

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 уч. год.

Олимпиада им. Дж. К. Максвелла

Муниципальный этап. Калужская область

8 класс.

Решения задач и критерии оценки

Задания разработаны доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С Красиным.

1. «В бассейне 8» (10 баллов) Возможное решение.

Уровень воды не изменится, т.к. в обоих случаях Вы и лодка будете плавать, то на Вас с лодкой будет действовать одинаковая суммарная сила Архимеда, равная сумме сил тяжести, действующих на Вас и на лодку. Поскольку архимедова сила зависит от объёма погруженной части тела, то в обоих случаях Вы с лодкой будете вытеснять одинаковый объём воды. Поэтому уровень воды не изменится.

1. «В бассейне 8. Рекомендуемые критерии оценки.

Дан правильный ответ (без обоснования)

1 балл

Сделана попытка обоснования

1 балл

Если в обосновании есть указание на равенство силы тяжести и архимедовой силы, действующей на плавающее тело, то

добавить 4 балла.

Если есть указание на зависимость архимедовой силы от объёма, то

добавить 4 балла.

Примечание: Если дан неправильный ответ, то оценка не должна превышать 5 баллов

2. График скорости 8. (10 баллов) Возможное решение.

1) $6 \text{ мин} \cdot 5 = 30 \text{ мин}$. 2) $10 \text{ км/ч} \cdot 5 = 50 \text{ км/ч}$. 3) $50 \text{ км/ч} \cdot 30 \text{ мин} = 50 \text{ км/ч} \cdot 0,5 \text{ ч} = 25 \text{ км}$.

4) $6 \text{ мин} \cdot 6 = 36 \text{ мин}$.

5) Расстояние, пройденное по грунтовой дороге можно определить по площади под графиком скорости. Для этого сначала надо вычислить какому пути соответствует площадь одной клеточки. Она равна $s_1 = 10 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 6 \text{ мин} = 10 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 0,1 \text{ ч} = 1 \text{ км}$. Затем надо подсчитать количество целых $N_1 = 11$ и неполных клеточек $N_2 = 8$, оказавшихся между линией графика и осью абсцисс. Пройденный путь находим, умножая «площадь» одной клеточки на сумму $(N_1 + 0,5N_2)$.

$$s = s_1 \cdot (N_1 + 0,5N_2) = 1 \text{ км} (11 + 4) = 15 \text{ км}$$

6) $v_{\text{ср}} = \frac{25 \text{ км} + 15 \text{ км}}{0,5 \text{ ч} + 0,6 \text{ ч}} = \frac{40}{1,1} \text{ км/ч} = 36,3636 \dots \text{ км/ч}$,

Оставляем в итоговом ответе не более двух значащих цифр и получаем $v_{\text{ср}} = 36 \text{ км/ч}$.

Пояснение: Округляем до двух значащих цифр из следующих соображений: скорости указаны с двумя значащими цифрами, а интервалы времени всего с одной, кроме того подсчёт площади по клеточкам весьма неточен, поэтому запись в ответе числового значения с большим количеством значащих цифр не соответствует такой точности измерений и вычислений.

2. График скорости 8. Рекомендуемые критерии оценки.

За ответы на вопросы 1), 2), 4)

ставить по 1 баллу.

За ответ на вопросы 3) и 6)

ставить по 2 балла.

Если при ответе на вопрос 6) указано число с тремя и более значащими цифрами, то ставить

только 1 балл.

За ответ на вопрос 5)

ставить 3 балла

Если при ответе на вопрос 5) количество целых и неполных клеточек отличается на единицу от образцового, то оценку не снижать, не всегда понятно целая клетка или неполная.

Если при ответе на вопрос 5) был использован способ замены кривой линии на наклонную прямую, то за ответ

ставить 2 балла.

Если допущена ошибка с переводом единиц, то за ответ на этот вопрос оценку не ставить, но за ответы на другие вопросы, где использовался ошибочный из-за неправильного перевода результат, оценку не снижать

3. Движущаяся дорожка 8. (10 баллов) Возможное решение.

