

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

Олимпиада им. Дж. К. Максвелла

Муниципальный этап. Калужская область

7 класс.

Решения задач и критерии оценки

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

1. График пути 7. Возможное решение.

Если опираться на размерность клеточек можно записать, что скорость на первом участке равна $v_1 = \frac{3 \text{ клетки пути}}{2 \text{ клетки времени}}$, на втором $v_2 = \frac{1 \text{ клетка пути}}{3 \text{ клетки времени}}$, на третьем $v_3 = \frac{2 \text{ клетки пути}}{2 \text{ клетки времени}}$, на четвертом $v_4 = \frac{1 \text{ клетка пути}}{4 \text{ клетки времени}}$. Сравнивая эти дроби, становится понятно, что медленнее всего тело двигалось на последнем участке. Значит $v_4 = 1,2 \text{ м/с}$.

Учтём, что $\frac{v_1}{v_4} = \frac{3}{2} : \frac{1}{4} = 6$, следовательно, $v_1 = 6v_4$, $v_1 = 7,2 \text{ м/с}$.

$\frac{v_2}{v_4} = \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = \frac{4}{3}$, следовательно, $v_2 = 1,6 \text{ м/с}$,

$\frac{v_3}{v_4} = \frac{2}{2} : \frac{1}{4} = 4$, следовательно, $v_3 = 4,8 \text{ м/с}$.

1. График пути 7. Рекомендуемые критерии оценки.

Установлено, что наименьшая скорость была на последнем участке	2 балла.
Выдвинута идея сравнения скоростей по тангенсу угла наклона графика, в том числе так как представлено в образце	2 балла
Нахождение скорости v_1	2 балла
Нахождение скорости v_2	2 балла
Нахождение скорости v_3	2 балла

2. Спидометры 7. Возможное решение.

$$v_1 = 150 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{150 \text{ м}}{3,6 \text{ с}} = 41,666 \dots \frac{\text{м}}{\text{с}} = 42 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_2 = 240 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{240 \text{ м}}{3,6 \text{ с}} = 66,666 \dots \frac{\text{м}}{\text{с}} = 67 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Более точными являются показания первого спидометра, поскольку цена деления его шкалы равна 5 км/ч, а цена деления шкалы второго спидометра равна 10 км/ч.

Поскольку цена деления первого спидометра в два раза меньше цены деления второго в два раза, значит и числовые значения, которые определяют по его показаниям, в два раза более точные.

2. Спидометры 7. Рекомендуемые критерии оценки.

Определение показаний скорости на первом спидометре в км/ч	1 балл
Определение показаний скорости на втором спидометре в км/ч	1 балл
Определение показаний скорости на первом спидометре в м/с	2 балла
Определение показаний скорости на втором спидометре в м/с	2 балла
Указание, что более точными являются показания первого спидометра	1 балл
Обоснование, что более точными являются показания первого спидометра	1 балл
Указание на величину, во сколько раз показания первого спидометра более точные, чем показания второго	2 балл
Примечание: Если скорость автомобиля, выраженная в м/с записана с четырьмя или более цифрами, то снизить оценку на 1 балл	

3. Средняя скорость 7. Возможное решение. $v_1 = 216 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{216 \text{ м}}{3,6 \text{ с}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$v_2 = \frac{v_1}{2} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}, \quad s_1 = \frac{5}{6} s, \quad s_2 = \frac{1}{12} s, \quad s_3 = s - s_1 - s_2 = \frac{1}{12} s,$$

$$t_1 = \frac{5s}{6v_1}, \quad ; \quad t_2 = \frac{s}{12v_2}, \quad t_3 = \frac{s}{12v_3} \quad v_{cp} = \frac{s}{t_1+t_2+t_3} \quad (1)$$

$$v_{cp} = \frac{s}{\frac{5s}{6v_1} + \frac{s}{12v_2} + \frac{s}{12v_3}} = \frac{1}{\frac{5}{6v_1} + \frac{1}{12v_2} + \frac{1}{12v_3}} = \frac{1}{\frac{5}{6 \cdot 60} + \frac{1}{12 \cdot 30} + \frac{1}{12 \cdot 2,5}} \quad (2)$$

$$v_{cp} = 22,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 81 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

3. Средняя скорость 7. Рекомендуемые критерии оценки.

Приведение единиц измерения скоростей к единообразию	1 балл
Запись общей формулы для нахождения средней скорости	1 балл
Нахождение скорости на втором участке	1 балл
Выражение пути на третьем участке через весь путь	1 балл
Выражение времени движения на каждом участке через соответствующие путь и скорость	1 балл
Вывод формулы (1)	1 балл
Вывод формулы (2)	1 балл
Получение итогового ответа	1 балл

Примечания:

Если задача решена численным методом для конкретных значений пути и времени, подобранных учащимся, и есть обоснованное указание, что для других значений пути и времени ответ будет такой же, то оценку не снижать.

При отсутствии этого указания ставить 5 баллов за задачу при наличии правильного ответа.

Если указание есть, но нет обоснования, то ставить 6 баллов.

4. На стадионе 7. Возможное решение.

Модель 1. Если они бежали в одну сторону, то Ира догоняла Витю со скоростью $3-2=1$ (м/с).

Следовательно, первая встреча произойдет через время $90 \text{ м} / 1 \text{ м/с} = 90 \text{ с} = 1,5 \text{ мин}$.

Каждая следующая встреча будет происходить через время, равное $180 \text{ м} / 1 \text{ м/с} = 180 \text{ с} = 3 \text{ мин}$.

Время, за которое Витя пробежал четыре круга равно $4 \cdot 180 \text{ м} / 2 \text{ м/с} = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}$.

За такой интервал времени они будут пробегать мимо друг друга лишь два раза: первый раз через 1,5 мин, второй раз – через 4,5 мин после начала движения. Следующий раз они должны были бы встретиться через 7,5 мин. Но Витя за это время уже успеет пробежать четыре круга.

Модель 2. Если они бежали в противоположных направлениях, то Ира бежала навстречу Вите со скоростью $3+2=5$ (м/с). Следовательно, первая встреча произойдет через время $90 \text{ м} / 5 \text{ м/с} = 18 \text{ с}$.

Каждая следующая встреча будет происходить через время, равное $180 \text{ м} / 5 \text{ м/с} = 36 \text{ с}$.

Время, за которое Витя пробежал четыре круга равно $4 \cdot 180 \text{ м} / 2 \text{ м/с} = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}$.

Количество встреч за это время находим из соотношения $(360 \text{ с} - 18 \text{ с}) / 36 \text{ с} = 9,5$.

Следовательно, пока Витя пробежит четыре круга Ира пробежит мимо него $1+9=10$ раз.

4. На стадионе 7. Рекомендуемые критерии оценки.

