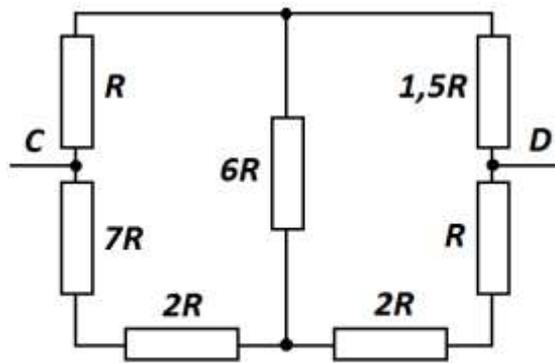
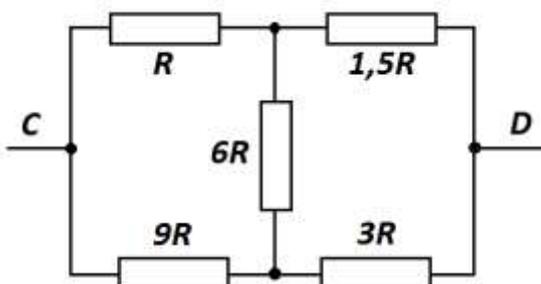


Рис. 3

*Автор: Гусев Андрей Владиславович*

### Возможно решение

- 1) Так как схема на рисунке 2 полностью повторяет схему на рисунке 1, но все номиналы в два раза больше, то  $R_2 = 2R_1 = 2 \cdot 7 = 14 \text{ Ом}$ .
- 2) Перерисуем схему, показанную на рисунке 3, следующим образом:



- 3) Обратим внимание, что перерисованная схема такая же, как и представленная на рисунке 1, но в ней у всех резисторов номинал ровно в три раза больше, по сравнению с номиналами резисторов на рисунке 1.
- 4) В результате получаем, что:

$$R_3 = 3R_1 = 3 \cdot 7 = 21 \text{ Ом}$$

**Критерии оценивания**

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Определено сопротивление схемы 2 ( $R_2 = 2R_1 = 14 \text{ Ом}$ ) Формула + число	1,5 + 1,5
2	Идея перерисовки схемы 3 или иные эквивалентные рассуждения. ЛИБО второе правило Кирхгофа для трех контуров (3x1 балл) ЛИБО корректные уравнения, связывающие напряжения между различными узлами (по 1 баллу за уравнение, но не более 3)	3
3	Замечено, что полученная схема эквивалентна схеме 1 ЛИБО первое правило Кирхгофа или аналогичные уравнения (по 1 баллу за узел, но не более 2 баллов)	2
4	Определено сопротивление схемы 3 ( $R_3 = 3R_1 = 21 \text{ Ом}$ ) Формула + число	1+1

### Задача №3

Определить КПД газовой горелки, если при нагревании 48 золотников алюминия, находящегося при температуре  $104^{\circ}F$  (градуса Фаренгейта) до температуры  $72^{\circ}R$  (градуса Реомюра) потери тепла составили 1500 калорий.

Удельная теплоемкость алюминия  $c = 0,219 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ . Один фунт равен 96 золотникам, а 1 кг равен 2,5 фунтам. 1 калория = 4,2 Дж.

Шкалы температур Цельсия, Фаренгейта и Реомюра линейны. В таблице указаны значения двух температур, измеренных по трем шкалам каждая.

Шкала	Температура 1	Температура 2
Цельсия	$0^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C}$
Реомюра	$0^{\circ}R$	$80^{\circ}R$
Фаренгейта	$32^{\circ}F$	$212^{\circ}F$

