ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания
заданий
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
7 класс

**Задача 1. Полёт самолёта**

После прохождения четверти земного меридиана от Южного полюса самолёт оказывается на экваторе. После поворота на 90° он летит вдоль экватора и после второго участка по-прежнему находится в некоторой точке экватора.

Обозначим центр Земли через $O$, Южный полюс — через $S$, конечную точку самолёта — через $A$.

Радиусы $OS$ и $OA$ равны $R$. Радиус, проведённый к Южному полюсу, перпендикулярен плоскости экватора, поэтому

$$\angle SOA = 90°.$$

Треугольник $SOA$ прямоугольный и равнобедренный. По теореме Пифагора

$$d^2 = OS^2 + OA^2 = R^2 + R^2 = 2R^2.$$

Следовательно,

$$d = R\sqrt{2}.$$

При $R = 6400$ км:

$$d = 6400\sqrt{2} \approx 9051 \text{ км}.$$

**Ответ:** $d \approx 9{,}05 \cdot 10^3$ км (примерно 9050 км).

**Задача 2. Часы полярников**

Пусть после совпадения стрелок прошло $t$ минут.

За это время минутная стрелка совершит

$$\frac{t}{60}$$

оборотов, а часовая —

$$\frac{t}{24 \cdot 60} = \frac{t}{1440}$$

оборотов.

Чтобы стрелки **впервые** снова совпали, минутная стрелка должна обогнать часовую ровно на один полный оборот:

$$\frac{t}{60} - \frac{t}{1440} = 1.$$

Приведём дроби к общему знаменателю:

$$\frac{24t - t}{1440} = 1,$$

$$\frac{23t}{1440} = 1.$$

Отсюда

$$t = \frac{1440}{23} \approx 62{,}6087 \text{ мин.}$$

Дробная часть минуты составляет

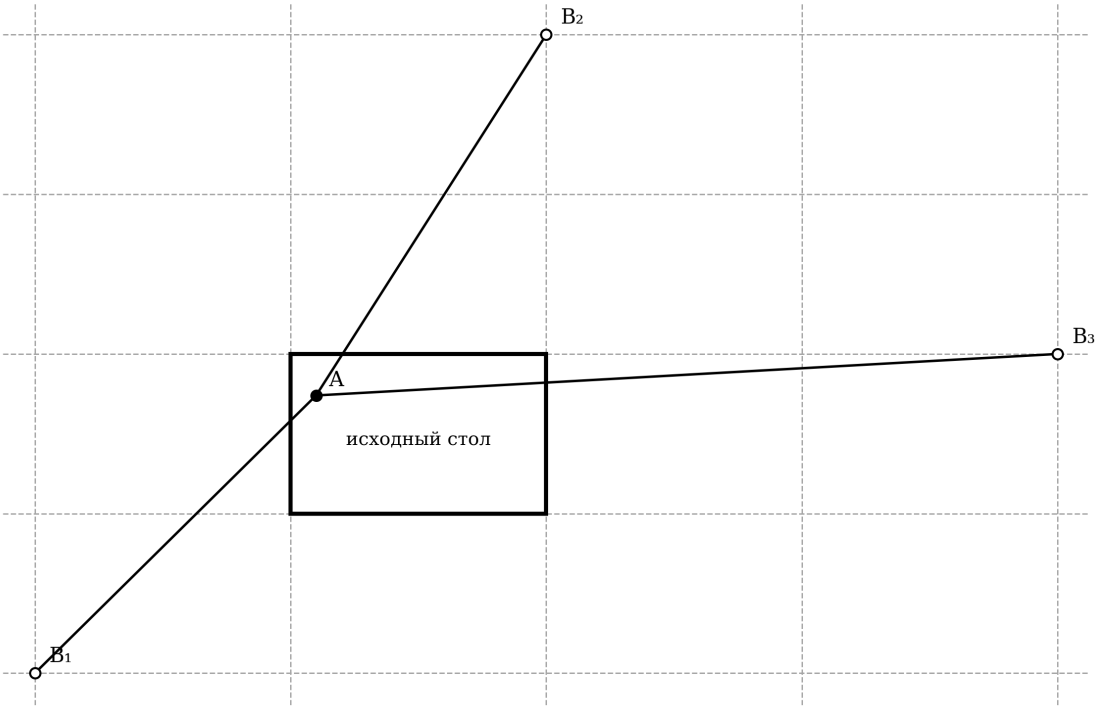
$$0{,}6087 \cdot 60 \approx 36{,}5 \text{ с.}$$

**Ответ:** примерно **62 мин 36,5 с** (или 3756,5 с).

**Задача 3. Бильярд**

Удобно использовать **метод зеркальных изображений**. Если при каждом отражении мысленно зеркально продолжить стол за соответствующим бортом, то ломаная траектория шара превращается в прямую. Поэтому задачу с двумя отражениями можно заменить задачей о прямой, соединяющей исходное положение шара $A$ с подходящим дважды отражённым изображением лузы $B$.

