

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

2025-2026 уч. год. Муниципальный этап. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ

7 КЛАСС Условия, ответы, решения, критерии оценки

Задание подготовлено профессором кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красиным

1. «Пингвины на полюсе» (10 баллов). Три императорских пингвина, находившиеся точно на южном полюсе Земли, отправились в путешествие. Сначала они пошли строго на север и прошли 1000 метров, затем они прошли 500 метров, двигаясь строго на восток. Затем они снова повернули и, двигаясь строго на юг, прошли ещё 1000 метров. На каком расстоянии от южного полюса Земли они оказались в конце путешествия? Ответ обязательно поясните.

1. «Пингвины на полюсе». Ответ: 0 метров. **Пояснение:** Земля круглая, линии меридианов, соединяющих полюса Земли расходятся от одного полюса и сходятся в другом. Поэтому сначала пингвины двигались вдоль одного меридиана. Затем они двигались строго на восток, поэтому они оставались на одном и том же расстоянии от полюса, а затем они стали двигаться в направлении к полюсу и прошли такое же расстояние, на которое они первоначально удалились.

1. «Пингвины на полюсе». Критерии оценки:

За правильный ответ и наличие понятного обоснования ставить 10 баллов.

Если в обосновании допущены недочёты, но участник, обоснованно рассуждая, приходит к правильному ответу, то оценка может быть снижена на один-два балла.

За правильный ответ без обоснования ставить 1 балл.

За ответ 500 метров, который не учитывает шарообразности Земли и особенностей определения сторон света вблизи полюсов Земли ставить не более 3 баллов при наличии обоснования и 0 баллов при отсутствии обоснования.

2. «Трое на стадионе» (10 баллов). По круговой беговой дорожке стадиона бегают вокруг поля три спортсмена. Скорость каждого спортсмена остаётся постоянной. Один из них бежит со скоростью $v_1 = 5,4 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, второй с $v_2 = 270 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$, третий с $v_3 = 250 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Направления бега первого и второго спортсменов совпадают, а третий бежит в противоположном направлении. **Вопрос 1.** (3 балла) Во сколько раз скорость самого быстрого спортсмена больше скорости самого медленного? В некоторый момент времени все спортсмены оказались рядом. **Вопрос 2.** (7 баллов) Через сколько времени они снова все трое окажутся рядом? Учтите, что длина беговой дорожки этого стадиона равна 360 метров.

2. «Трое на стадионе». Ответы: в 3 раза, через 6 минут

Возможное обоснование ответа на вопрос 1. Выразим скорости спортсменов в одинаковых единицах измерения: $v_1 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $v_2 = 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $v_3 = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Тогда определяем, что скорость самого быстрого больше скорости самого медленного в 3 раза.

Возможное решение задачи для ответа на вопрос 1. Проще всего рассмотреть ситуацию с позиций самого медленного спортсмена, т.е. бегущего со скоростью $v_1 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Он становится как будто неподвижным. Относительно него второй спортсмен пробегает со скоростью $u_2 = v_2 - v_1 = (4,5 - 1,5) \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а третий, движущийся навстречу, – со скоростью $u_3 = v_3 + v_1 = (2,5 + 1,5) \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Все спортсмены окажутся рядом, в тот момент, когда и второй и третий спортсмены сделают целое (но разное, т.к. скорости относительного движения разные) количество оборотов по стадиону, относительно первого. Пусть L длина стадиона. Тогда, учитывая, что время τ движения спортсменов одинаковое можно записать, что $n_2 L = u_2 \cdot \tau$ и $n_3 L = u_3 \cdot \tau$. Получаем, что отношение числа относительных оборотов по стадиону спортсменов равно отношению их относительных скоростей

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{u_2}{u_3} = \frac{3}{4} \quad (1)$$

Учитывая, что число оборотов должно быть целым (с позиций первого спортсмена), приходим к

выводу, что второй спортсмен сделал три относительных оборотов, а третий – четыре.(2)

Тогда время движения можно найти, разделив путь, пройденный вторым или третьим спортсменом относительно медленного спортсмена, на его относительную скорость

$$\tau = \frac{3 \cdot 360 \text{ м}}{3 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}$$

Обращаем внимание, что совсем необязательно было рассматривать движение относительно медленного. Можно было относительно любого из трёх.

