ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
7 класс

Задача 1. Полёт самолёта

Самолёт вылетел с Южного полюса и, двигаясь вдоль меридиана, пролетел 40000 км - четверть длины земного меридиана. Затем он повернул влево на 90° и пролетел ещё 40000 км.

На каком расстоянии **по прямой** d от Южного полюса оказался самолёт? Радиус Земли принять равным $R = 6400$ км.

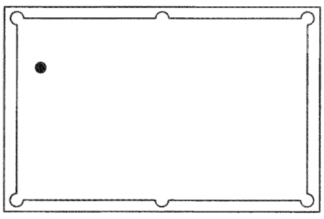
Задача 2. Часы полярников

Механические часы имеют двадцатичетырёхчасовой циферблат: часовая стрелка совершает один полный оборот за 24 часа, а минутная — за 1 час.

В некоторый момент минутная и часовая стрелки совпали по направлению. Через какой наименьший промежуток времени они снова совпадут?

Задача 3. Бильярд

Бильярдный шар считать материальной точкой. При отражении от борта угол отражения равен углу падения. Построением определите **все направления начального движения шара**, при которых он после **ровно двух ударов о борта** (не считая попадания в лузу) попадёт в **верхнюю правую лузу**. Сколько таких вариантов удара существует?



Задача 4. Пшено

Укладывая зёрна пшена вплотную друг к другу в один прямой ряд, измерьте длину ряда l для различного числа зёрен N. Выполните не менее 7 измерений, каждый раз увеличивая число зёрен на 5. Постройте график зависимости $l(N)$. По графику определите средний линейный размер d одного зерна (диаметр). Оцените абсолютную и относительную погрешности результата.

Погрешность измерения длины линейкой принять равной $\Delta l = 1$ мм.

Оборудование: не менее 50 зёрен пшена, линейка длиной 20 см с миллиметровыми делениями, лист миллиметровой бумаги.

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

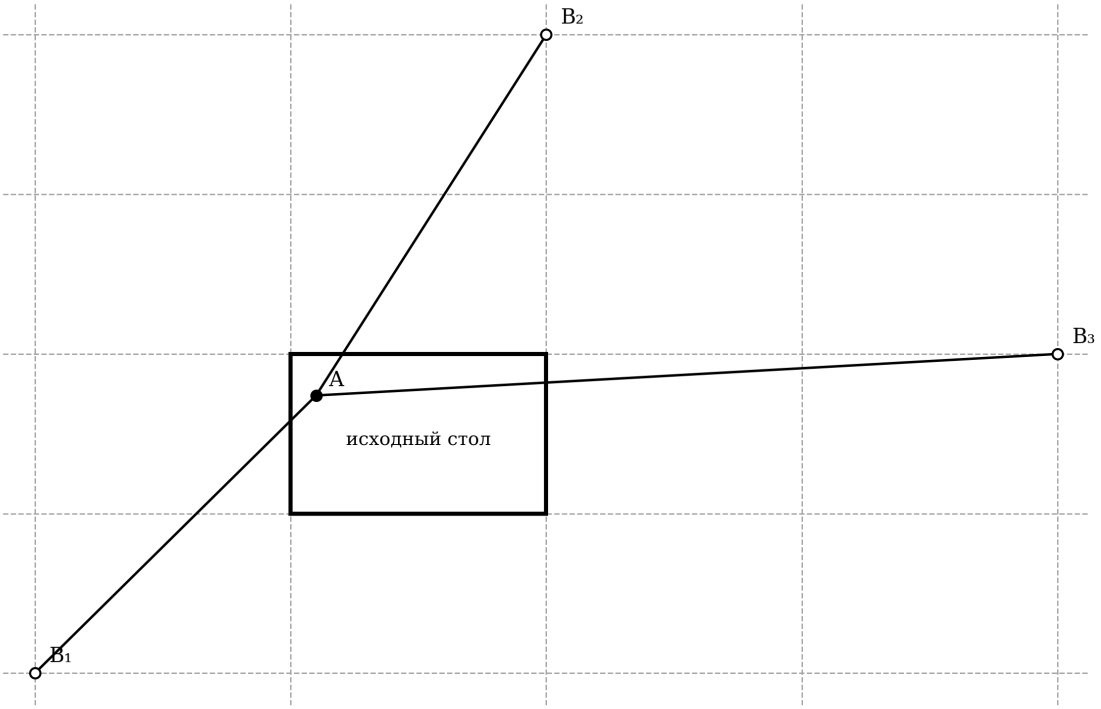
$$0{,}6087 \cdot 60 \approx 36{,}5 \text{ с.}$$

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.

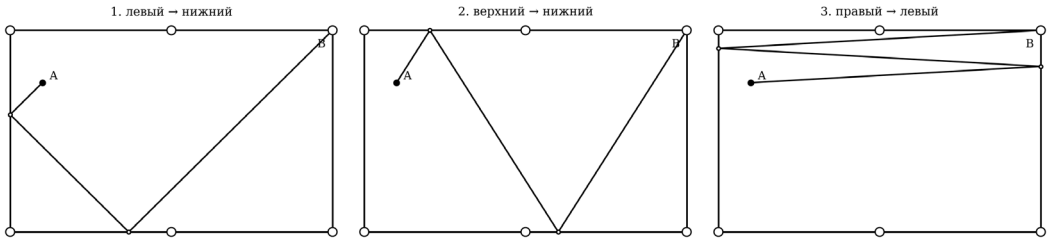
На развёртке нужно искать такие изображения лузы, чтобы отрезок от A до изображения пересекал **ровно две** линии бортов до конечной точки. Для данного расположения шара таких изображений три.



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**.

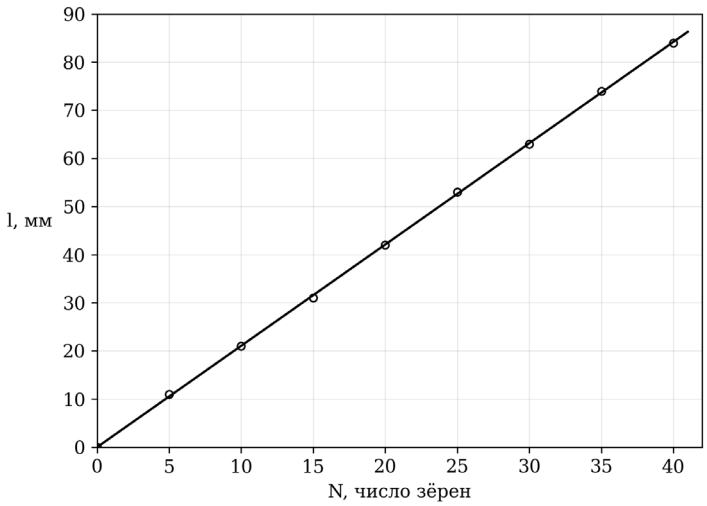
Задача 4. Пшено

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.