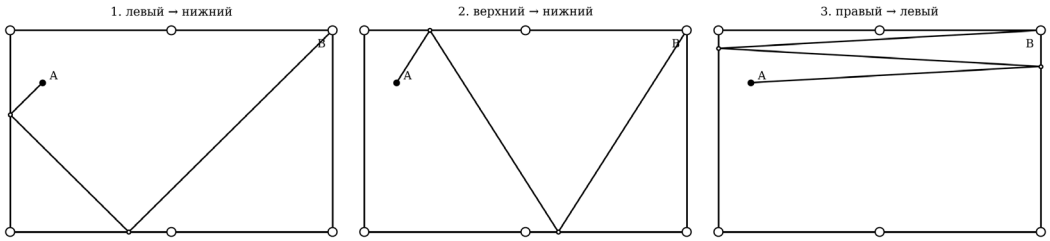
На развёртке нужно искать такие изображения лузы, чтобы отрезок от $A$ до изображения пересекал **ровно две** линии бортов до конечной точки. Для данного расположения шара таких изображений три.




*Развёртка стола. Три изображения лузы, соответствующие ровно двум отражениям*

После обратного «складывания» развёртки получаются три траектории:

1. первый удар — о **левый** борт, второй — о **нижний**;
2. первый удар — о **верхний** борт, второй — о **нижний**;
3. первый удар — о **правый** борт, второй — о **левый**.




*Три возможные траектории шара*

Почему других вариантов нет:

- два последовательных удара об один и тот же прямой борт невозможны: после отражения шар движется от этого борта;
- при развёртывании каждый вариант с двумя отражениями должен соответствовать прямой к изображению лузы, отделённому от исходного стола ровно двумя линиями бортов;
- проверка всех таких соседних копий даёт только три указанных изображения. Остальные изображения требуют либо менее двух, либо более двух отражений;

- для пары «левый + нижний» порядок отражений задаётся самой прямой: при данном положении точки $A$ она сначала пересекает левый борт, а затем нижний. Поэтому отдельного варианта «нижний → левый» нет.

**Ответ:** существует **3 варианта удара**.

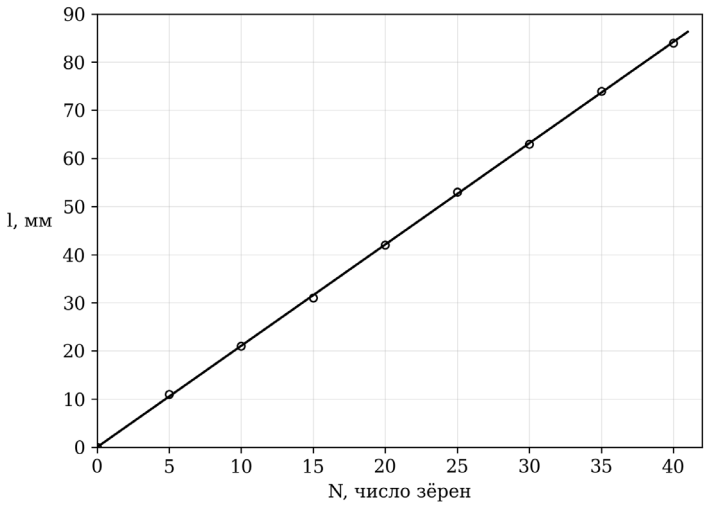
**Задача 4. Пшено**

Конкретные численные результаты зависят от выданного набора зёрен. Ниже приведён пример обработки экспериментальных данных.

Пусть получена таблица:

| **$N$, число зёрен** | **0** | **5** | **10** | **15** | **20** | **25** | **30** | **35** | **40** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $l$, мм | 0 | 11 | 21 | 31 | 42 | 53 | 63 | 74 | 84 |

По этим данным строим график $l(N)$ и проводим сглаживающую прямую.