Обозначим v - скорость каждой девочки относительно поверхности,
 u - скорость дорожки, s длину дорожки. (1)

Скорость Оли относительно пола при её движении в направлении движения дорожки равна $v + u$ (2)

Скорость Оли относительно пола при обратном движении равна $v - u$ (3)

Время бега Оли в одну сторону равно $t_1 = \frac{s}{v+u}$ (4)

Время бега Оли обратно равно $t_2 = \frac{s}{v-u}$ (5)

Время разворота равно t_3

Всё время забега Оли равно $t_0 = t_1 + t_2 + t_3$ (6)

$t_0 = \frac{s}{v+u} + \frac{s}{v-u} + t_3 = \frac{s(v-u)+s(v+u)}{(v+u)(v-u)} + t_3 = \frac{2sv}{(v+u)(v-u)} + t_3$ (7)

Время бега Кати туда и обратно равно $t_K = \frac{2s}{v} + t_3$ (8)

Поскольку время на разворот было одинаковым, то его можно не учитывать при сравнении (9)

Для сравнения времени забега можно либо найти разность, либо отношение времён забега

$\Delta t = t_0 - t_K = \frac{2sv}{(v+u)(v-u)} - \frac{2s}{v}$ (10)

С учётом формулы разности квадратов можно записать $\Delta t = \frac{2sv}{v^2-u^2} - \frac{2sv}{v^2}$ (11)

Отсюда понятно, что $\Delta t < 0$. Значит, Оля прибежит быстрее!

3. Движущаяся дорожка 8 Рекомендуемые критерии оценки.

Введение условных обозначений и попытка решения в общем виде	1 балл
Выражение для скорости Оли при беге по направлению движения дорожки	1 балл
Выражение для скорости Оли при беге против движения дорожки	1 балл
Выражение для времени забега Оли в виде типа (6) (даже без учёта времени разворота)	1 балл
Выражение для времени забега Оли в виде типа (7) (даже без учёта времени разворота)	1 балл
Выражение для времени забега Кати (даже без учёта времени разворота)	1 балл
Учёт времени разворота	1 балл
Вывод (или действия) о необходимости нахождения разности времён забега (или их отношения)	1 балл
Получение формулы типа (11) или через отношение	1 балл
Наличие ответа в форме вывода о том кто пробежит быстрее	1 балл

Примечания.

Если была сделана подстановка числовых значений и на основании сделан правильный вывод, что Оля пробежит быстрее, то ставить за всё решение не более 5 баллов.

Если были сделаны несколько попыток подстановки числовых значений и на основании обобщения полученных результатов сделан правильный вывод (но не доказывающий, что это верно при любых числах), что Оля пробежит быстрее, то ставить за всё решение не более 7 баллов.

Если были сделаны несколько попыток подстановки числовых значений и на основании обобщения полученных результатов сделан правильный логически обоснованный вывод, что при любых числах, что Оля пробежит быстрее, то можно ставить 10 баллов.

5. Рычаг 8. (10 баллов) Возможное решение.

Ответ на первый вопрос

Момент силы упругости динамометра равен произведению силы на плечо силы.

$$M_d = F_d \cdot l_d \quad (1)$$

$$\text{Плечо силы } l_d = 150 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}, \quad (2)$$

$$\text{Модуль силы } F_d = 1,3 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н} \quad (3)$$

Видим, что относительная погрешность измерения силы

$$\varepsilon_{F_d} = \frac{0,1 \text{ Н}}{1,3 \text{ Н}} \cdot 100\% = 7,69 \dots \% = 8 \%$$

превышает относительную погрешность измерения плеча силы

$$\varepsilon_{l_d} = \frac{2 \text{ мм}}{150 \text{ мм}} \cdot 100\% = 1,3 \%$$

более, чем в три раза, поэтому можно считать, что плечо силы измерено точно

$$M_{дВГ} = 1,4 \text{ Н} \cdot 0,15 \text{ м} = 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{дНГ} = 1,2 \text{ Н} \cdot 0,15 \text{ м} = 0,18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\Delta M_d = 0,5(M_{дВГ} - M_{дНГ}) = 0,015 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_d = 0,5(M_{дВГ} + M_{дНГ}) = 0,195 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\varepsilon_{M_d} = \frac{0,015 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,195 \text{ Н} \cdot \text{м}} \cdot 100\% = 7,69 \dots \% = 8 \%$$

Итоговый ответ: $M_d = 0,195 \text{ Н} \cdot \text{м} \pm 0,015 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varepsilon_{M_d} = 8 \%$ или $0,18 \text{ Н} \cdot \text{м} < M_d < 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varepsilon_{M_d} = 8 \%$ (4)

Ответ на второй вопрос

Условие равновесия рычага $m_k g l_k + F_d l_d - m_r g l_r = 0$ (5)

$$m_k = \frac{m_r l_r - \frac{F_d}{g} l_d}{l_k} \quad (6)$$

$$m_r = 100,38 \text{ г} \pm 0,03 \text{ г}, \quad l_k = 350 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}, \quad l_d = 150 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}, \quad l_r = 250 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм} \quad (7)$$