*Автор: Баланов Василий Юрьевич*

### Возможное решение

#### Вопрос №1:

Сначала переведем все единицы в систему СИ

$$m = 48 \text{ золотников} = \frac{48}{96} = 0,5 \text{ фунта} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_1 = \frac{104^{\circ}F - 32^{\circ}F}{1,8^{\circ}F/^{\circ}C} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 72^{\circ}R \cdot 1,25^{\circ}\text{C}/^{\circ}R = 90^{\circ}\text{C}$$

$$c = 0,219 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 0,219 \cdot \frac{4,2 \text{ Дж/кал}}{0,001 \text{ кг/г}} = 919,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$A_{\text{потерь}} = 1500 \text{ кал} = 1500 \cdot 4,2 \text{ Дж/кал} = 6300 \text{ Дж}$$

$$\text{формула для КПД } \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}}$$

$$A_{\text{полезная}} = cm(t_2 - t_1) = 9198 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{затраченная}} = A_{\text{полезная}} + A_{\text{потерь}} = 9198 + 6300 = 15498 \text{ Дж}$$

$$\text{тогда } \eta \approx 60\%$$

### Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Перевод массы в те единицы, к которым учащийся приводит теплоемкость: килограммы (0,2 кг) или граммы (200 г)	1
2	Перевод $t_1$ в градусы Цельсия ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), либо иные единицы, к которым в дальнейшем приведена теплоемкость.	1,5
3	Перевод $t_2$ в градусы Цельсия ( $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), либо иные единицы, к которым в дальнейшем приведена теплоемкость.	1
4	Перевод теплоемкости в единицы энергии, массы и температуры, к которым приведены остальные величины. ( $c = 919,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ )	1,5
5	Перевод $A_{\text{потерь}} = 6300$ Дж. Если вычисления проводятся в калориях, то этот пункт засчитывается автоматически.	1
6	формула для КПД $\eta = A_{\text{полезная}}/A_{\text{затраченная}}$	0,5
7	$A_{\text{полезная}} = cm(t_2 - t_1) = 9198$ Дж (формула + число) либо 2190 кал	0,5+1
8	$A_{\text{затраченная}} = A_{\text{полезная}} + A_{\text{потерь}} = 15498$ Дж (формула + число) либо 3690 кал	0,5+0,5
9	$\eta \approx 60\%$	1

#### Задача №4

Два плоских зеркала размерами  $a \times a$ , где  $a = 10$  см расположены перпендикулярно плоскости рисунка, касаются друг друга и образуют угол  $70^\circ$  (см. рис.). Между зеркалами на расстоянии  $l = 5$  см от точки их касания располагают небольшое тело, размерами которого можно пренебречь. Угол между зеркалом В и направлением из точки их соединения на тело обозначим  $\alpha$ .

Определите при каких значениях угла  $\alpha$  в системе зеркал будет создаваться 5 изображений (сам предмет за изображение НЕ считается).

