

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
7 КЛАСС

Задание подготовлено Красиным М.С., к.п.н., доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. «Спутники 7». (10 баллов). Один искусственный спутник Земли движется по геостационарной орбите. Это круговая орбита, плоскость которой совпадает с плоскостью земного экватора, а период обращения равен периоду вращения Земли вокруг своей оси (можно считать, что он равен 24 часа). Радиус геостационарной орбиты равен приблизительно 42 000 км. Другой спутник движется по круговой окружности вблизи поверхности Земли (можно считать, что радиус его орбиты равен радиусу Земли, приблизительно 6 400 км). Этот спутник движется с первой космической скоростью приблизительно равной 8 км/с (8 километров в секунду!). Сравните скорости и периоды обращения этих спутников. Учтите, что длину окружности можно приблизительно рассчитать по формуле

длина окружности равна $L = 6,28 \cdot R$, где R – радиус окружности

1. «Спутники 7». (10 баллов). **Возможное решение.** Период обращения спутника по геостационарной орбите равен T $T_1 = 24 \cdot 3600 \text{ с} = 86400 \text{ с}$ (1)

Тогда скорость спутника на геостационарной орбите находим по формуле

$$v_1 = \frac{6,28 \cdot R_1}{T_1} \quad (2)$$

$$v_1 = \frac{6,28 \cdot 42000 \text{ км}}{86400 \text{ с}} \approx 3 \frac{\text{км}}{\text{с}} \quad (3), \quad \text{значит отношение скоростей равно } \frac{v_2}{v_1} = \frac{8}{3} \approx 2,7 \quad (4)$$

Т.е. скорость спутника, движущегося вблизи поверхности Земли, приблизительно в 2,7 раза больше скорости спутника на геостационарной орбите! (5)

Период обращения спутника вблизи поверхности Земли находим по формуле

$$T_2 = \frac{6,28 \cdot R_2}{v_2} \quad (6)$$

$$T_2 = \frac{6,28 \cdot 6400 \text{ км}}{8 \text{ км/с}} \approx 5000 \text{ с} \quad (7), \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{86400 \text{ с}}{5000 \text{ с}} \approx 17 \quad (8)$$

Т.е. период обращения спутника на геостационарной орбите приблизительно в 17 раз больше периода спутника, обращающегося вокруг Земли вблизи её поверхности (9)

Критерии оценки.

За нахождение периода обращения спутника на геостационарной орбите ставить 2 балла, за каждый из пунктов (2) – (9) добавлять по 1 баллу.

Если участник решал несколько иначе, то можно разработать свои критерии, но они должны приблизительно соответствовать рекомендуемым критериям составителей задания и записаны на работе ученика, чтобы и участник при апелляции понимал эти критерии и при возможной перепроверке работ, жюри регионального этапа могло ознакомиться с этими критериями, чтобы понять обоснованность их применения и соответствие оценки участника этим критериям.

2. «Средняя скорость 7». (10 баллов) Одну пятую часть пути две подружки семиклассницы шли со скоростью 2 км/ч. Затем, они поняли, что могут опоздать и пошли быстрее. со скоростью 100 м/мин. Так они прошли одну треть оставшегося времени до звонка на урок. Однако, заметив, что они всё равно не успевают, девочки побежали со скоростью 2,5 м/с. Определите их среднюю скорость на всём пути, если они вбежали в школу одновременно со звонком.

2. «Средняя скорость 7». (10 баллов). **Возможное решение. Способ 1.**

Выражаем скорости в одинаковых единицах измерения,

например, $v_1 = 2 \text{ км/ч}$, $v_2 = 6 \text{ км/ч}$, $v_3 = 9 \text{ км/ч}$ (1)

$$\text{Среднюю скорость находим по формуле } v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Сначала найдём среднюю скорость на 2 и 3 участках пути

$$v_{\text{ост ср}} = \frac{s_2 + s_3}{t_{\text{ост}}} = \frac{v_2 \frac{1}{3} t_{\text{ост}} + v_3 \frac{2}{3} t_{\text{ост}}}{t_{\text{ост}}} = v_2 \frac{1}{3} + v_3 \frac{2}{3} \quad (3)$$

$$v_{\text{ост ср}} = 8 \text{ км/ч} \quad (4)$$

$$v_{\text{ост ср}} = \frac{s_2 + s_3}{t_{\text{ост}}} = \frac{v_2 \frac{1}{3} t_{\text{ост}} + v_3 \frac{2}{3} t_{\text{ост}}}{t_{\text{ост}}} \quad (5)$$

