

**ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ**  
районный/муниципальный тур, 14 февраля 2026 года, IX-ый класс  
Решения и схема оценивания

Сумма 100 б.

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Всего баллов за задание
<b>Тест</b>	<p><b>1.</b> Атом некоторого элемента содержит 11 электронов на третьем энергетическом уровне и 2 электрона на четвертом. Относительная атомная масса изотопа этого элемента, в ядре которого имеется 27 нейтронов равна: <b>a) 38; b) 40; c) 50; d) 51.</b></p> <p><b>Ответ: c) 50</b></p> <p><b>Один из вариантов решения:</b> Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме этого элемента: <math>2e^-; 8e^-; 11e^-; 2e^-</math>. Сумма числа электронов равна 23. Число протонов в ядре – 23. Масса атома сосредоточена в ядре и представляет собой сумму числа протонов и нейтронов: <math>23 + 27 = 50</math>. Соответственно, относительная атомная масса изотопа этого элемента равна 50.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	25 б.
	<p><b>2.</b> Относительная атомная масса двухвалентного элемента, в нитриде которого массовая доля азота составляет 28%, равна:</p> <p><b>a) 24; b) 40; c) 65; d) 88.</b></p> <p><b>Ответ: a) 24</b></p> <p><b>Один из вариантов решения:</b> Состав нитрида можно выразить формулой: <math>E_3N_2</math>. Пусть <math>A_r(E) = x</math>. Тогда: <math>\omega\%(N) = \frac{2 \cdot 14}{3x + 2 \cdot 14} \cdot 100\%</math>. Откуда, <math>x = 24</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ – 0 б.</p>	2 б.	
	<p><b>3.</b> „Жидким стеклом” называют соль:</p> <p><b>a) <math>K_2SO_3</math>; b) <math>KHCO_3</math>; c) <math>K_2SiO_3</math>; d) <math>K_2CO_3</math>.</b></p> <p><b>Ответ: c) <math>K_2SiO_3</math></b></p> <p><b>Комментарий:</b> силикаты щелочных металлов растворимы в воде, их называют „жидким стеклом”.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	
	<p><b>4.</b> Хлор не образует хлориды с: <b>a) S; b) Cu; c) P; d) F; e) Au.</b></p> <p><b>Ответ: d) F</b></p> <p><b>Комментарий:</b> в хлоридах степень окисления хлора равна -1. Фтор, будучи наиболее электроотрицательным элементом, проявляет в сложных веществах только степень окисления -1. Соответственно, в соединениях с фтором хлор будет проявлять только положительные степени окисления.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	

<p>5. Последовательность реакций восстановления оксидов железа при промышленной переработке в доменных печах гематитовой руды представлена рядом:</p> <p>a) <math>\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}</math>;      c) <math>\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}</math>;  b) <math>\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}</math>;      d) <math>\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> c) <math>\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}</math></p> <p><b>Комментарий:</b> гематитовая руда содержит оксид железа(III) – <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>; процесс последовательного восстановления оксида железа(III) включает образование смешанного оксида железа(II) и железа(III) – <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>, затем полное восстановление оксида железа(III) до оксида железа(II), который впоследствии восстанавливается до железа.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	
<p>6. Входят два различных металла в состав минерала:</p> <p>a) малахит;      b) доломит;      c) магнетит;      d) известняк</p> <p><b>Ответ:</b> b) доломит</p> <p><b>Комментарий:</b>  Малахит – медная руда – <math>\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3</math> или <math>(\text{CuOH})_2\text{CO}_3</math>.  Доломит содержит карбонаты кальция и магния – <math>\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3</math>.  Магнетит содержит оксид железа(III) – <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>.  Известняк содержит карбонат кальция – <math>\text{CaCO}_3</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	1 б.	
<p>7. При сгорании сложного вещества в избытке кислорода образовался неметалл. Им может быть: a) P; b) <math>\text{Cl}_2</math>; c) Si; d) <math>\text{H}_2</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> b) <math>\text{Cl}_2</math></p> <p><b>Комментарий:</b> продуктами сгорания соединений, как правило, являются оксиды. При горении соединений, содержащих хлор, оксиды не образуются.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	
<p>8. Выпадение росы происходит в результате процесса:</p> <p>a) испарения;      b) сублимации;      c) конденсации;      d) парообразования.</p> <p><b>Ответ:</b> c) конденсации</p> <p><b>Комментарий:</b> роса образуется ночью при контакте тёплого влажного воздуха с охлаждёнными поверхностями. Водяной пар из атмосферы <i>конденсируется</i> на холодных предметах.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	1 б.	
<p>9. Процесс растворения сульфата натрия в воде является:</p> <p>a) физическим;      c) биологическим;      e) биофизическим;  b) химическим;      d) биохимическим;      f) физико-химическим.</p> <p><b>Ответ:</b> f) физико-химическим</p> <p><b>Комментарий:</b> процесс растворения веществ является физико-химическим, поскольку включает как физические, так и химические процессы: разрыв связей между частицами растворенного вещества; диссоциация молекул электролитов; процессы взаимодействия</p>	1 б.	