Указание, что сначала они были удалены на расстояние 90 м (вдоль дорожки)	1 балл
Выбор одной из моделей движения (в одном направлении или в противоположных)	1 балл
Определение относительной скорости	1 балл
Определение времени забега (за четыре круга Вити)	1 балл
Нахождение времени первой встречи	1 балл
Нахождение интервала времени между последующими встречами	1 балл
Выяснение количества встреч в данной модели движения	1 балл
Выбор второй модели движения и нахождение относительной скорости	1 балл
Нахождение времени первой встречи и времени между последующими встречами	1 балл
Выяснение количества встреч в данной модели движения	1 балл

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 клетки. 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 клеток $N_2 = 8$, оказавшихся между линией графика и осью абсцисс. Пройденный путь находим, умножая «площадь» одной клетки на сумму $(N_1 + 0,5N_2)$.

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

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

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 клеток 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.

$M_d = F_d \cdot l_d$ (1)

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

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

$$0,18 \text{ Н} \cdot \text{м} < M_d < 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \varepsilon_{M_d} = 8 \%$$
 (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

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

Итоговый ответ

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

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

Муниципальный этап. Калужская область

9 класс. Условия, решения, критерии, методические рекомендации

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

1. «Уронили-бросили 9» (10 баллов). Возможное решение.

Через 1 с после броска отвёртки коробка с саморезами находилась в полёте уже 2,5 с.

Поэтому она пролетела расстояние $L_1 = \frac{g(t_1+t_2)^2}{2} = \frac{10(1,5+1)^2}{2} = 31,25$ (м).

Расстояние, которое пролетела отвёртка $L_2 = v_2 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} = 20 \cdot 1 + \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 25$ (м).

Значит, расстояние между ними было $L = L_1 - L_2 = 31,25 - 25 = 6,25$ (м).

Для ответа на второй вопрос можно рассуждать следующим образом:

Когда саморезы и отвёртка окажутся на одном расстоянии от земли, то их перемещения будут одинаковыми. Зависимость перемещения саморезов от времени имеет вид $s_1 = \frac{g(t_1+t)^2}{2}$, а

перемещения отвёртки $s_2 = v_2 t + \frac{gt^2}{2}$. Находим время t_3 , через которое $s_1 = s_2$.

$$\frac{g(t_1 + t_3)^2}{2} = v_2 t_3 + \frac{gt_3^2}{2}$$

Домножаем на 2, раскрываем скобки и, сокращая, получаем $gt_1^2 + 2gt_1 t_3 = 2v_2 t_3$. Откуда

$$t_3 = \frac{gt_1^2}{2(v_2 - gt_1)} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{2(20 - 10 \cdot 1,5)} = 2,25 \text{ (с)}$$

Прежде чем принять этот ответ за правильный надо проверить, а не изменился ли характер движения падающих тел. Найдём время t_4 падения саморезов. Обозначим H высоту от альпиниста до земли. Тогда $H = \frac{g(t_1+t_4)^2}{2}$. Отсюда $t_4 = \sqrt{\frac{2H}{g}} - t_1 = \sqrt{12} - 1,5 \approx 1,97$ (с)

Значит, через 2 с после броска отвёртки саморезы уже лежали на земле. Найдём время t_5 падения отвёртки $H = v_2 t_5 + \frac{gt_5^2}{2}$. Подставив числа, решаем квадратное уравнение $60 = 20t_5 + 5t_5^2$. Получаем, что $t_5 = 2$ с. Значит, уже через 2 с оба предмета будут на одной высоте над землёй, лежать на земле.

1. «Уронили-бросили 9». Рекомендуемые критерии оценки.

За правильный ответ на первый вопрос 5 баллов.

Подробнее:

Запись хотя бы одного уравнения равноускоренного падения на землю 1 балл

Учёт разности во времени полёта отвёртки и саморезов 1 балл

Примечание: задачу можно было решать, перейдя в систему отсчёта саморезов или отвёртки.

За правильный ответ на второй вопрос 5 баллов

Подробнее:

Если не была сделана проверка на окончание момента падения, т.е. найдено значение $t_3 = 2,25$ (с)), то за этот ответ ставить **не более 2 баллов**.

Поскольку вариантов решения может быть несколько, то члены муниципальной комиссии могут самостоятельно конкретизировать критерии оценки и записать эти критерии, чтобы можно было довести их до сведения учащихся, а также региональной предметной комиссии в случае выдвижения участника в число кандидатов на участие в региональном этапе олимпиады.

2. «Гайка и пластилин» 9 (10 баллов). Возможное решение.

Метод 1. Делаем из пластилина геометрически правильную фигурку, например, параллелепипед. Измеряем его длину, ширину и высоту и находим объём. Затем облепляем этим пластилином все имеющиеся гайки, снова придаём ему геометрически правильную форму, измеряем линейкой длину ширину и высоту и находим суммарный объём пластилина и гаек. По

разности объёмов находим объём всех гаек, помещённых внутрь пластилина. Делим это значение на число гаек и находим объём одной гайки.

Способы повышения точности:

- 1) стараемся придать пластилину как можно более правильную форму параллелепипеда;
- 2) делаем несколько раз из пластилина различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;
- 3) помещаем внутрь пластилина все гайки, которые могут в него поместиться;
- 4) делаем несколько раз из пластилина с гайками различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;

Метод 2. Лепим из пластилина копию гайки. Делаем из пластилина геометрически правильную фигурку, например, параллелепипед. Измеряем его длину, ширину и высоту и находим объём. Считаем, что объём пластилина равен объёму гайки.

Способы повышения точности:

- 1) делаем из пластилина максимально возможное количество копий, затем слепляем эти копии вместе, стараемся придать пластилину как можно более правильную форму параллелепипеда;
- 2) делаем несколько раз из пластилина различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;

2. «Гайка и пластилин» 9 (10 баллов). *Рекомендуемые критерии оценки.*

Если придуман только один метод (любой, в том числе оригинальный) 3 балла, за каждый следующий метод оценка повышается на 2 балла, Если предлагается использовать несколько гаек (или сделать несколько моделей гаек из пластилина, то добавляется 2 балла. Если предлагается несколько повторных измерений объёма пластилина и находить среднее арифметическое, то добавляется 2 балла. Если указывается на необходимость как можно более ровных граней пластилина, то добавить 1 балл.

Общая оценка за задачу не должна превышать 10 баллов.

3. «График скорости 9» *Возможное решение.* Ускорение можно найти по формуле $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Если опираться на размерность клеточек можно записать, что ускорение на первом участке равна $a_1 = \frac{3 \text{ клетки скорости}}{2 \text{ клетки времени}}$, на втором $a_2 = \frac{1 \text{ клетка скорости}}{3 \text{ клетки времени}}$, на третьем $a_3 = \frac{2 \text{ клетки скорости}}{2 \text{ клетки времени}}$, на четвёртом $a_4 = \frac{1 \text{ клетка скорости}}{4 \text{ клетки времени}}$.