Тогда среднюю скорость на всём пути можно найти по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t_1 + t_{\text{ост}}} \quad (6)$$

$$\text{Учтём, что } t_1 = \frac{s}{5v_1}, \text{ а } t_{\text{ост}} = \frac{4s}{5v_{\text{ост ср}}} \quad (7)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{\frac{s}{5v_1} + \frac{4s}{5v_{\text{ост ср}}}} \quad (8)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{\frac{1}{5v_1} + \frac{4}{5v_{\text{ост ср}}}} \quad (9)$$

$$v_{\text{ср}} = 5 \text{ км/ч} \quad (10)$$

Способ 2. Предположим, что $t_2 = 6$ ч, тогда $t_{\text{ост}} = 18$ ч, $t_3 = 12$ ч, $s_2 = 36$ км, $s_3 = 108$ км, $s = \frac{5}{4}(36 + 108) \text{ км} = 180$ км, $s_1 = 36$ км, $t_1 = 18$ ч, $t = 36$ ч, $v_{\text{ср}} = 5$ км/ч (1)

Если реальное время t_2 было в N раз меньше, то и время движения на каждом из других участков было в N раз меньше, и общее время получится в N раз меньше. Но и пройденные пути будут в N раз меньше, значит, весь путь получится в N раз меньше. Следовательно, средняя скорость будет такой же, как и в случае $t_2 = 6$ ч, т.е. $v_{\text{ср}} = 5$ км/ч (2)

Критерии оценки.

Решение способом 1. За каждый пункт, даже если он представлен в неявном виде, ставить по 1 баллу.

Решение способом 2. За правильный ответ (1), найденный для одного частного случая, ставить 5 баллов. При наличии обоснования типа приведённого в решении (2) добавить 5 баллов.

За неудачную попытку решения частным способом ставить 1 балл

За неудачное пояснение, что найденный ответ будет правильным и при иных значениях t_2 9 или иного параметра, введенного дополнительно) добавлять 1 или 2 балла (по усмотрению жюри).

3. **«Винни-Пух и жёлуди 7».** (10 баллов). Винни-Пух шёл к Пятачку на день рождения и нёс ему в подарок коробку шоколадных конфет с медовой начинкой. Дойдя до Большого Дуба, он сел отдохнуть. И решил попробовать, свежие ли конфеты он несёт Пятачку. Когда в коробке осталась последняя конфета, он вдруг вспомнил, куда шёл. Осмотревшись по сторонам, он увидел множество желудей, валяющихся на траве.

«А ведь Пятачок больше всего на свете любит жёлуди! Вот, чему он обрадуется!» – подумал находчивый медведь. Да и размеры желудей были практически такие, как и размеры конфет. Винни-Пух собрал все пятнадцать валяющихся вокруг него фантиков, завернул в них жёлуди и положил в коробку. «Ну, а одна конфетка с мёдом пусть останется в качестве шутки» – решил Винни-Пух и отправился дальше. Когда Пятачок взял коробку, то обратил внимание, что на коробке было написано 100 г, а коробка весила меньше. Тогда Винни-Пух рассказал, как он придумал порадовать своего друга. Друзья решили узнать, во сколько раз каждый жёлудь легче конфеты. Но к этому времени Винни-Пух уже съел последнюю шоколадную конфету, а Пятачок съел три жёлудя. Тогда Пятачок принёс весы, и положил на них все оставшиеся жёлуди. Весы показали массу 60 г. Во сколько раз масса жёлудя оказалась меньше массы конфеты?

3. **«Винни-Пух и жёлуди 7».** (10 баллов). **Возможное решение:**

Изначально в коробке было 16 конфет (1)

Масса каждой конфеты равна $100 \text{ г} : 16 = 6,25 \text{ г}$ (2)

На весы было положено $16 - 1 - 3 = 12$ желудей (3)

Масса каждого жёлудя равна $60 \text{ г} : 12 = 5 \text{ г}$ (4)

Масса жёлудя меньше массы конфеты в $6,25 \text{ г} : 5 \text{ г} = 1,25$ раза (5)

Критерии оценки.

