

**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  $R = 0,5$  км в противоположные стороны. Первый автомобиль движется по треку с постоянной по величине скоростью  $v_1 = 20$  м/с, а второй начинает движение с нулевой начальной скоростью и постоянным по величине ускорением  $a_2 = 0,1$  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 четвертой встречами автомобилей.

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

**Возможное решение**

**Вопрос №1:**

До момента четвертой встречи автомобили суммарно преодолеют расстояние, равное утроенной длине трека  $S = 3 \cdot 2\pi R$  (1), при этом первый автомобиль проедет  $S_1 = vt$  (2), а второй –  $S_2 = \frac{at^2}{2}$  (3). Из формул (1)-(3)  $vt + \frac{at^2}{2} = 6\pi R$ , откуда время  $t = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 12\pi aR}}{a} = \frac{-20 + \sqrt{400 + 12\pi \cdot 0,1 \cdot 500}}{0,1}$ , численно  $t = 278$  с (4).

**Вопрос №2:**

Из формулы (2)  $S_1 = 5560$  м (5), а из формулы (3)  $S_2 = 3864$  м (6).

**Критерии оценивания**

№	Критерий	Баллы
1	Уравнение движения первого автомобиля $S_1 = vt$ (2)	1
2	Уравнение движения второго автомобиля $S_2 = \frac{at^2}{2}$ (3)	1
3	Верная идея определения места или времени четвертой встречи. Например: - суммарный путь равен утроенной 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, третьей, затем уже четвертой.	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 $t = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 12\pi aR}}{a}$	2
6	Вычислено время встречи $t = 278$ с. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 5 секунд.	1
7	Вычислен путь первого автомобиля $S_1 = 5560$ м. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 50 метров.	1,5
8	Вычислен путь второго автомобиля $S_2 = 3864$ м. Засчитываются ответы, отклонившиеся от правильного не более, чем на 40 метров.	1,5

*Примечание: Если ребенок перепутал третью и четвертую 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  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ . 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.

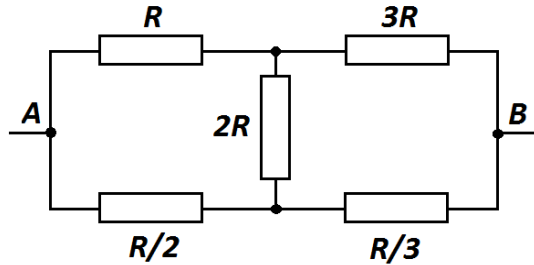


Рис. 1

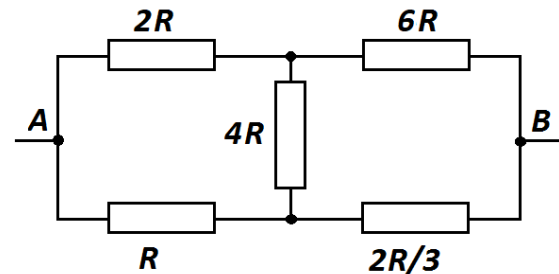


Рис. 2

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

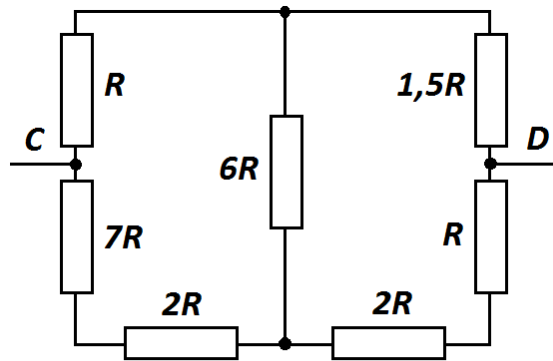
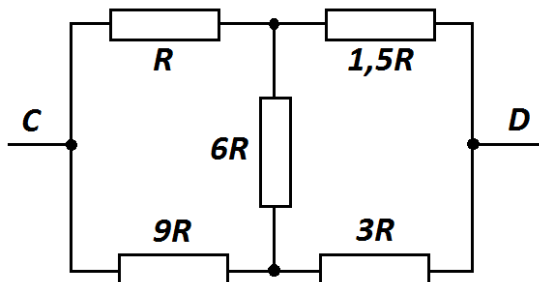


Рис. 3

### Возможно решение

- 1) Так как схема на рисунке 2 полностью повторяет схему на рисунке 1, но все номиналы в два раза больше, то  $R_2 = 2R_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ Ом}$ .

- 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:

$$R_3 = 3R_1 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Ом}$$

### Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Определено сопротивление схемы 2 ( $R_2 = 2R_1 = 20 \text{ Ом}$ ) 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 ( $R_3 = 3R_1 = 30 \text{ Ом}$ ) Формула + число	1+1

### Задача №3

Определить КПД газовой горелки, если при нагревании 72 золотников алюминия, находящегося при температуре  $122^\circ\text{F}$  (градуса Фаренгейта) до температуры  $64^\circ\text{R}$  (градуса Реомюра) известно, что потери тепла составили 1800 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	$0^\circ\text{R}$	$80^\circ\text{R}$
Фаренгейта	$32^\circ\text{F}$	$212^\circ\text{F}$

### Возможное решение

#### Вопрос №1:

Сначала переведем все единицы в систему СИ

$$m = 72 \text{ золотников} = \frac{72}{96} = 0,75 \text{ фунта} = \frac{0,75}{2,5} = 0,3 \text{ кг}$$

$$t_1 = \frac{122^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}}{1,8^\circ\text{F}/^\circ\text{C}} = 50^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 64^\circ\text{R} \cdot 1,25^\circ\text{C}/^\circ\text{R} = 80^\circ\text{C}$$