Следовательно, $\frac{a_1}{a_2} = \frac{3}{2} : \frac{1}{3} = 4,5$ и $a_1 = 4,5 a_2 = 14,4 \text{ м/с}^2$, $\frac{a_3}{a_2} = \frac{2}{2} : \frac{1}{3} = 3$ и $a_3 = 9,6 \text{ м/с}^2$,

$\frac{a_4}{a_2} = \frac{1}{4} : \frac{1}{3} = \frac{3}{4}$, следовательно, $a_4 = 2,4 \text{ м/с}^2$.

Перемещение можно найти, опираясь на взаимосвязь скоростей в начале каждого участка и в конце, с ускорениями и перемещениями, но это долго. Проще найти как площадь под графиком. Заметим, что площадь под графиком второго участка равна 10,5 клеточек, а площадь под всей линией графика равна $(0,5 \cdot 3 \cdot 2 + 0,5 \cdot (3 + 4) \cdot 3 + 0,5 \cdot (4 + 6) \cdot 2 + 0,5 \cdot (6 + 7) \cdot 4) = 49,5$ клеток. Значит полное перемещение больше перемещения на втором участке во столько раз во сколько 49,5 больше 10,5 $s = 210 \text{ м} \cdot 49,5 : 10,5 = 990 \text{ м}$

3. «График скорости 9» *Рекомендуемые критерии оценки.*

Записана формула взаимосвязи ускорения с изменением скорости и соответствующим интервалом времени.

2 балла

Выдвинута идея сравнения ускорений по тангенсу угла наклона графика, в том числе так, как представлено в образце

2 балла

Нахождение ускорения a_1

1 балл

Нахождение скорости a_3

1 балл

Нахождение скорости a_4

1 балл

Предложен способ нахождения перемещения (например, по площади под графиком) 1 балл
 Найдено значение перемещения 2 балла

4. «Электрическая схема 9» Возможное решение.

Общее сопротивление равно $R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3}$. Напряжение на вольтметре равно сумме напряжений на левом резисторе и на среднем резисторе. Сила тока через левый резистор равна силе тока через амперметр. Значит напряжение на левом резисторе равно $1,5 \text{ А} \cdot 12 \text{ Ом} = 18 \text{ В}$. Через средний резистор идёт ток в три раза меньше, чем через амперметр. Значит напряжение на нём $0,5 \text{ А} \cdot 12 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$. Следовательно, напряжение на вольтметре равно $18 \text{ В} + 6 \text{ В} = 24 \text{ В}$

4. «Электрическая схема 9» Рекомендуемые критерии оценки.

Имеется запись или применяется без записи закон Ома для участка цепи 1 балл
 Найдено сопротивление участка с двумя последовательно включенными резисторами 1 балл
 Найдено общее сопротивление участка цепи 2 балла
 Показано, что сила тока через средний резистор составляет треть от общей силы тока. 2 балла
 Найдено напряжение на левом резисторе 1 балл
 Найдено напряжение на среднем резисторе 1 балл
 Получен правильный ответ. 2 балла

5. «В термосе 9» Возможное решение

Уравнение теплового баланса для первого случая имеет вид

$$\begin{aligned} c_B m_B (t_1 - t_{y1}) &= (\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)) m_L & (1) \\ \frac{m_B}{m_L} &= \frac{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)}{c_B (t_1 - t_{y1})} = \frac{\lambda}{c_B (t_1 - t_{y1})} + \frac{(t_{y1} - t_2)}{(t_1 - t_{y1})} \\ \frac{m_1}{m_L} &= \frac{336000}{4200(32 - 16)} + \frac{(16 - 0)}{(32 - 16)} = 6 \end{aligned}$$

Уравнение теплового баланса для второго случая имеет вид

$$c_B (m_B + m_L) (t_{y1} - t_{y2}) = (\lambda + c_B (t_{y2} - t_2)) m_L \quad (2)$$

Перепишем (2)

$$c_B m_B (t_{y1} - t_{y2}) = (\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1})) m_L \quad (3)$$

Разделим (3) на (1), получаем

$$\frac{c_B m_B (t_{y1} - t_{y2})}{c_B m_B (t_1 - t_{y1})} = \frac{(\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1})) m_L}{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)) m_L}$$

Сокращаем и получаем

$$\frac{(t_{y1} - t_{y2})}{(t_1 - t_{y1})} = \frac{(\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1}))}{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)}$$

Подставим числовые данные

$$\begin{aligned} \frac{(16 - t_{y2})}{(32 - 16)} &= \frac{(336000 + 4200(2t_{y2} - 0 - 16))}{336000 + 4200(16 - 0)} \\ 403200 - 336000 + 67200 &= (8400 + 25200)t_{y2} \\ 403200 - 25200t_{y2} &= 336000 + 4200(2t_{y2} - 16) \end{aligned}$$

После преобразований и вычислений получаем $t_{y2} = 4^\circ\text{C}$

5. «В термосе 9» Рекомендуемые критерии оценки

За правильный ответ на первый вопрос 5 баллов.

Подробнее:

Запись хотя бы одного уравнения для нагрева или плавления тела 1 балл
 Запись уравнения теплового баланса для утра 1 балл
 Получение расчётной формулы 2 балла
 Получение правильного ответа 1 балл

За правильный ответ на второй вопрос 5 баллов

Подробнее:

Запись уравнения теплового баланса для второго случая

2 балла

Преобразование к виду удобному для вычислений

2 балла

Получен правильный ответ.....

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 уч. год.
Муниципальный этап. Калужская область
10 класс.

Решения задач и критерии оценки

Задание 5 разработано доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красиным.

1. Беговая дорожка 10. Возможное решение

1. Введем обозначения: R - радиус окружности, v - скорость, приобретенная за время движения по диаметру. Путь, пройденный на прямолинейном этапе равен $2R$. С учетом, что начальная скорость равно нулю, выразим ускорение на прямолинейном участке a_1 из формул равноускоренного движения:

$$v = a_1 t_1, \quad (1)$$

$$2R = \frac{a_1 t_1^2}{2}. \quad (2)$$

Здесь t_1 – время движения по диаметру, но можно сразу использовать формулу «путь без времени»

$$a_1 = \frac{v^2}{2 \cdot 2R} = \frac{v^2}{4R}. \quad (3)$$

При движении по дуге окружности центростремительное ускорение спортсмена

$$a_2 = \frac{v^2}{R}. \quad (4)$$

Отношение ускорений

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{4}.$$

2. Время движения по диаметру АВ можно найти из уравнений (1) - (2), решая их относительно t_1 :

$$t_1 = \frac{4R}{v}. \quad (5)$$

Путь спортсмена при движении по дуге от точки В в точку А равен половине длины окружности πR . Время движения на пути ВА

$$t_2 = \frac{\pi R}{v}. \quad (6)$$

Искомое отношение $\frac{t_1}{t_2} = \frac{4}{\pi}$.

1. Беговая дорожка 10. Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи (10 баллов), складывается из оценок за каждую из частей задачи. Если учащийся определяет и (или) указывает в качестве ответа отношения величин, обратные тем, что указаны в заданиях (например, отношение ускорения на криволинейном участке к ускорению на прямолинейном), но из решения видно правильное понимание им описанной в задаче ситуации, то оценка не снижается.

