

**Всероссийская олимпиада школьников по физике 2022-2023 уч. год.**

**Муниципальный этап. Калужская область**

**8 класс. Условия, решения, критерии, методические рекомендации**

Задания разработаны М.С. Красиным. В разработке задания 4 принимали участие Осипова Е.А и Осипов А.И. (КТУ им. К.Э. Циолковского)

**1. Перегонки** (10 баллов). Три спортсмена стартовали одновременно. Первый спортсмен 0,6 всего времени своего движения бежал с постоянной скоростью  $v_1 = 3$  м/с, а оставшуюся часть пути – со скоростью  $v_2 = 18$  км/ч. Второй спортсмен 0,6 всего пути бежал с постоянной скоростью  $v_1 = 3$  м/с, а оставшуюся часть пути – со скоростью  $v_2 = 18$  км/ч. Третий спортсмен всю дистанцию пробежал с постоянной скоростью, равной среднему арифметическому  $v_1$  и  $v_2$ . В какой очередности прибежали спортсмены на финиш? Ответ подтвердите расчётами.

**1. Перегонки. Возможное решение.** Чтобы узнать, кто бежал быстрее, можно сравнить средние скорости спортсменов.

Для этого выразим скорости в одинаковых единицах:  $v_2 = 18$  км/ч = 5 м/с

$$v_{\text{ср1}} = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t} = \frac{v_1 \cdot 0,6t + v_2 \cdot 0,4t}{t} = v_1 \cdot 0,6 + v_2 \cdot 0,4 = 1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 2 \text{ м/с} = 3,8 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср2}} = \frac{s}{t} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{1}{\frac{0,6}{v_1} + \frac{0,4}{v_2}} = \frac{1}{\frac{0,6}{3 \text{ м/с}} + \frac{0,4}{5 \text{ м/с}}} = 3,571 \dots \text{ м/с} = 3,6 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср3}} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 4 \text{ м/с}$$

Следовательно, сначала прибежит третий спортсмен, затем – первый, затем – второй.

**1. Перегонки. Рекомендуемые критерии оценки.** Если скорости выражены в одинаковых единицах измерения, то добавить 1 балл. Если найдена скорость  $v_{\text{ср1}}$ , то добавить 3 балла. Если найдена скорость  $v_{\text{ср2}}$ , то добавить 3 балла. Если найдена скорость  $v_{\text{ср3}}$ , то добавить 1 балл. Если дан правильный ответ, то добавить 2 балла.

Если были приведены решения типа: «предположим, что всё время движения было 150 с ...», или «предположим, что всё время движения было 150 м ...» и затем сделано обобщение, в котором обосновывается, что при других числовых значениях всего пути (или времени) числовое значение средней скорости не изменится, то оценку не снижать. Если ответы найдены, но такого типа обобщения нет, то за нахождение  $v_{\text{ср1}}$  и  $v_{\text{ср2}}$  ставить по 1 баллу.

За решение без использования буквенных обозначений оценку не снижать.

**2. Метеорит** (10 баллов). Когда был найден метеорит, то оказалась, что его масса равна 57 г, при этом на 70 % по массе он состоит из железа, а на 30 % по массе – из никеля. Определите удельную теплоёмкость этого метеорита, если удельная теплоёмкость железа  $c_{\text{ж}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , удельная теплоёмкость никеля  $c_{\text{н}} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  плотность железа  $\rho_{\text{ж}} = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , плотность никеля  $\rho_{\text{н}} = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , постоянную силы тяжести считать равной  $g = 9,81 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ .

**2. Метеорит. Возможное решение.**

$$c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}} \cdot \Delta t + c_{\text{н}} \cdot m_{\text{н}} \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (1)$$
$$c = \frac{c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}} \cdot \Delta t + c_{\text{н}} \cdot m_{\text{н}} \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta t} = \frac{c_{\text{ж}} \cdot 0,7m + c_{\text{н}} \cdot 0,3m}{m} = c_{\text{ж}} \cdot 0,7 + c_{\text{н}} \cdot 0,3$$
$$c = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,7 + 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,3 = 472 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**2. Метеорит. Рекомендуемые критерии оценки.** Если используется формула типа  $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$ , то добавить 2 балла, если массы железа и никеля выражены через массу метеорита или вычислены, то добавить 2 балла. Если получено соотношение типа (1), то добавить 4 балла. Если найден числовой ответ, то добавить 2 балла, но если ответ отличается от 472 из-за вычисления массы железа и никеля с последующим округлением, то добавлять только 1 балл.

**3. Сравнения** (10 баллов). Дайте обоснованные ответы на каждый вопрос.

Сравнение 1. Кто с большей силой давит на снег, близнец, который стоит на снегу на лыжах или его брат, который стоит на снегу, но держит лыжи в руках? Считать массы близнецов, их одежду и лыж одинаковыми.

Сравнение 2. В сосуде с пресной водой плавает деревянный брусок. Как изменится действующая на брусок сила Архимеда, если брусок переложить в сосуд с солёной водой?

Сравнение 3. На весы положили тонну железа. Затем вместо железа положили тонну сена. Будут ли отличаться показания весов, если массы железа и сена одинаковы?

**3. Сравнения. Возможное решение.**

Сравнение 1. Силы давления одинаковы, т.к. массы экипированных близнецов равны.

Сравнение 2. Сила Архимеда не изменится, она по-прежнему будет равна силе тяжести, действующей на брусок.

Сравнение 3. Если учесть силу Архимеда, то показания весов будут больше, когда на них положат тонну железа.