*Автор: Карманов Максим Леонидович*

#### Возможное решение

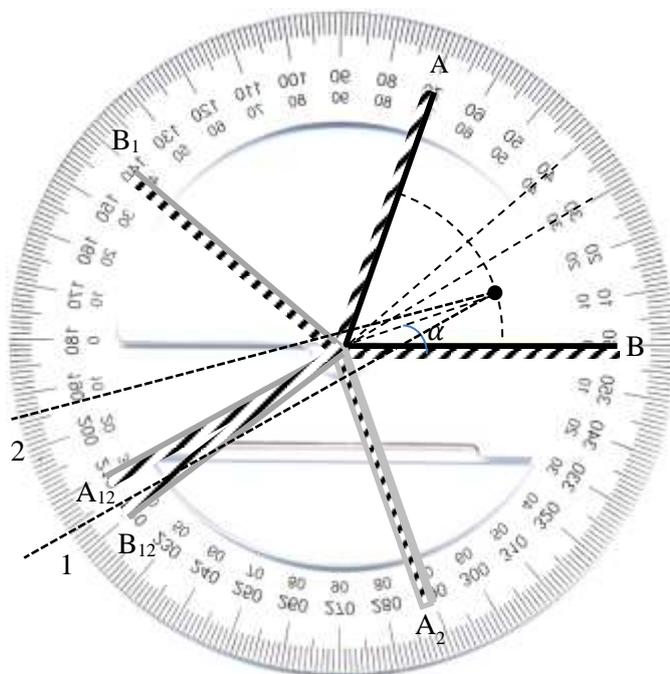
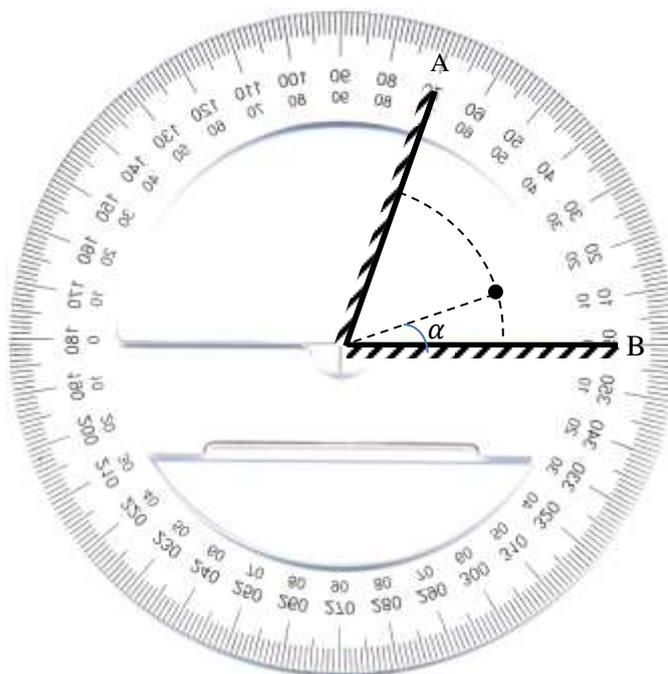
При отражении от плоского зеркала угол отражения равен углу падения. Привычным для нас является преломлять луч, то есть изображать происходящее с точки зрения наблюдателя, стоящего на Земле. В данной задаче проще рассмотреть, что происходит с точки зрения наблюдателя, связанного с лучом. С точки зрения такого наблюдателя при отражении от зеркала луч продолжает двигаться по прямой, а весь мир вокруг симметрично отражается относительно зеркала. Нарисуем все возможные расположения зеркал при таких отражениях.

Допустим луч от источника сначала упал на зеркало А. В результате этого зеркало В отразится в зеркале А и получится  $B_1$ . Если после этого луч попадет на зеркало  $B_1$ , то зеркало А также отразится в  $B_1$  и получится зеркало  $A_{12}$ . Аналогичную картинку получим, если луч сначала упадет на зеркало В. Рассмотрим возможные положения предмета. Если он расположен под углом  $\alpha < 30^\circ$ , то луч от него может пройти через зеркала В, А<sub>2</sub> и В<sub>12</sub> (луч 1), а также через А и В<sub>1</sub> (луч 2), а вот на А<sub>12</sub> уже не попадет. Таким образом получим 5 изображений.

Если  $\alpha > 40^\circ$ , то аналогично получаем 5 изображений, луч не попадет только на В<sub>12</sub>.

Если же  $30^\circ < \alpha < 40^\circ$ , то луч попадет и на В<sub>12</sub> и на А<sub>12</sub>, то есть получится 6 изображений. При этом от размеров зеркал ответ не зависит.

Значит пять изображений можно увидеть при  $\alpha < 30^\circ$  и  $\alpha > 40^\circ$ .



**Критерии оценивания**

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Применен закон отражения (угол падения равен углу отражения)	1
2	Построены изображения в зеркалах А и В или показано, что они существуют при любом угле $\alpha$	0,5+0,5
3	Обосновано, что при любом угле $\alpha$ существуют изображения, полученные в результате последовательного отражения от обоих зеркал. При отсутствии обоснования ставится 0,5+0,5	1+1
4	Показано, при каких углах $\alpha$ существуют изображения, полученные в результате трех отражений. При отсутствии обоснования ставится 0,5+0,5	2+2
5	Указано, что 5 изображений видны при $\alpha < 30^\circ$ . Не важно строгое неравенство или не строгое.	1
6	Указано, что 5 изображений видны при $\alpha > 40^\circ$ . Не важно строгое неравенство или не строгое.	1

### Задача №5

Оборудование: Шприц объемом 5 мл без иглы, кусок нити длиной от 50 до 100 см.