1. За решение **первой части** задачи (определение отношения ускорений на прямолинейном и криволинейном участках) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае –соотношения (1) , (2), (3), (4) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления,получен верный числовой ответ –**5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях –**4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение части задачи (определение отношения времен движения на прямолинейном и криволинейном участках) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения (1)-(3), (6) или эквивалентные им) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. Нагреватель 10. Возможное решение

1. Из графика на рисунке видно, что во время третьей минуты нагреватель работал с постоянной мощностью $P = 100$ Вт, выделив за это время ($\Delta\tau_1 = 1$ мин = 60 с) количество теплоты

$$Q_1 = P\Delta\tau_1. \quad (1)$$

Это тепло пошло на нагревание воды и калориметра от температуры $t_1 = 30$ °С до искомой температуры t_2

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) + C(t_2 - t_1). \quad (2)$$

Приравнявая (1) и (2), получаем

$$P\Delta\tau = (cm + C)(t_2 - t_1) \quad (3)$$
$$t_2 = t_1 + \frac{P\Delta\tau_1}{cm + C}.$$

Вычисления:

$$t_2 = 30 + \frac{100 \cdot 60}{4200 \cdot 0,2 + 160} = 36 \text{ (°C)}.$$

2. Под мощностью в данном случае подразумевается количество теплоты, выделяемое нагревателем за единицу времени, то есть как скорость передачи тепла. Используя аналогию со скоростью при неравномерном движении, можно прийти к пониманию, что количество теплоты, выделившееся за все время работы $\Delta\tau = 5$ мин = 300 с равно площади под графиком (трапеция):

$$Q = \frac{\Delta\tau_1 + \Delta\tau}{2} P. \quad (4)$$

Это количество теплоты расходуется на нагрев системы (вода и калориметр)

$$Q = (cm + C)\Delta t. \quad (5)$$

Приравнявая (4) и (5), получаем

$$\frac{\Delta\tau_1 + \Delta\tau}{2} P = (cm + C)\Delta t. (6)$$
$$\Delta t = \frac{(\Delta\tau_1 + \Delta\tau)P}{2(cm + C)}.$$

Вычисления:

$$\Delta t = \frac{(60 + 300) \cdot 100}{2 \cdot (4200 \cdot 0,2 + 160)} = 18 (^{\circ}\text{C}).$$

2. Нагреватель 10. Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение температуры к концу третьей минуты при работе нагревателя с постоянной мощностью) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения (1) – (3) или эквивалентные им) записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графиков, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или вычисления не завершены – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графиков, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (определение изменения температуры за все время работы нагревателя) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика (в данном случае учтено, что мощность была не постоянна, использован физический смысл площади под графиком как количества теплоты, выделенного нагревателем (4), либо другим путем получено эквивалентное ему соотношение), соотношения, отражающие физические законы и закономерности (5)–(6) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или вычисления не завершены – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графиков, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

3. Проволочный каркас 10. Возможное решение

Обозначим длины сторон $|AB| = a, |BC| = b$, а сопротивления отрезков проволоки, равных длине сторон соответственно R_a и R_b . Сопротивление проводника пропорционально его длине. Так как каркас однородный, то удельное сопротивление проволоки ρ и площадь ее поперечного сечения S одинаковы, поэтому

$$R_a = \rho \frac{a}{S}, \quad R_b = \rho \frac{b}{S}. \quad (1)$$

Сопротивление, измеренное между точками А и В (параллельно соединяются два участка: сторона АВ и сумма трех остальных сторон, то есть R_a и $R_b + R_a + R_b = 2R_b + R_a$):

$$R_1 = \frac{R_a(2R_b + R_a)}{2(R_a + R_b)}. \quad (2)$$

Сопротивление, измеренное между точками В и С (параллельное соединение R_b и суммы сопротивлений $R_a + R_b + R_a = 2R_a + R_b$):

$$R_2 = \frac{R_b(2R_a + R_b)}{2(R_a + R_b)}. \quad (3)$$

Отношение сопротивлений

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_b(2R_a + R_b)}{R_a(2R_b + R_a)}$$

С учетом (1)

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{b(2a + b)}{a(2b + a)}.$$

По условию это отношение равно 1,6.

$$\frac{b(2a + b)}{a(2b + a)} = 1,6;$$

$$2ab + b^2 = 1,6(2ab + a^2);$$

$$b^2 - 1,2ab - 1,6a^2 = 0.$$

Обозначив отношение сторон $x = b/a$, получим квадратное уравнение

$$x^2 - 1,2x - 1,6 = 0.$$

Физический смысл имеет его положительный корень $x = 2$.

Следовательно, сторона ВС длиннее стороны АВ в 2 раза.

2. Сопротивление, измеренное между точками А и С (параллельно соединяются два участка, сопротивления каждого из которых $R_a + R_b$):

$$R_3 = \frac{R_a + R_b}{2}. \quad (4)$$

Отношение сопротивлений

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{(R_a + R_b)^2}{R_a(2R_b + R_a)}.$$

С учетом (1)

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{(a + b)^2}{a(2b + a)}.$$

Поскольку $b = 2a$

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{(a + 2a)^2}{a(4 + a)} = \frac{9}{5} = 1,8.$$

3. Проволочный каркас 10. Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи– 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение первой части задачи (определить отношение сторон) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности, геометрию проводника (в данном случае – связь сопротивления с длиной проводника (1), выражения для измеренных сопротивлений для каждого случая соотношения (2) - (3) или эквивалентные им) записаны или учтены верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ– **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях–**4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение –**2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)- **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение второй части задачи (определение отношения сопротивлений) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности, геометрию проводника (в данном случае – связь сопротивления с длиной проводника (1), выражения для измеренных сопротивлений для каждого случая соотношения (2), (4) или эквивалентные им) записаны или учтены верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ– **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях–**4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

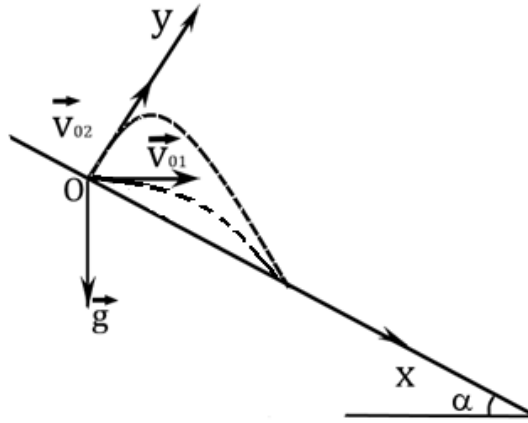
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение –**2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)- **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

4. Бросок на склоне 10. Возможное решение

1. Выберем систему отсчета, связанную с поверхностью холма. Введем систему координат с началом в точке бросания О. Ось Х направим вдоль поверхности холма, ось У перпендикулярно ей (см. рисунок).