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

$$A_{\text{потерь}} = 1800 \text{ кал} = 1800 \cdot 4,2 \text{ Дж/кал} = 7560 \text{ Дж}$$

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

$$A_{\text{полезная}} = cm(t_2 - t_1) = 919,8 \cdot 0,3 \cdot 30 = 8278 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{затраченная}} = A_{\text{полезная}} + A_{\text{потерь}} = 8278 + 7560 = 15838 \text{ Дж}$$

$$\text{тогда } \eta \approx 52\%$$

### Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Перевод массы в те единицы, к которым учащийся приводит теплоемкость: килограммы (0,3 кг) или граммы (300 г)	1
2	Перевод $t_1$ в градусы Цельсия ( $50^{\circ}\text{C}$ ), либо иные единицы, к которым в дальнейшем приведена теплоемкость.	1,5
3	Перевод $t_2$ в градусы Цельсия ( $80^{\circ}\text{C}$ ), 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 $A_{\text{потерь}} = 7560$ 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	$A_{\text{полезная}} = cm(t_2 - t_1) = 8278$ Дж (формула + число) либо 1971 кал	0,5+1
8	$A_{\text{затраченная}} = A_{\text{полезная}} + A_{\text{потерь}} = 15838$ Дж (формула + число) либо 3771 кал	0,5+0,5
9	$\eta \approx 52\%$	1

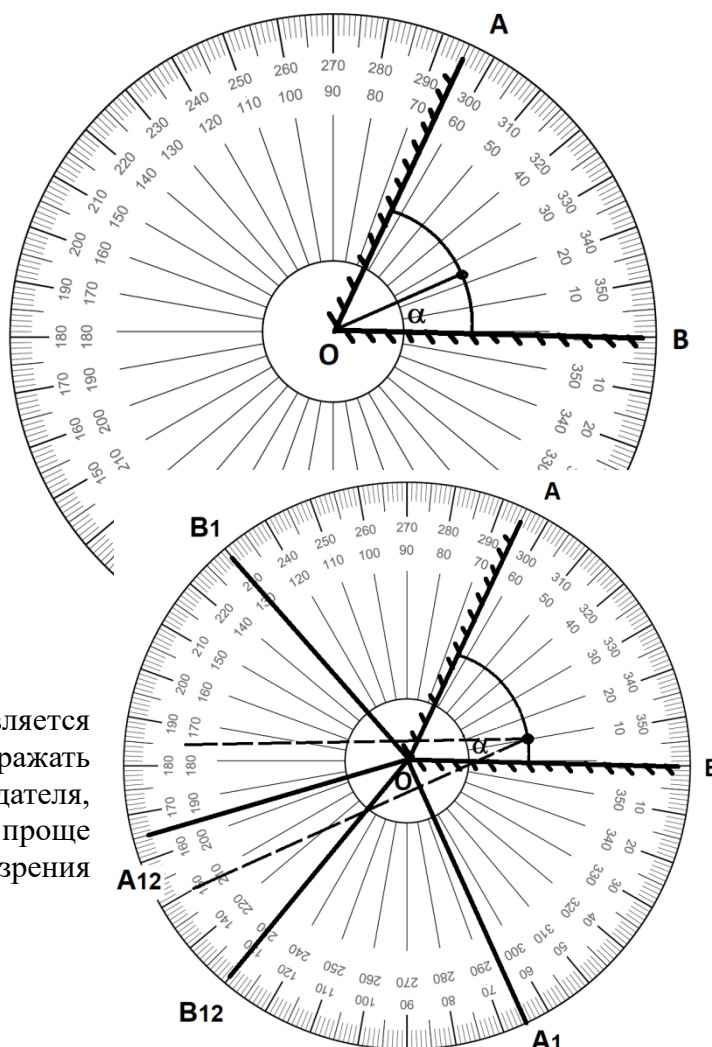
### Задача №4

Два плоских зеркала размерами  $a \times a$ , где  $a = 12$  см расположены перпендикулярно плоскости рисунка, касаются друг друга и образуют угол  $65^{\circ}$  (см. рис.). Между зеркалами на расстоянии  $l = 4$  см от точки  $O$  располагают небольшое тело, размерами которого можно пренебречь. Угол между зеркалом  $B$  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).

#### 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  $\alpha < 15^\circ$ , то луч от него может пройти через зеркала В,  $A_1$  и  $B_{12}$  (луч 1), а также через А и  $B_1$  (луч 2), а вот на  $A_{12}$  уже не попадет. Таким образом получим 5 изображений.

Если  $\alpha > 50^\circ$ , то аналогично получаем 5 изображений, луч не попадет только на  $B_{12}$ .

Если же  $15^\circ < \alpha < 50^\circ$ , то луч попадет и на  $B_{12}$  и на  $A_{12}$ , то есть получится 6 изображений. При этом от размеров зеркал ответ не зависит.

Значит пять изображений можно увидеть при  $\alpha < 15^\circ$  и  $\alpha > 50^\circ$ .

### 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 $\alpha$	1
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 $\alpha < 15^\circ$ . Не важно строгое неравенство или не строгое.	1
6	Указано, что 5 изображений видны при $\alpha > 50^\circ$ . 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.

### 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 намотаем 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 повешения точности повторим опыт 3 раза и усредним полученный результат.

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

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

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 вычисление 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.