	<p><b>Комментарий:</b> только окислительные свойства проявляются в высшей степени окисления. Соответственно, для выполнения условия ряд должен содержать только ионы металлов в максимальной степени окисления. Соответствуют этому условию все ионы в ряду: <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{Li}^+</math>, <math>\text{Al}^{3+}</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>		
	<p><b>14.</b> Определите вещества <b>X</b>, <b>Y</b> и <b>Z</b> в следующих схемах химических реакций (стехиометрические коэффициенты не указаны) и напишите уравнения соответствующих реакций:</p> $\text{Zn} + \text{X} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Y}\downarrow + \text{Z}$ $\text{Y} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{X} + \text{NO}_2 + \text{Z}$ <p><b>Ответ:</b> вещество <b>X</b> – <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; вещество <b>Y</b> – <b>S</b>; вещество <b>Z</b> – <math>\text{H}_2\text{O}</math>.</p> <p>Уравнения реакций:</p> $3\text{Zn} + 4\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow 3\text{ZnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{S} + 6\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> за правильную формулу каждого из веществ – 1 б.; за каждое правильное уравнение – 1 б. (0,5 б. – все вещества записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	<b>5 б.</b>	
<p><b>Задача</b> <b>1.</b></p>	<p>В закрытом сосуде полностью сгорает 6,8 г вещества <b>A</b>, плотность которого по аммиаку равна 2. При этом образуется ортофосфорная кислота, которая полностью поглощается 37 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 32% (<math>\rho = 1,35</math> г/мл). Определите формулу и назовите вещество <b>A</b>. Рассчитайте массовую долю соли в конечном растворе. Напишите уравнения всех реакций.</p> <p><b>Решение:</b></p> <p>По условию, плотность <b>A</b> по аммиаку равна 2:</p> $D_{\text{NH}_3}(A) = \frac{M_r(A)}{M_r(\text{NH}_3)} = 2$ <p>Следовательно, <math>M_r(A) = 2 \cdot 17 = 34</math>.</p> <p>Формула вещества – <b><math>\text{PH}_3</math></b> – <math>M_r(\text{PH}_3) = 34</math>.</p> <p>Название вещества <b><math>\text{PH}_3</math></b> – <b>фосфин</b>.</p> <p>Уравнение реакции горения фосфина:</p> $\frac{\text{PH}_3}{1 \text{ моль}} + 2\text{O}_2 = \frac{\text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} \quad (1)$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 2 б. (1,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p> <p>Ортофосфорная кислота при реакции с гидроксидом натрия может образовывать 3 типа солей:</p> $\frac{\text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + \frac{\text{NaOH}}{1 \text{ моль}} = \frac{\text{NaH}_2\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + \text{H}_2\text{O} \quad (2)$ $\frac{\text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + \frac{2\text{NaOH}}{2 \text{ моль}} = \frac{\text{Na}_2\text{HPO}_4}{1 \text{ моль}} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (3)$ $\frac{\text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + \frac{3\text{NaOH}}{3 \text{ моль}} = \frac{\text{Na}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + 3\text{H}_2\text{O} \quad (4)$	<b>15 б.</b>	

