

Р е ш е н и я
заданий II муниципального (районного) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике 2025–2026
9 класс

9–1. Античные монеты часто чеканились из электра — сплава золота и серебра. Перед вами такая монета. Взвесив её вы обнаружили, что вес монеты в воде отличается от её веса в воздухе на 8%. Можно ли отсюда определить массовую долю золота в этой монете? Полагая, что плотности золота и серебра больше плотности воды в 19,3 и 10,5 раз соответственно, найдите эту долю. Ответ приведите в процентах.

Решение: Разница в весе возникает из-за действия выталкивающей силы (силы Архимеда) на монету в воде. Достаточно ли этого, чтобы определить массовую долю золота в монете станет понятным после записи формул.

Пусть на воздухе монета весит $P_0 = (m_1 + m_2)g$, где m_1 , m_2 — массы золота и серебра в монете. Тогда в воде её вес изменится на величину

$$\Delta P = \rho_0 g \left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right), \quad (1)$$

где ρ_0 , ρ_1 , ρ_2 — плотности воды, золота и серебра соответственно. По условию, относительное изменение веса равно

$$k = \frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\rho_0 g \left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right)}{mg} = \frac{\rho_0}{\rho_1} \frac{m_1}{m} + \frac{\rho_0}{\rho_2} \frac{m_2}{m} = \frac{1}{n_1} x + \frac{1}{n_2} (1 - x), \quad (2)$$

где $x = m_1/m$ — массовая доля золота в монете, $n_1 = \rho_1/\rho_0$, $n_2 = \rho_2/\rho_0$ — плотности золота и серебра относительно воды. Отсюда найдём

$$x = \frac{\frac{1}{n_2} - k}{\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}}. \quad (3)$$

Подставляя известные значения получим, что

$$x \approx 35,1\%. \quad (4)$$

Ответ: да, можно. Массовая доля приблизительно равна 35,1%.

Критерии оценивания:

- 1) дан положительный ответ на используемый метод, опираясь на анализ (формула (3)) (4 балла);
- 2) записан вес монеты в воздухе (1 балл);
- 3) записано изменение веса монеты (2 балла);
- 4) записано относительное изменение веса через массовую долю (2 балла);
- 5) получено численное значение (1 балл).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

9–2. Два автобуса выехали с автостанции друг за другом с интервалом 10 мин и, набрав за одно и тоже время скорость 60 км/ч, отправились в другой город. По дороге они обогнали движущегося в том же направлении велосипедиста. Какова скорость велосипедиста, если автобусы проехали мимо него с интервалом 15 мин? Ответ приведите в км/ч.

Решение: Задачу проще всего решать в системе отсчёта, в которой автобусы покоятся (она движется со скоростью $u = 60$ км/ч относительно земли). В такой системе отсчёта велосипедист движется от первого автобуса ко второму по скоростью $u - v$, где v — скорость велосипедиста относительно земли.

Расстояние между автобусами, согласно условиям задачи, равно $l = u\tau$, где τ — интервал между отправлениями автобусов. Время, за которое велосипедист проедет от первого ко второму автобусу равно

$$t = \frac{l}{u - v} = \frac{u\tau}{u - v}. \quad (5)$$

Отсюда скорость велосипедиста

$$v = u \left(1 - \frac{\tau}{t} \right). \quad (6)$$

Подставляя численные значения получим

$$v = 20 \text{ км/ч.}$$

Ответ:

Критерии оценивания:

- 1) указано, что задачу проще рассматривать в системе отсчёта, где автобусы покоятся (4 балла);
- 2) приведена формула (5) времени движения велосипедиста (2 балла);
- 3) получена формула (6) для скорости велосипедиста (3 балла);
- 4) приведён численный ответ (1 балл).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

9–3. В тот момент, когда опоздавший пассажир вбежал на платформу перрона, мимо него за время t_1 прошёл предпоследний вагон. Последний вагон прошёл мимо пассажира за время t_2 . Насколько опоздал пассажир к отходу поезда? Движение поезда считать равноускоренным.

Решение: Обозначим искомое время как τ , длину вагона — l , постоянное ускорение, с которым разгоняется состав — a .

По условию, когда пассажир вбежал на платформу и начал наблюдение за движением предпоследнего вагона, он прошёл перед ним за время t_1 , отсюда

$$l = (a\tau)t_1 + \frac{at_1^2}{2}. \quad (7)$$

Последний вагон прошёл перед ним за t_2 , поэтому

$$l = (a(\tau + t_1))t_2 + \frac{at_2^2}{2}. \quad (8)$$

Вычитая из второго уравнения первое и сокращая не нулевой множитель a

$$t_1 t_2 + \tau(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}(t_2^2 - t_1^2) = 0,$$

находим искомое время:

$$\tau = \frac{1}{2} \frac{t_2^2 - t_1^2 + 2t_1 t_2}{t_1 - t_2}. \quad (9)$$

Ответ:

Критерии оценивания:

- 1) приведена формула длины предпоследнего вагона (7) (2 балла);
- 2) приведена формула длины последнего вагона (8) (2 балла);
- 3) найдено время (9) опоздания (6 баллов).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

9–4. В вашем распоряжении есть два одинаковых небольших калориметра и очень точный термометр. В один из них налили 100 г воды комнатной температуры и вставил в него термометр, который показал значение температуры $20,3^{\circ}\text{C}$. Во второй калориметр налили 100 г кипящей воды. Затем термометр из первого калориметра поместили во второй. Термометр дал показания $99,2^{\circ}\text{C}$. Далее термометр опять поместили в первый калориметр. Что покажет термометр в этом случае? (Атмосферное давление нормальное, теплоёмкости калориметров пренебрежительно малы, потери теплоты отсутствуют).