Уравнения движения в координатной форме в проекциях на ось Y для первого и второго камня:

$$y_1 = (v_0 \sin \alpha)t - \frac{(g \cos \alpha)t^2}{2}; \quad (1)$$

$$y_2 = v_0 t - \frac{(g \cos \alpha)t^2}{2}. \quad (2)$$

Когда камни упадут на поверхность

$$y_1 = 0; \quad y_2 = 0. \quad (3)$$

Время полета первого камня найдем из уравнения (1) с учетом (3)

$$(v_0 \sin \alpha)t - \frac{(g \cos \alpha)t^2}{2} = 0.$$

Нулевое значение t соответствует начальному моменту времени, а время полета

$$t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}. \quad (4)$$

Аналогично для второго камня

$$v_0 t - \frac{(g \cos \alpha)t^2}{2} = 0;$$

$$t_2 = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}. \quad (5)$$

Очевидно, что $t_2 > t_1$, то есть первый камень упадет быстрее и опередит второй на

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2v_0(1 - \sin \alpha)}{g \cos \alpha}.$$

Вычисления

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 10(1 - \frac{1}{2})}{9.8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 1,2 \text{ (с)}.$$

2. Уравнения движения в координатной форме в проекциях на ось X для первого и второго камня:

$$x_1 = (v_0 \cos \alpha)t + \frac{(g \sin \alpha)t^2}{2}; \quad (6)$$

$$x_2 = \frac{(g \sin \alpha)t^2}{2}; \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7), подставляя в них (4) и (5), найдем координаты по оси X для каждого камня в момент падения равные расстоянию от точки бросания до точки падения

$$S_1 = x_1(t_1) = (v_0 \cos \alpha) \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} + \frac{(g \sin \alpha) \left(\frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} \right)^2}{2} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}.$$

$$S_2 = x_2(t_2) = \frac{(g \sin \alpha) \left(\frac{2v_0}{g \cos \alpha} \right)^2}{2} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

Таким образом, камни упадут в одну точку и расстояние между ними будет равно 0.

$$\Delta S = S_2 - S_1 = 0$$

4. Бросок на склоне 10. Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи (10 баллов), складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение очередности падения камней и разности времен полета) **максимальная оценка составляет 6 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае –соотношения (1), (2), условия (3) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ –**6баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях–**5баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **4 балла**;

- записаны все соотношения, отражающие физические законы и закономерности, но в одном из них допущена ошибка, поэтому после преобразований и вычислений получен неверный ответ – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеется более одной физические ошибки–**2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения - **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (определение расстояния между точками падения камней) **максимальная оценка составляет 4 балла**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае –соотношения (6), (7), (4), (5) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ –**4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются ошибки в математических преобразованиях или арифметические ошибки в вычислениях– **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение –**2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)- **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

5. Рычаг 10. Возможное решение.

Условие равновесия рычага $m_1gl_1 - m_kgl_k + m_2gl_2 - m_3gl_3 = 0$ (1)

Значения масс, измеренные на весах

$$m_1 = 65,14 \text{ г} \pm 0,03 \text{ г}, \quad m_2 = 53,31 \text{ г} \pm 0,03 \text{ г}, \quad m_3 = 98,12 \text{ г} \pm 0,03 \text{ г} \quad (2)$$

Значения длин с учётом числовых значений, указанных на рычаге

$$l_1 = 450 \text{ мм} \pm 4 \text{ мм}, \quad l_k = 350 \text{ мм} \pm 4 \text{ мм}, \quad l_2 = 200 \text{ мм} \pm 4 \text{ мм}, \quad l_3 = 250 \text{ мм} \pm 4 \text{ мм} \quad (3)$$

Получается, что масса камня

$$m_k = \frac{m_1l_1 + m_2l_2 - m_3l_3}{l_k} \quad (4)$$

Без учёта погрешностей получается

$$m_k = \frac{65,14 \text{ г} \cdot 450 \text{ мм} + 53,31 \text{ г} \cdot 200 \text{ мм} - 98,12 \text{ г} \cdot 250 \text{ мм}}{350 \text{ мм}} \quad m_k = 44,13 \text{ г} \quad (5)$$

Прежде, чем считать с учётом погрешности заметим, что наименьшая относительная погрешность измерения длины, равная $\varepsilon_{l2} = \frac{4 \text{ мм}}{200 \text{ мм}} \cdot 100 \% = 2 \%$, больше наибольшей относительной погрешности $\varepsilon_{m2} = \frac{0,03 \text{ г}}{53,31 \text{ г}} \cdot 100 \% = 0,06 \%$, более, чем в 3 раза. Следовательно, погрешностями измерения масс на весах можно пренебречь.

Верхнюю границу массы камня определяем по формуле

$$m_{\text{кВГ}} = \frac{65,14 \text{ г} \cdot 454 \text{ мм} + 53,31 \text{ г} \cdot 204 \text{ мм} - 98,12 \text{ г} \cdot 246 \text{ мм}}{346 \text{ мм}} \quad m_{\text{кВГ}} = 47,14 \text{ г}$$

Нижнюю границу

$$m_{\text{кНГ}} = \frac{65,14 \text{ г} \cdot 446 \text{ мм} + 53,31 \text{ г} \cdot 196 \text{ мм} - 98,12 \text{ г} \cdot 254 \text{ мм}}{354 \text{ мм}} \quad m_{\text{кНГ}} = 41,18 \text{ г}$$

$$\text{Погрешность измерения } \Delta m_k = 0,5(m_{\text{кВГ}} - m_{\text{кНГ}}) = 0,5(47,14 - 41,18) \text{ г} = 3 \text{ г} \quad (6)$$

$$\text{Измеренное значение } m_k = 0,5(m_{\text{кВГ}} + m_{\text{кНГ}}) = 0,5(47,14 + 41,18) \text{ г} = 44 \text{ г}$$

$$\text{Относительная погрешность } \varepsilon_{m_k} = \frac{3 \text{ г}}{44 \text{ г}} \cdot 100 \% = 6,8 \dots \% = 7 \%,$$

$$\text{Итоговый ответ } m_k = 44 \text{ г} \pm 3 \text{ г}, \varepsilon_{m_k} = 7 \% \quad \text{или} \quad 41 \text{ г} \leq m_k \leq 47 \text{ г}, \varepsilon_{m_k} = 7 \% \quad (7)$$

5. Рычаг 10. Рекомендуемые критерии оценки.

Записана хотя бы одна формула расчёта момента силы	(1)	1 балл
Записано правило моментов	(1)	2 балла
Записана формула для вычисления массы камня без учёта погрешности	(4)	1 балл
Найдено числовое значение массы камня без учёта погрешности	(5)	1 балл
Учтены погрешности измерения масс	(2)	1 балл
Учтены погрешности измерения длин	(3)	1 балл
Найдена погрешность измерения массы камня	(6)	1 балл
Записан ответ с учётом погрешности измерений	(7)	2 балла

Примечания.