*Пример графика зависимости длины ряда от числа зёрен*

Если средний размер одного зерна вдоль ряда равен $d$, то приближённо

$$l = dN.$$

Следовательно, средний размер зерна равен угловому коэффициенту графика. Его следует определять по двум достаточно удалённым точкам **сглаживающей прямой**:

$$d \approx \frac{l_2 - l_1}{N_2 - N_1}.$$

Для приведённого примера прямая проходит через начало координат и точку, близкую к $(40; 84$ мм$)$, поэтому

$$d \approx \frac{84}{40} = 2{,}10 \text{ мм}.$$

Для простой оценки инструментальной погрешности используем самый длинный измеренный ряд. Поскольку погрешность измерения его длины равна $\Delta l = 1$ мм, получаем

$$\Delta d \approx \frac{\Delta l}{N_{\max}} = \frac{1}{40} = 0{,}025 \text{ мм} \approx 0{,}03 \text{ мм}.$$

Относительная погрешность

$$\varepsilon = \frac{\Delta d}{d} \cdot 100\% \approx \frac{0{,}03}{2{,}10} \cdot 100\% \approx 1{,}4\%.$$

Результат для этого примера можно записать как

$$d = (2{,}10 \pm 0{,}03) \text{ мм}.$$

Следует понимать, что это школьная оценка инструментальной погрешности. Реальный разброс размеров зёрен и неплотность их укладки также влияют на результат.

**Пример ответа:** $d = (2{,}10 \pm 0{,}03)$ мм, $\varepsilon \approx 1{,}4\%$.

## Критерии оценивания

Допускаются любые физически и математически корректные способы решения. Если участник получил правильный результат и обосновал его иным способом, соответствующие баллы выставляются по существу выполненных действий.

### Задача 1. Полёт самолёта — 10 баллов

| Элемент решения | Баллы |
|---|---|
| Установлено, что после первого участка самолёт находится на экваторе | 2 |
| Установлено, что после поворота на $90°$ самолёт движется вдоль экватора | 1 |
| Построена или явно описана геометрическая модель: $OS = OA = R$, $\angle SOA = 90°$ | 2 |
| Получено $d^2 = R^2 + R^2$ | 2 |
| Получено $d = R\sqrt{2}$ | 2 |
| Получен численный ответ около 9050 км с единицами измерения | 1 |

### Задача 2. Часы полярников — 10 баллов

| Элемент решения | Баллы |
|---|---|
| Записано число оборотов минутной стрелки за $t$ минут: $t/60$ | 2 |
| Записано число оборотов часовой стрелки: $t/1440$ | 2 |
| Понято, что для следующего совпадения минутная стрелка должна обогнать часовую на один оборот | 2 |
| Составлено уравнение $t/60 - t/1440 = 1$ или эквивалентное | 2 |
| Получено $t = 1440/23$ мин | 1 |
| Записан правильный численный ответ: примерно 62 мин 36,5 с | 1 |

### Задача 3. Бильярд — 10 баллов

| Элемент решения | Баллы |
|---|---|
| Корректно использован метод зеркальных изображений (развёртки) или равносильное построение | 2 |
| Построена траектория «левый борт → нижний борт → луза» | 2 |

| Элемент решения | Баллы |
|---|---|
| Построена траектория «верхний борт → нижний борт → луза» | 2 |
| Построена траектория «правый борт → левый борт → луза» | 2 |
| Обоснована полнота перебора и сделан вывод, что вариантов ровно 3 | 2 |

**Примечание для проверки.** Если участник построил только часть вариантов, за каждый верно построенный вариант можно выставить по 2 балла при условии, что траектория действительно удовлетворяет закону отражения. Отдельный вариант «нижний → левый» для данного положения шара не существует: при соответствующем двойном зеркальном отражении прямая пересекает сначала левый, а затем нижний борт.

**Задача 4. Пшено — 10 баллов**

| Элемент экспериментальной работы | Баллы |
|---|---|
| Правильно организован прямой плотный ряд зёрен и выполнено не менее 7 измерений с шагом 5 зёрен | 1 |
| Результаты измерений представлены в таблице | 1 |
| Правильно выбраны и подписаны оси графика, указаны единицы, выбран разумный масштаб | 1 |
| Экспериментальные точки правильно нанесены на график | 1 |
| Проведена обоснованная сглаживающая прямая | 1 |
| Правильно определён её угловой коэффициент по двум достаточно удалённым точкам | 2 |
| Указано, что угловой коэффициент численно равен среднему размеру зерна $d$ | 1 |
| Разумно оценена абсолютная и/или относительная погрешность в соответствии с собственными данными | 1 |
| Конечный результат записан с единицами измерения и погрешностью | 1 |

**Примечание для проверки.** Значение $d$ не обязано совпадать с числом из приведённого примера. Оцениваются корректность метода, соответствие расчётов собственным экспериментальным данным участника и разумность оценки погрешности.