Решение: Обычно в таких задачах пренебрегают теплоёмкостью приборов (в данном случае — термометра). Но, поскольку показания термометра при его опускании во второй калориметр отличается от номинального ($t_1 = 100^{\circ}\text{C}$), это означает, что нельзя пренебречь его теплоёмкостью.

Обозначим температуру в первом калориметре как T_1 , показания после опускания во второй t_2 . Согласно уравнению теплового баланса имеем

$$cm(t_2 - t_1) = C_T(t_1 - T_1), \quad (10)$$

где c — удельная теплоёмкость воды, m — её масса, C_T — теплоёмкость термометра.

Опустив затем термометр в первый калориметр, после наступления теплового равновесия получим температуру T_2 :

$$cm(T_2 - T_1) = C_T(t_1 - T_2). \quad (11)$$

Выражая C_T из (10), подставляя в эту формулу

$$T_2 - T_1 = \frac{t_2 - t_1}{t_1 - T_1} \cdot (t_1 - T_2),$$

после небольших алгебраических преобразований найдём искомую температуру в первом калориметре

$$T_2 = \frac{T_1(t_1 - T_1) + t_1(t_2 - t_1)}{t_2 - T_1}. \quad (12)$$

Численное значение

$$T_2 \approx 21,1^{\circ}\text{C}.$$

Ответ: Численное значение $21,1^{\circ}\text{C}$, формула (12).

Критерии оценивания:

- 1) указано, что следует учитывать теплоёмкость термометра (**2 балла**);
- 2) записана формула (10) для показания термометра для второго калориметра (**2 балла**);
- 3) записана формула (11) для показания термометра при повторном опускании в первый калориметр (**2 балла**);
- 4) приведена конечная формула (12) для температуры в первом калориметре (**3 балла**);
- 5) приведён численный ответ (**1 балл**).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

9–5. Свинцовая проволока диаметром 0,30 мм плавится при пропускании через неё тока 1,8 А, а проволока диаметром 0,60 мм — при токе 5,0 А. При каком токе разорвёт цепь предохранитель, составленный из двух свинцовых проволок указанных диаметров, соединённых параллельно? А из двадцати тонких и одной толстой, соединённых параллельно? Длины проволок считать одинаковыми.

Решение: При параллельном соединении ток, текущий по проволоке, определяется только сопротивлением, а учитывая условия задачи — квадратом диаметра:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}, \quad (13)$$

где I , R и d — ток, сопротивление и диаметр тонкой (1) и толстой (2) проволок.

Для сборки предохранителя выбирается параллельное соединение, поскольку если одна из проволок перегорит, то вторая перегорит тоже и практически сразу же. В самом деле, ток протекающий по тонкой проволоке

$$I_1 = I_2 \frac{d_1^2}{d_2^2}, \quad (14)$$

при предельном значении тока на второй равен $I_1 = 1,25$ А. Это не критическое значение для первой проволоки, но это означает, что по цепи течёт ток $I_0 = I_1 + I_2 = 6,25$ А, и после перегорания второй — первая практически сразу же перегорит и предохранитель сработает.

Второй вариант предлагает соединить все проволоки параллельно. Обозначим полное сопротивление блока из 20 первых проволок как R_3 , ток через этот блок — I_3 , тогда получится первый случай, но с I_3 и R_3 :

$$\frac{I_3}{I_2} = \frac{R_2}{R_3}. \quad (15)$$

С учётом подключения первых проволок имеем

$$R_3 = \frac{1}{20} R_1, \quad (16)$$

поэтому

$$I_3 = I_2 \frac{R_2}{R_3} = 20 I_2 \frac{d_1^2}{d_2^2}. \quad (17)$$

Полный ток в цепи

$$I_0 = I_2 + I_3 = I_2 \left(1 + 20 \frac{d_1^2}{d_2^2} \right). \quad (18)$$

При критическом значении тока для разрыва второй проволоки в цепи будет протекать ток $I_0 = 30$ А. В таком случае через каждую первую проволоку (соединённых параллельно) будет протекать ток

$$I_1 = \frac{1}{20} I = 1,5 \text{ А}. \quad (19)$$

Этого очевидно недостаточно, чтобы разорвать цепь из первой проволоки. Для этого ток должен быть равен

$$I_k = 20 \cdot 1,8 \text{ А} = 36 \text{ А}. \quad (20)$$

Ответ: Предохранитель, собранный по первой схеме, позволяет работать с током до 6,25 А, а по второй — до 36 А.

Критерии оценивания:

1) указано как зависит ток от сопротивления и диаметра (13) (1 балл);

-
- 2) рассмотрен первый вариант предохранителя, вычислен ток в цепи при разрыве второй проволоки (**2 балла**);
 - 3) указано как соединены малые проволочки во втором варианте и их совокупное сопротивление (16) (**2 балла**);
 - 4) получено выражение (18) для тока в цепи для второго случая и его численное значение (**2 балла**);
 - 5) произведён расчёт (19) тока для первой проволочки при разрыве второй (**1 балл**);
 - 6) указано критическое значение тока (20) для второго варианта (**2 балла**).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.