За отсутствие записи относительной погрешности в итоговом ответе оценку не снижать

Если погрешность измерения длины принята 2 мм или 8 мм оценку не снижать.

Если погрешность измерения массы камня вычисляется через относительные погрешности оценку не снижать.

Если погрешность измерения груза на весах принята 1 г или 3 г, то за этот пункт оценку не ставить, но оценку за последующие этапы 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** его следует округлить до целого с избытком.

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

Муниципальный этап. Калужская область

11 класс.

Решения задач и критерии оценки

Задания 1-4 разработаны доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красиным

1. «Камни» 11 (10 баллов). Возможное решение.

Ответ на первый вопрос: Уравнение скорости первого камня $\vec{v}_1 = \vec{v}_{01} + \vec{g}t$, (1)

а второго $\vec{v}_2 = \vec{v}_{02} + \vec{g}t$.

Скорость первого относительно второго равна $\vec{v}_{1\text{отн}2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$, (2)

Поэтому $\vec{v}_{1\text{отн}2} = \vec{v}_{01} - \vec{v}_{02}$. (3)

Скорости расположены во взаимно перпендикулярных областях, поэтому

$$v_{1\text{отн}2} = \sqrt{v_{01}^2 + v_{02}^2}, \quad (4)$$

$v_{1\text{отн}2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25$ (м/с) и она была постоянна всё время, пока камни оба падали, т.е. и через 2 с. (5)

Ответ на второй вопрос: Найдём время падения камней. Уравнения зависимости высоты камней над горизонтом имеют вид $h_1 = h_0 + v_{01} \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{g}{2}t^2$, (6)

$$h_2 = h_0 + v_{02} \cdot \sin\beta \cdot t - \frac{g}{2}t^2 \quad (7)$$

В момент падения высота камня становится равной нулю. Поэтому время падения первого камня находим по формуле $0 = 30 + 20 \cdot \sin 30^\circ \cdot t_1 - 5t_1^2$, откуда $t_1 \approx 3,45$ с, а второго $0 = 30 + 15 \cdot \sin 15^\circ \cdot t_2 - 5t_2^2$, откуда $t_2 \approx 2,66$ с.

Значит, через 3 с второй камень уже упадёт на землю, а первый, ещё будет в полёте.

Если ввести координатные оси X – в направлении горизонтального смещения первого камня, Y – вертикально, а Z – в направлении горизонтального смещения второго камня, то расстояние между камнями можно найти по формуле $s = \sqrt{z_2^2 + x_1^2 + y_1^2}$, (8)

где z_2 – дальность полёта второго камня за $t_2 \approx 2,66$ с, x_1 – смещение первого камня по горизонтали за 3 с, y_1 – высота над землёй первого камня через 3 с.

Поскольку дом окружён мягкой травяной поверхностью, то можно считать, что после падения второго камня на такую поверхность он прекращает движение, поэтому дальность полёта второго камня находим по формуле $z_2 = v_{02} \cdot \cos\beta \cdot t_2 = 15 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2,66 = 38,5$ (м) (9)

Смещение первого камня по горизонтали находим по формуле

$$x_1 = v_{01} \cdot \cos\alpha \cdot t_2 = 20 \cdot \cos 30^\circ \cdot 3 = 52,0 \text{ (м)} \quad (10)$$

Высоту первого камня над землёй находим по формуле

$$y_1 = h_0 + v_{01} \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{g}{2}t^2 = 30 + 20 \cdot 0,5 \cdot 3 - 5 \cdot 9 = 15,0 \text{ (м)} \quad (11)$$

$$\text{Получаем } s = \sqrt{38,5^2 + 52^2 + 15^2} \approx 66 \text{ (м)} \quad (12)$$

1. «Камни» 11 (10 баллов). Рекомендованные критерии оценки:

За правильный ответ на первый вопрос ставить 5 баллов, в том числе

За каждый пункт (1) – (5) ставить 1 балл.

Примечание: Если не сделана проверка на возможность прекращения движения камней из-за их падения на землю (в том числе при ответе на второй вопрос), то итоговая оценка за ответ на этот вопрос не должна превышать 4 баллов.

За правильный ответ на второй вопрос ставить 5 баллов, в том числе,

За нахождение времени полёта камней ставить 1 балл.

За каждый пункт (9) – (12) ставить 1 балл

Примечание: Если расстояние между камнями найдено методом умножения относительной скорости камней на время 3 с (ошибочным для данного случая), то за ответ на второй вопрос ставить не более 2 баллов.

2. «Гайка и пластилин» 11 Возможное решение.

Метод 1. Вдавливаем в пластилин гайку (две гайки) так, чтобы сверху гайка оставалась открытой. Аккуратно вытаскиваем гайку (гайки) из пластилина. Заливаем в оставшееся от гайки (гаек) углубление воду из мензурки. Замечаем уровень воды в мензурке. Выливаем воду из пластилина обратно в мензурку. По разности уровней воды в мензурке с учётом цены деления находим объём гайки.

Способы повышения точности:

- 1) перед погружением гайки в пластилин смачиваем её водой, чтобы пластилин меньше прилипал;
- 2) при вытаскивании гайки, следим, чтобы объём углубления почти не изменялся
- 3) используем обе гайки
- 4) повторяем опыт несколько раз, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;

Метод 2. Лепим из пластилина копию гайки (гаек). Затем из этой копии гайки делаем трубочку, которая сможет поместиться в мензурку. Замечаем начальный объём воды в мензурке. Погружаем в неё пластилин. Замечаем объём воды и пластилина в мензурке. По разности объёмов находим объём пластилина, с помощью которого была создана модель гайки. Считаем его равным объёму гайки.

Способы повышения точности:

- 1) делаем из пластилина максимально возможное количество копий, затем слепляем эти копии вместе, делаем из этого пластилина трубочку и опускаем её в мензурку;
- 2) повторяем опыт несколько раз и находим среднее арифметическое значений, полученных в этих опытах;

2. «Гайка и пластилин» 11 Рекомендуемые критерии оценки.

Если придуман только один метод (любой, в том числе оригинальный) ставить 3 балла, за каждый следующий метод оценка повышается на 2 балла, Если предлагается использовать несколько гаек или сделать несколько моделей гаек из пластилина, то добавляется по 2 балла.

Если предлагается несколько повторных измерений объёма пластилина и находить среднее арифметическое, то добавляется по 1 баллу

Если указывается на целесообразность смочить водой гайки перед погружением в пластилин, то добавить 1 балл. Если указывается на необходимость контроля за сохранением объёма углубления от гайки, то добавляется 1 балл

Общая оценка за задачу не должна превышать 10 баллов.

3. «Цикл» 11. Возможное решение.