Возможное решение задачи для ответа на вопрос 1. Предположим, что самый медленный спортсмен пробежал расстояние $L_1 = v_1 \cdot \tau$, где τ - время между встречами. Тогда второй спортсмен пробежал расстояние, которое на целое число кругов больше расстояния пройденного первым, поэтому $L_2 = N_2 \cdot L + L_1$ (3)

где L длина стадиона. А третий спортсмен, двигавшийся навстречу первому, пробежал расстояние, которое можно выразить как длина целого числа кругов минус расстояние, пройденное до встречи первым $L_3 = N_3 \cdot L - L_1$ (4)

Выражая путь через произведение скорости на время, получаем

$$v_2 \cdot \tau = N_2 \cdot L + v_1 \cdot \tau, \quad (5)$$

$$v_3 \cdot \tau = N_3 \cdot L - v_1 \cdot \tau. \quad (6)$$

Отсюда можно записать, что $N_2 \cdot L = (v_2 - v_1) \cdot \tau$ и $N_3 \cdot L = (v_3 + v_1) \cdot \tau$.

$$\text{Тогда } \frac{N_2}{N_3} = \frac{v_2 - v_1}{v_3 + v_1} = \frac{3}{4} \quad (7)$$

Учитывая минимальность интервала времени, получаем, что $N_2 = 3$, а $N_3 = 4$ оборота (8)

$$\text{Тогда время можно рассчитать по формуле } \tau = \frac{N_2 \cdot L}{(v_2 - v_1)} \quad (9)$$

$$\text{Получаем } \tau = \frac{3 \cdot 360 \text{ м}}{(4,5 - 1,5) \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}$$

2. «Трое на стадионе» Критерии оценки за ответ на вопрос 1. За правильный ответ без обоснования баллов не ставить. За идею выразить скорости в одинаковых единицах измерения ставить 1 балл. Если словами это не сказано, но вычисления проведены, то этот балл следует ставить. За получение правильного ответа добавить 2 балла. Если сделана ошибка при переводе единиц измерения, то эти баллы не добавлять. Если сделана вычислительная ошибка, то снизить оценку на 1 балл.

Критерии оценки за ответ на вопрос 2.

При решении способом 1. За правильный ответ без обоснования баллов не ставить.

За идею рассмотреть относительно одного из спортсменов ставить 1 балл.

За нахождение относительных скоростей спортсменов ставить по 0,5 балла за скорость каждого.

За взаимосвязь пройденного относительного пути и относительной скорости ставить 1 балл.

За идею о целом числе относительных оборотов каждого спортсмена ставить 1 балл.

За соотношение (1) ставить 1 балл. За вывод (2) ставить 1 балл.

За нахождение времени движения ставить 1 балл.

При решении способом 2. За правильный ответ без обоснования баллов не ставить.

За идею выразить пути двух спортсменов как некоторое целое число оборотов вокруг стадиона плюс-минус путь, пройденный третьим спортсменом ставить 1 балл (по 0,5 балла за каждого спортсмена).

За выражения (3) и (4) в виде формулы или в виде фразы добавлять по 0,5 балла.

За выражения (5) и (6) добавлять по 0,5 балла.

За соотношения (7), (8) и (9) ставить по 1 баллу.

За нахождение времени движения ставить 1 балл.

Итоговый ответ при необходимости округлить до целого с избытком.

За вычислительную ошибку снижать оценку на 1 балл.

За решение по частям или сразу в числах оценку не снижать.

3. Золотой метеорит» (10 баллов). В поясе астероидов, между орбитами планет Марс и Юпитер движется космический объект Психея 16. По оценкам учёных этот астероид содержит большое количество золота. Давайте предположим, что Вы нашли метеорит. Химический анализ показал, что он состоит только из золота и базальта (каменной породы). Вы взвесили метеорит и определили его объём. Оказалось, что масса метеорита равна 25,8 кг, а объём 5 дм³. Определите: 1) среднюю плотность метеорита (3 балла), 2) массу золота в этом метеорите (7 баллов). При расчетах можете учесть, что плотность золота равна 19,32 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, плотность базальта 2,76 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

3. Золотой метеорит» Ответы: 5160 $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, 14 кг золота. **Решения.** Плотность метеорита равна $\rho = \frac{m}{V}$.

Объём выражаем в кубометрах $V = 0,005 \text{ м}^3$ и получаем $\rho = \frac{25,8 \text{ кг}}{0,005 \text{ м}^3} = 5160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Для выяснения массы золота учтём, что масса метеорита складывается из массы золота и массы базальта. Массу базальта выразим как произведение плотности базальта на его объём. Объём базальта выразим как разность объёма метеорита и объёма золота. Объём золота выразим как отношение массы золота к плотности золота. Получаем расчётную формулу $m = m_3 + \rho_6 \cdot (V - \frac{m_3}{\rho_3})$

Получаем из неё формулу для расчёта массы золота

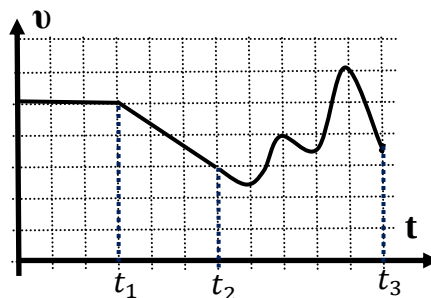
$$m_3 = \frac{m - \rho_6 V}{1 - \frac{\rho_6}{\rho_3}} = \frac{25,8 \text{ кг} - 2760 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,005 \text{ м}^3}{1 - \frac{2760 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{19320 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = \frac{25,8 - 13,8}{1 - \frac{1}{7}} \text{ кг} = \frac{12}{\frac{6}{7}} \text{ кг} = 14 \text{ кг}$$

3. Золотой метеорит» Критерии оценки:1) за нахождение плотности метеорита ставить **3 балла**.