С помощью предложенного оборудования определите диаметр шприца. Считайте, что толщиной стенок шприца можно пренебречь. Оцените погрешность полученного результата.

Опишите выполненные вами эксперименты, приведите результаты измерений, необходимые расчетные формулы.

Подсказка: для повышения точности результатов обычно выполняют опыт несколько раз и затем усредняют полученные результаты.

**ВАЖНО!!!** При выполнении любой экспериментальной задачи можно использовать только оборудование, указанное в задаче, а также руки и стол в качестве рабочей поверхности. Если вы используете оборудование, не указанное в условии, то решение задачи оценивается в ноль баллов.

*Автор: Карманов Максим Леонидович*

#### Возможно решение

У нас имеется единственный эталон какой-либо величины – это эталон объема, проградуированный на шкале шприца. Рассмотрим часть шприца, соответствующую отрезку шкалы от 0 до 5 мл. Эта часть представляет собой цилиндр диаметром  $d$  и высотой  $h$ , равной расстоянию от основания шприца до отметки 5 мл.

Объем цилиндра равен  $V = \frac{\pi d^2}{4} h$ . С помощью нити найдем отношение длины окружности шприца к величине  $h$ . Для этого выполним два эксперимента:

1) Плотнo наматываем нить на шприц и посчитаем сколько витков  $N_1$  вокруг шприца можно намотать используя всю длину нити.

2) Определим сколько раз на длине нити можно отложить расстояние  $h$ . Для этого будем прикладывать нить к шкале «змейкой» от нулевого деления, к делению 5 мл и обратно и так  $N_2$  раз, пока нить не кончится.

Так как длина нити фиксирована, то можем записать  $\pi d N_1 = h N_2$ , откуда  $h = \pi d \frac{N_1}{N_2}$ .

Подставим  $h$  в формулу для объема.  $V = \frac{\pi d^2}{4} \pi d \frac{N_1}{N_2} = d^3 \frac{\pi^2 N_1}{4 N_2}$ . Выразим  $d = \sqrt[3]{\frac{4 N_2 V}{\pi^2 N_1}}$ .

Выполним необходимые измерения. Для повышения точности повторим опыт 3 раза и усредним полученный результат.

№	$N_1$	$N_2$	$V, \text{см}^3$	$d, \text{см}$	$d_{\text{cp}}, \text{см}$
1					
2					
3					

$N_1 =$  ,  $N_2 =$  ,  $V = 5 \text{мл}$ .

Для оценки погрешностей примем, что при определении величин  $N_1$  и  $N_2$  мы могли ошибиться не более, чем на 1, а при определении объема не более, чем на 0,2 мл. То есть  $\Delta N_1 = \Delta N_2 = 1$ ,  $\Delta V = 0,2 \text{мл}$ . Тогда  $\varepsilon d = \frac{1}{3} (\varepsilon N_1 + \varepsilon N_2 + \varepsilon V) = \frac{1}{3} \left( \frac{\Delta N_1}{N_1} + \frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta V}{V} \right) = \dots$

Результаты измерений в решении не приводятся, так как зависят от оборудования, закупленного на местах. Жюри необходимо самостоятельно проделать эксперимент для получения эталонных значений.

### Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Предложен реализуемый метод*	2
2	Метод описан (из описания понятно, что делал учащийся)	1
3	Присутствуют исходные измерения	1
4	Метод достаточно точный (теоретическая погрешность метода не больше 15%)	1
5	Выполнена серия измерений с последующим усреднением	1
6	Получена формула для вычисления диаметра через измеримые величины	1
7	Диаметр шприца $< d <$ , ( $< d <$ )	3(1)

\*Если метод использует дополнительное оборудование, не указанное в условии задачи, то все решение оценивается в 0 баллов.