Ответ 1)

1-2 изотермический процесс. Линию этого процесса на графике можно считать гиперболой, т.к. она проходит через точки с координатами (1;6), (2;3); (3;2); (6;1), следовательно, объём обратно пропорционален давлению, что характерно для изотермического процесса.

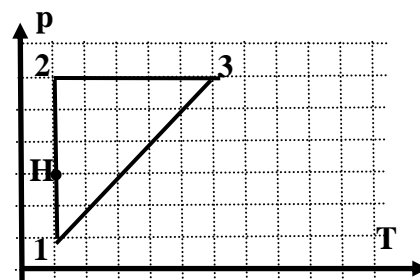
2-3 изобарический процесс. По графику видно, что давление в этом процессе не меняется

3-1 изохорический процесс. По графику видно, что объём в этом процессе не меняется

Ответ 2)

Точка 1 соответствует состоянию с минимальным давлением (это видно из графика) и минимальной температуре, т.к. в процессе 1-2 температура не меняется, в процессе 2-3 увеличивается объём при постоянном давлении, а это возможно только при увеличении температуры, в процессе 1-3 увеличивается давление при постоянном объёме, а это возможно только при увеличении температуры. Поэтому точку 1 изображаем с наименьшими координатами.

В процессе 2-3 возрастает объём в 6 раз при неизменном давлении, значит и температура возрастает в 6 раз, что и отражено на графике.



Проверяем, что линия 3-1 проходит через начало координат, что является признаком изохорного процесса.

Точка Н расположена на участке изотермического процесса. На графике видно, что давление в этой точке в 3 раза больше, чем в точке 1. Это позволяет определить положение точки Н на графике в р-Т координатах.

Ответ 3) Уже отмечалось, что наименьшая температура соответствует участку 1-2. На участке 2-3 давление возрастает в 6 раз при неизменном объёме, значит (согласно уравнению Менделеева-Клапейрона) температура тоже возрастает в 6 раз. Затем на участке 3-1 температура уменьшается. Следовательно, наибольшая температура в 6 раз больше наименьшей. Наименьшая температура равна $37+273=310$ К, следовательно, наибольшая равна 1860 К.

Ответ 4) Про параметры газа известно очень мало, но работу газа можно найти по площади под графиком. Площадь, ограниченная линией цикла, занимает 15 целых клеточек и 7 неполных, значит, её можно считать равной $15+0,5\cdot 7=18,5$ клеточек. Учитывая, что работа газа за цикл равна 185 кДж, делаем вывод, что одна клеточка соответствует работе газа в 10 кДж. Работа газа на участке 3-1 равна нулю, т.к. это изохорический процесс. Работу газа в процессе 2-3 находим как площадь фигуры, ограниченной линией графика процесса, осью V и горизонтальными линиями, проецирующими точки 2 и 3 на ось V. Она равна 30 клеткам, значит работа на этом участке равна приблизительно 300 кДж. Эта работа положительная, т.к. объём газа увеличивается. Работу газа на участке 1-2 можно найти также, а можно учесть, что работа за цикл есть сумма работ на каждом участке, значит работа на этом участке равна $185 \text{ кДж} - 300 \text{ кДж} = -115 \text{ кДж}$. Работа отрицательна, т.к. объём газа уменьшается.

3. «Цикл» 11. Рекомендуемые критерии оценки.

Ответ на вопрос 1) 3 балла в случае обоснования, что процесс 1-2 изотермический с указанием на координаты трёх и более точек его линии на графике. **Или 2 балла** в случае правильного указания процессов, но недостаточно аргументированного обоснования. **Или 1 балл** при отсутствии обоснований.

Ответ на вопрос 2) 3 балла в случае правильного изображения графиков процессов с учётом масштабов и наличия корректного обоснования. **Или 2 балла** в случае правильного изображения графиков процессов с учётом масштабов, но неудачного обоснования. **Или 1 балл** в случае правильного изображения графиков процессов с учётом масштабов, но при отсутствии обоснований. **Или 1 балл** в случае правильного указания процессов с нарушением масштабов (вне зависимости от наличия обоснований).

За указание положения точки Н добавить 1 балл при наличии обоснования её положения. Если обоснования нет, то даже за правильное указание точки Н баллы не начислять.

Ответ на вопрос 3) 2 балла в случае обоснования. **Или 1 балл**, если факт увеличения температуры в 6 раз установлен, но не был сделан перевод температуры в кельвины. **Или 1 балл**, если рассуждения и обоснования правильные, но сделана математическая ошибка при подсчёте клеточек и (или) переводе температуры.

Ответ на вопрос 4) 2 балла в случае нахождения работы на всех участках. При этом не снижать оценку, если площадь фигуры, ограниченной линиями 1-2-3-1, принята равной 18 или 19 клеточек.

Или 1 балл,

- если работа при изотермическом процессе указана со знаком +
- если сделана ошибка при подсчёте площади фигуры ограниченной линиями цикла;
- если при расчёте работ изотермического и изобарического процессов участник ошибочно находил площадь фигуры между соответствующей линией графика и осью р.

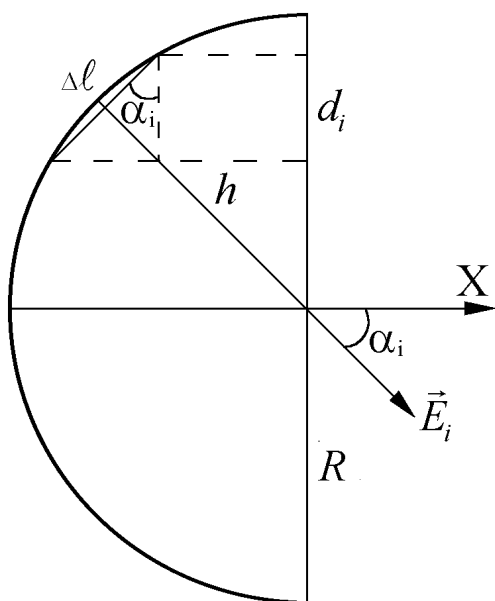
4. «Дуга и точка» 11. Возможное решение.

Ответ на вопрос 1)

Для случая удаления на расстояние $100 R$, размерами проволоки можно пренебречь. Поэтому можно применить закон Кулона, согласно которому $F_1 = k \frac{qq_0}{10000R^2}$

Ответ на вопрос 2)

Когда заряд окажется в центре окружности проволоку уже нельзя считать материальной точкой. Чтобы можно было воспользоваться законом Кулона, разобьём дугу на N малых равных частей длиной $\Delta l = \frac{\pi R}{N}$. Заряд на каждой части равен $\Delta q = \frac{q}{\pi R} \cdot \Delta l$. Напряжённость поля в центре окружности будет равна векторной сумме напряжённостей, создаваемых в этой точке каждым зарядом Δq . Из соображений симметрии делаем вывод, что напряжённость будет направлена вдоль оси симметрии этой полуокружности. Проведём вдоль оси симметрии координатную ось X . Тогда можно утверждать, что модуль напряжённости будет равен сумме проекций напряжённостей зарядов всех малых участков проволоки.