Ответ 5,16 $\frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}$ считать правильным. За ошибку в переводе единиц измерения снизить оценку на 2 балла. За вычислительную ошибку снизить оценку на 1 балл.

2) за нахождение массы золота ставить **7 баллов**. За ошибку в переводе единиц измерения снизить оценку на 2 балла. За вычислительную ошибку снизить оценку на 1 балл. Если выражение для расчёта массы золота не получено, но часть поисковой работы выполнена, то за эту часть задачи ставить **не более 4 баллов**. По одному баллу можно ставить за получение каждого имеющего место соотношения между величинами, которое могло бы быть полезным для дальнейших расчётов. За расчёт по частям или за использование в расчётах только чисел оценку не снижать.

4. «График скорости» (10 баллов)/ Перед Вами график зависимости скорости от времени. К сожалению, все числовые отметки оказались стёрты. Единицы измерений скорости и времени тоже неизвестны. Известно только, что за интервал времени от нуля до t_1 тело прошло путь 3000 метров. Попробуйте определить, какой путь тело прошло за интервалы времени от t_1 до t_2 (4 балла) и от t_2 до t_3 (6 баллов). Обязательно поясните, как Вы это определили.



4. «График скорости» Ответы 2400 м и приблизительно 3600 м

Возможное решение способ 1: Пройденный путь можно найти по площади под графиком зависимости скорости от времени. Подсчитывая количество клеток под графиком на первом интервале (15 клеток), и на втором интервале (12 клеток), приходим к выводу, что на втором интервале путь равен $\frac{12}{15} 3000 \text{ м} = 2400 \text{ м}$. Для определения площади третьего участка применим формулу ($N = N_1 + 0,5N_2$), где N_1 - число целых клеток под линией графика, N_2 - число нецелых клеток. В нашем случае $N_1 = 13$, $N_2 = 10$. Значит, пройденный путь за этот интервал времени приблизительно равен $\frac{18}{15} 3000 \text{ м} = 3600 \text{ м}$

Возможное решение способ 2: Пройденный путь находят как произведение скорости на время движения. Если скорость переменная, то как произведение средней скорости на время движения. На втором участке скорость изменялась равномерно, поэтому средняя скорость равна среднему

арифметическому начальной и конечной скорости, т.е. на нашем графике она соответствует значению 4 делениям на оси скорости. Время движения на втором участке такое же, как и на первом. Значит, пройденные пути относятся также как средние скорости движения. На первом скорость соответствовала 5 делениям. Следовательно, путь за второй интервал времени равен $\frac{4}{5} 3000 \text{ м} = 2400 \text{ м}$. Среднюю скорость на третьем участке определим на глазок. Будем считать, что она тоже соответствует значению 4 делениям на оси скорости. но третий интервал времени движения соответствует пяти клеточкам по оси времени, а первый – трём. Следовательно, путь за третий интервал времени равен $\frac{4}{5} \cdot \frac{5}{3} 3000 \text{ м} = 4000 \text{ м}$.

4. «График скорости» Критерии оценки. За ответы без обоснования баллы не ставить.

За правильный ответ о пути на втором участке ставить 4 балла, независимо от того каким способом он получен (первым или вторым). Если участник придумал свой разумный способ определения, то ставить тоже 4 балла. Если придуманный способ недостаточно корректен, то можно ставить не более 2 баллов.

За правильный ответ о пути на третьем участке ставить 6 баллов при использовании закона площадей. При этом, если площадь попадает в интервал от 17 до 19 клеток оценку не снижать.

В том числе:

За идею о применении идеи сравнения площадей ставить 1 балл.

За нахождение числа полных клеток ставить 1 балл

За нахождение числа неполных клеток ставить 1 балл

За применение правила $N = N_1 + 0,5N_2$ ставить 1 балл

Учёт пропорциональности площадей первого участка и третьего ставить 1 балл

За правильный ответ ставить 1 балл

За правильный ответ о пути на третьем участке ставить и 4 балла при использовании правила средней скорости (т.к. средняя скорость на глазок определяется слишком неточно).

В том числе:

За идею о нахождении средней скорости на глазок ставить 1 балл.

За учёт отношения средних скоростей при нахождении пройденного пути ставить 1 балл

За учёт отношения продолжительности интервалов движения при нахождении пройденного пути ставить 1 балл. За получение правильного ответа ставить 1 балл.