**3. Сравнения. Рекомендуемые критерии оценки.** За один правильный и обоснованный ответ ставить 5 баллов. За два правильных обоснованных ответа ставить 8 баллов. За три правильных обоснованных ответа ставить 10 баллов. За каждый правильный, но необоснованный ответ ставить 1 балл. За каждый неправильный ответ, в котором приводится обоснование с некоторыми правильными утверждениями ставить 1 балл.

**5. Рычаги** (10 баллов). Одноклассницы Маша и Даша определяли массу груза с помощью рычага. Но они забыли линейки. Поэтому они сфотографировали свои установки и гирьку на весах, и решили провести вычисления дома, используя полученные фотографии. Какие результаты они получили? Кто из них провёл более точный эксперимент? Во сколько раз ответ одной из девочек был более точен, чем ответ другой? В домашних условиях обе девочки использовали одинаковые линейки с миллиметровыми делениями. Весы позволяют измерять массу с точностью до 0,01 г



Фото гирьки



Фото Маши, гирька, изображённая на весах, находится слева



Фото Даши, гирька слева

**5. Рычаги. Возможное решение.** Решение в общем виде: учитывая равенство моментов сил можно записать, что  $m = m_r \frac{l_r}{l}$ .

Учитывая погрешность весов, получаем, что масса гирьки равна  $m_r = 100,28 \text{ г} \pm 0,01 \text{ г}$ .

С помощью линейки, находим по фотографии плечи сил, с которыми каждый груз действует на рычаг. Будем считать, что погрешность измерения длины равна 1 мм. Поэтому по фотографии Маши получаем  $l_{r1} = 68 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$ ,  $l_1 = 44 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$

По фотографии Даши получаем  $l_{r2} = 40 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 26 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$

Можно заметить, что относительная погрешность измерения массы много меньше относительной погрешности измерения длины:

$$\varepsilon(m_r) = \frac{0,01}{100,28} \cdot 100 \% = 0,01 \%, \quad \varepsilon(l_{r1}) = \frac{1}{68} \cdot 100 \% = 1,5 \%$$

Поэтому погрешностью измерения массы груза можно пренебречь.

Наибольшее возможное значение массы груза (верхняя граница) в опыте Маши равна

$$m_{1ВГ} = 100,28 \text{ г} \cdot \frac{45}{67}$$

Наименьшее возможное значение массы груза (нижняя граница) в опыте Маши равна

$$m_{1НГ} = 100,28 \text{ г} \cdot \frac{43}{69}$$

Погрешность измерения массы груза равна

$$\Delta m_1 = 0,5 \cdot (m_{1ВГ} - m_{1НГ}) = 0,5 \cdot 100,28 \text{ г} \cdot \left( \frac{45}{67} - \frac{43}{69} \right) = 2,42 \dots \text{ г} = 2,4 \text{ г}$$

(Округлили с учётом правила одной-двух значащих цифр в погрешности.)

Измеренное значение массы груза принимаем равным

$$m_1 = 0,5(m_{1ВГ} + m_{1НГ}) = 0,5 \cdot 100,28 \text{ г} \cdot \left( \frac{45}{67} + \frac{43}{69} \right) = 64,74 \dots \text{ г} = 64,7 \text{ г}$$

(Округлили с учётом правила равенства минимальных разрядов в записи результата измерения и его погрешности.)

Относительная погрешность измерения массы груза Машей равна

$$\varepsilon(m_1) = \frac{2,4}{64,7} \cdot 100 \% = 3,70 \dots \% = 4 \%$$

(Округлили с учётом правила одной-двух значащих цифр в погрешности.)

Итоговый результат измерений Маши

$$m_1 = 64,7 \text{ г} \pm 2,4 \text{ г}, \quad \varepsilon(m_1) = 4 \%$$

Аналогичные расчёты показывают, что по результатам измерения Даши

$$\Delta m_2 = 0,5(m_{2ВГ} - m_{2НГ}) = 0,5 \cdot 100,28 \text{ г} \cdot \left( \frac{27}{39} - \frac{25}{41} \right) = 4,12 \dots \text{ г} = 4 \text{ г}$$

$$m_2 = 0,5(m_{2ВГ} + m_{2НГ}) = 0,5 \cdot 100,28 \text{ г} \cdot \left( \frac{27}{39} + \frac{25}{41} \right) = 65,10 \dots \text{ г} = 65 \text{ г}$$

$$\varepsilon(m_2) = \frac{4}{65} \cdot 100 \% = 6,15 \dots \% = 6 \%$$

$$\text{Итоговый результат измерений Даши} \quad m_2 = 65 \text{ г} \pm 4 \text{ г}, \quad \varepsilon(m_2) = 6 \%$$

Видим, что точность измерений Маши в полтора раза больше, чем у Даши.

**5. Рычаги. Рекомендуемые критерии оценки.** За правильное решение с учётом оценки границ погрешности ставить 10 баллов. При этом следует учитывать, что результаты измерения плеч школьниками могут отличаться от приведённых в решении на 1-2 мм. При условии неизменности масштаба фотографии. Поэтому желательно проверить размеры по тем листам, которые были розданы участникам. За это оценку не снижать, но надо учесть, что различия могут быть обусловлены и вычислительной ошибкой.

Если оценка погрешности идет не методом верхней-нижней границы, а сложением относительных погрешностей, то оценку не снижать при правильных рассуждениях. Если

попытка расчётов с учётом погрешностей имеется, но используемые формулы ошибочны, то добавить за попытку не более 1 балла.

Если найдены значения грузов без учёта погрешности измерений, то за каждый ответ добавить по 2 балла.

Если есть обоснование, что у Маши результат более точный, чем у Даши, поскольку длины плеч в её эксперименте больше, то добавить 1 балл, а если сравнение точности измерения проводится через отношение длин плеч в опытах Даши и Маши, то добавить 2 балла