Заменим каждый участок дуги соответствующей хордой. Будем считать, что заряд этого участка дуги сосредоточен в центре хорды. Таким образом, от заряженной проволоки перейдем к системе точечных зарядов. Модуль напряжённости поля каждого такого заряда. Проведем апофемы h к середине каждой хорды. Тогда модуль напряженности поля каждого заряда в центре окружности можно рассчитать по формуле $E_i = k \frac{\Delta q}{h^2}$. Проекция вектора напряжённости на ось X будет равна $E_{ix} = k \frac{\Delta q}{h^2} \cos \alpha_i$, где α_i – угол между осью X и соответствующим вектором напряжённости. Тогда суммарную напряжённость результирующего поля можно рассчитать по формуле

$$E = \sum_{i=1}^N (k \frac{\Delta q}{h^2} \cos \alpha_i) = \sum_{i=1}^N (k \frac{q \Delta l}{\pi R h^2} \cos \alpha_i)$$

При достаточно большом числе N длину малой хорды можно считать равной длине дуги Δl , а длину апофемы h считать равной радиусу R . Тогда

$$E = \sum_{i=1}^N k \frac{q \Delta l}{\pi R R^2} \cos \alpha_i = k \frac{q}{\pi R R^2} \sum_{i=1}^N (\Delta l \cdot \cos \alpha_i)$$

Из геометрических соображений симметрии можно увидеть, что угол α_i равен углу между соответствующей хордой и перпендикуляром к оси X (см рис). Тогда $\Delta l \cdot \cos \alpha_i = d_i$, где d_i – проекция соответствующей хорды на линию, соединяющую концы полуокружности, т.е. на диаметр, перпендикулярный оси X . Очевидно (см. рисунок), что

$$\sum_{i=1}^N (\Delta l \cdot \cos \alpha_i) = \sum_{i=1}^N d_i = 2R \quad \text{Тогда } E = k \frac{2q}{\pi R^2}$$

Значит, сила взаимодействия заряда и проволоки станет равной $F_2 = k \frac{2qq_0}{\pi R^2}$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{2qq_0}{\pi R^2}}{k \frac{qq_0}{10000R^2}} = \frac{20000}{\pi} \approx 6400 \text{ раз}$$

4. «Дуга и точка» 11. Рекомендуемые критерии оценки.

За правильный ответ на первый вопрос ставить 5 баллов.

Если нет обоснования возможности пренебречь размером проволоки, то ставить 4 балла.

Если в записи закона Кулона расстояние не в квадрате, то ставить 1 балл

За правильный ответ на второй вопрос ставить 5 баллов.

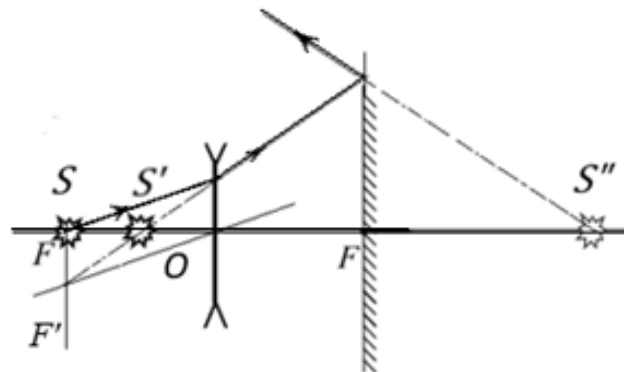
Если решение сделано с помощью интегрирования, то в случае правильного ответа ставить 5 баллов, а в случае ошибочного 1 балл, но если ошибка имела только вычислительный характер, то оценку снизить всего на 1 балл.

Если сказано, что сила взаимодействия увеличится приблизительно в 10000 раз без обоснования, то ставить 1 балл, если с обоснованием, то ставить 2 балла.

5. «Линза и зеркало» 11. Возможное решение

1. Построение показано на рисунке.

S' - изображение источника, даваемое линзой, S'' - его отражение в зеркале. Для получения изображения в линзе через ее оптический центр O проведена произвольно побочная оптическая ось, найден побочный фокус F' (точка пересечения побочной оси и фокальной плоскости). Луч, выходящий из точки S параллельно побочной оптической оси, после преломления в линзе идет так, что его продолжение перед линзой пересекает



фокальную плоскость в точке F' (на рисунке показано пунктиром). На пересечении этого продолжения с главной оптической осью получаем мнимое изображение источника в линзе - точку S' . Изображение точки S' в зеркале находим по закону отражения. Оно будет расположено симметрично относительно плоскости зеркала.

2. Из формулы линзы можно найти расстояние от линзы до изображения S' . Так как линза рассеивающая

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Здесь F – фокусное расстояние, d – расстояние от источника до линзы, f – расстояние от линзы до изображения. Так как источник находится в фокусе, то расстояние от источника до линзы равно фокусному расстоянию $d = F$:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{f}. \quad (2)$$

Отсюда

$$f = -\frac{F}{2}.$$

Изображение S' мнимое, находится перед линзой на расстоянии от линзы равном половине фокусного расстояния $SS' = 0,5F$. Плоское зеркало находится в фокусе за линзой, следовательно расстояние от S' до зеркала равно $0,5F + F = 1,5F$. Поскольку расстояние от предмета до зеркала равно расстоянию от зеркала до изображения, то

$$S'S'' = 2 \cdot 1,5F = 3F. \quad (3)$$

С учетом, что расстояние $SS' = 0,5F$

$$SS'' = SS' + S'S'' = 3,5F.$$

Фокусное расстояние находим из оптической силы линзы

$$D = -\frac{1}{F}. \quad (4)$$

$$F = -\frac{1}{D}$$

$$F = -\frac{1}{(-10)} = 0,1 \text{ м.}$$

$$SS'' = 3,5 \cdot 0,1 = 0,35 \text{ м} = 35 \text{ см.}$$

5. «Линза и зеркало» 11. Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи– 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи.

1. За решение первой части задачи (построение изображения в оптической системе) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: построением верно определены и показаны положения изображений источника в линзе и в зеркале, из рисунка и (или) описания явно виден ход построения – **5 баллов**;
- положения изображений источника в линзе и в зеркале определены и показаны верно, но ход построения из рисунка и (или) описания прослеживается неявно – **4 балла**;
- построено только изображение в линзе – **3 балла**;
- изображение в линзе построено неверно, но положение изображения этой точки в зеркале определено верно – **2 балла**;
- имеются попытки построения, содержащие верные шаги, но они не доведены до конца- **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение второй части задачи (расстояние между источником и его изображением в системе) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – формула тонкой линзы с учетом условия задачи (2), равенство расстояний от зеркала до предмета и до изображения (3), формула оптической силы линзы (4) или эквивалентные им соотношения, полученные из геометрии с учетом правил построения изображений в линзах и зеркалах) записаны или учтены верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ– **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях–**4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение –**2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)- **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.