За каждый пункт (1)-(5)

добавлять по 2 балла,

Если была сделана вычислительная ошибка (в том числе при подсчёте числа конфет или числа желудей) то за этот пункт ставить 1 балл и за каждый последующий пункт, вычисленный из-за этого неправильно, ставить 1 балл

Учтите, что решение может быть другим (например, определили массу 12 конфет на основе пропорции, а потом разделили полученное значение на массу всех 12 желудей.

В случае правильного решения оценку не снижать, а если задача решена с ошибкой, то необходимо написать свои критерии и оценивать по ним, но учесть замечание, указанное в критериях к заданию 1.

4. «**Кто точнее 7**». (10 баллов) Получив задание измерить объём бруска, семиклассники Юра и Ася решили действовать разными методами.

Юра взял линейку с миллиметровыми делениями и измерил длину, ширину и высоту бруска. У него получились габариты $20 \text{ мм} \times 25 \text{ мм} \times 100 \text{ мм}$.

Ася взяла мерный цилиндр с водой, измерила объём воды, он получился равным 30 мл. Затем погрузила брусок полностью в воду и определила, что общий объём оказался равен 82 мл.

Какой объём бруска получился у Юры? Какой – у Аси? Кто измерил точнее? Ответ обоснуйте. При обосновании учтите, что погрешности результатов непосредственных (прямых) измерений можно считать равными цене деления соответствующего измерительного прибора. Цена деления мерного цилиндра у Аси была равна 2 мл.

4. «**Кто точнее 7**». (10 баллов) **Возможное решение:**

Если не учитывать погрешность измерения, то

Юра получил $V_1 = 20 \text{ мм} \cdot 25 \text{ мм} \cdot 100 \text{ мм} = 50000 \text{ мм}^3 = 50 \text{ см}^3$, (1)

а Ася получила $V_2 = 82 \text{ мл} - 30 \text{ мл} = 52 \text{ мл} = 52 \text{ см}^3$ (2)

Если учитывать погрешности измерений, то следует учесть возможную погрешность измерения длины, равную 1 мм, то максимальное значение объёма равно

$V_{1\text{ВГ}} = 21 \text{ мм} \cdot 26 \text{ мм} \cdot 101 \text{ мм} = 55146 \text{ мм}^3$, а минимальное

$V_{1\text{НГ}} = 19 \text{ мм} \cdot 24 \text{ мм} \cdot 99 \text{ мм} = 45144 \text{ мм}^3$

Погрешность измерения объёма равна $\Delta V_1 = 0,5(V_{1\text{ВГ}} - V_{1\text{НГ}}) = 5001 \text{ мм}^3$

Округляя до одной значащей цифры, получаем $\Delta V_1 = 5000 \text{ мм}^3 = 5 \text{ см}^3$ (3)

Результат измерения принимаем равным $V_1 = 0,5(V_{1\text{ВГ}} + V_{1\text{НГ}}) = 50145 \text{ мм}^3$

Округляя результат до минимального разряда погрешности, получаем $V_1 = 50 \text{ см}^3$ (4)

Таким образом, результат измерения Юры следует записать $V_1 = 50 \text{ см}^3 \pm 5 \text{ см}^3$ (5)

Погрешность измерения объёма мензуркой равна 2 мл, но измерялись два объёма, поэтому погрешность следует принять равной 4 мл (6)

Таким образом, результат измерения Аси следует записать $V_2 = 52 \text{ см}^3 \pm 4 \text{ см}^3$ (7)

Точность измерения характеризует относительная погрешность $\varepsilon = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%$

$$\varepsilon_1 = \frac{5}{50} 100\% = 10\%, \quad (8) \quad \varepsilon_2 = \frac{4}{52} 100\% = 7,6923 \dots \% = 8\% \quad (9)$$

Получается, что результат измерения Аси более точный.

Критерии оценки.

За каждый пункт (1) – (9) ставить 1 балл, за вывод добавить 1 балл.

Если погрешность измерения Аси принята за 2 мл, то за этот пункт оценку не ставить, но за остальные расчёты, сделанные на основании данного результата оценку не снижать.

Если была сделана попытка оценки погрешности, но она оказалась неправильной (без сравнения относительных погрешностей (может быть и в неявном виде)), то за эту попытку добавлять не более 2 баллов.