Заметим, что относительная погрешность измерения силы $\varepsilon_{F_d} = 8\%$ более, чем в 3 раза превышает наибольшую относительную погрешность измерения длины $\varepsilon_{l_d} = 1,3 \%$ и

относительную погрешность измерения массы груза $\varepsilon_{m_r} = \frac{0,03 \text{ г}}{100,38 \text{ г}} \cdot 100\% = 0,03 \%$,

Поэтому погрешностью измерения длин и масс можно пренебречь и считать их измеренные значения точными.

Выясним, можно ли в данном случае считать постоянную силы тяжести равной $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Абсолютная погрешность при округлении 9,8 до 10 оказывается равной 0,2

$\varepsilon_g = \frac{0,2}{9,8} \cdot 100\% = 2,04 \dots \% = 2 \%$, что тоже меньше одной трети погрешности измерения силы. Значит погрешностью округления до 10 можно пренебречь и считать, что $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Если расчёты проводить методом В-НГ, то они будут следующими

$$m_{кВГ} = \frac{100,38 \text{ г} \cdot 250 \text{ мм} - \frac{1,2}{10} \cdot 1000 \text{ г} \cdot 150 \text{ мм}}{350 \text{ мм}} = 20,27 \dots \text{ г} = 20,3 \text{ г}$$

$$m_{кНГ} = \frac{100,38 \text{ г} \cdot 250 \text{ мм} - \frac{1,4}{10} \cdot 1000 \text{ г} \cdot 150 \text{ мм}}{350 \text{ мм}} = 11,7 \text{ г}$$

Погрешность измерения

$$\Delta m_k = 0,5(m_{кВГ} - m_{кНГ}) = 0,5(20,3 - 11,7) \text{ г} = 4,3 \text{ г} = 4 \text{ г} \quad (8)$$

Измеренное значение

$$m_k = 0,5(m_{кВГ} + m_{кНГ}) = 0,5(20,3 + 11,7) \text{ г} = 16 \text{ г} \quad (9)$$

Относительная погрешность

$$\varepsilon_{m_k} = \frac{4 \text{ г}}{16 \text{ г}} \cdot 100\% = 25 \% \quad (10)$$

Итоговый ответ

$$m_k = 16 \text{ г} \pm 4 \text{ г}, \quad \varepsilon_{m_k} = 25 \% \quad \text{или} \quad 12 \text{ г} \leq m_k \leq 20 \text{ г}, \quad \varepsilon_{m_k} = 25 \% \quad (11)$$

Некоторые замечания для участников: Найденная методом В-НГ всегда получается немного завышенной от той, которая получается более точными методами, но метод В-НГ универсален и прост для понимания и применения.

5. Рычаг 8. Рекомендуемые критерии оценки.

Записана формула расчёта момента силы		1 балл
Найдено значение силы динамометра (даже без учёта погрешности)		1 балл
Найдено плечо силы (даже без учёта погрешности)		1 балл
Найдено значение момента силы (даже без учёта погрешности)		1 балл
Найдено значение момента силы с учётом погрешности		1 балл
Записано правило моментов типа	(5)	1 балл
Найдено числовое значение массы камня (можно без учёта погрешности)	(9)	1 балл
Учтены погрешности измерения массы и длин		1 балл
Найдена погрешность измерения массы камня	(8)	1 балл
Записан ответ с учётом погрешности измерений	(11)	1 балл

Примечания.

Если сила динамометра принята как 1,4 Н, то оценку не снижать, если 1,35 Н, то за этот пункт оценку не ставить, но на всех других этапах решения оценку за использование этого значения не снижать.

За отсутствие записи относительной погрешности в итоговом ответе оценку не снижать

Если при вычислениях участник учитывает все погрешности, то оценку не снижать.

Если итоговая погрешность записана с тремя и более значащими цифрами, то оценку за этот пункт снизить наполовину.

Если в итоговом ответе результат измерения и его погрешность записаны (точнее с различными минимальными разрядами числа (в нашем случае: с различным количеством цифр после запятой), то оценку за этот пункт снизить наполовину.

За вычислительную ошибку снижать наполовину количество баллов, указанное за соответствующих этап решения.

В случае получения дробного итогового балла за решение задачи, итоговый балл округлить до целого с избытком

Если используется другой, но корректный метод оценки погрешности, то оценку не снижать.