Состав соли, образовавшейся в растворе, зависит от молярного соотношения $\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) : \nu(\text{NaOH})$ .		
<p>Масса раствора гидроксида натрия, израсходованного на реакцию с ортофосфорной кислотой, равна:</p> $m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}} = 1,35 \text{ г/мл} \cdot 37 \text{ мл} = 50 \text{ г}$ <p>Масса растворенного вещества в растворе равна:</p> $m(\text{NaOH}) = \frac{32\% \cdot 50 \text{ г}}{100\%} = 16 \text{ г}$ <p>Соответственно, количество вещества:</p> $\nu(\text{NaOH}) = \frac{16 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$	2 б.	
Согласно условию задачи, $m(\text{PH}_3) = 6,8 \text{ г}$ . Следовательно:	1 б.	
Согласно уравнению (1), $\nu(\text{PH}_3) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4)$ , следовательно, количество вещества кислоты, полученной в результате реакции горения фосфина:	1 б.	
<p>Тогда, согласно расчетам:</p> $\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) : \nu(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль} : 0,4 \text{ моль} = 1 : 2$ <p>Реакция протекает по уравнению:</p> $\frac{\text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ моль}} + \frac{2\text{NaOH}}{2 \text{ моль}} = \frac{\text{Na}_2\text{HPO}_4}{1 \text{ моль}} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (3)$ <p>Соль, образующаяся в растворе – <math>\text{Na}_2\text{HPO}_4</math>.</p> <p><b>Примечание:</b></p> <p>0,5 б. за установление молярного соотношения <math>\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) : \nu(\text{NaOH})</math>;  1 б. за определение полученной соли;  1 б. за правильное уравнение реакции (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p> <p>Если вывод об образовавшейся соли неверен в соответствии с условием, но соответствует расчетам участника, допустившего ошибки на предыдущих этапах (и за эти ошибки были вычтены баллы), то этот этап оценивается следующим образом: 0,5 б. – за определение молярного соотношения <math>\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) : \nu(\text{NaOH})</math>; 0 б. – за вывод об образовавшейся соли; 1 б. – за уравнение реакции (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты), а последующие расчеты оцениваются на основе ранее неверно рассчитанных участником значений. При повторной ошибке в расчетах баллы также вычитаются за этап, на котором была допущена ошибка.</p>	2,5 б.	
Согласно уравнению (3), $\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль}$	0,5 б.	
Масса соли, образовавшейся в растворе, равна:	0,5 б.	
<p>Масса конечного раствора равна:</p> $m_{\text{р-ра 2}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m(\text{H}_3\text{PO}_4)$ $m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 19,6 \text{ г}$ $m_{\text{р-ра 2}} = 50 \text{ г} + 19,6 \text{ г} = 69,6 \text{ г}$	1 б.	

	<p>Массовая доля соли, образовавшейся в растворе, будет равна:</p> $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{28,4 \text{ г}}{69,6 \text{ г}} \cdot 100\% = 40,8\%$	0,5 б.	
	<p><b>Ответ:</b> Исходное вещество, подвергаемое горению, это <b>РН<sub>3</sub> – фосфин</b>.  Массовая доля соли в конечном растворе: <b>ω(Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) = 40,8%</b>.  <b>Принимаются любые логические и правильные варианты решения.</b></p>		
<p><b>Задача</b> 2.</p>	<p>Навеску алюминия растворили в азотной кислоте. При нагревании полученного раствора с избытком щелочи выделился газ, который полностью восстанавливает 129,6 г оксида железа(II). Рассчитайте массу исходной навески. Напишите уравнения всех реакций.</p>	17 б.	
	<p><b>Решение:</b></p>		
	<p>Если при нагревании раствора, полученного при растворении алюминия в азотной кислоте, с избытком щелочи выделяется газ, который восстанавливает оксид железа(II), то растворение алюминия протекает с образованием соли аммония:</p> $\frac{8\text{Al}}{8 \text{ моль}} + 30\text{HNO}_3 = 8\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \frac{3\text{NH}_4\text{NO}_3}{3 \text{ моль}} + 9\text{H}_2\text{O} \quad (1)$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 5 б. (3 б. – все формулы веществ записаны правильно; 2 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	5 б.	
	<p>При нагревании полученного раствора с избытком щелочи протекают 2 реакции: с участием нитрата алюминия (2) и нитрата аммония (3), который образуется в результате реакции (1).</p>		
	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{NaOH} \Rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{NaNO}_3 \quad (2)$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 2 б. (1,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты). Принимается и уравнение реакции с образованием гексагидроксоалюмината натрия (<math>\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]</math>) или в виде двух последовательных уравнений (с образованием тетра- или гексагидроксоалюмината).</p> $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaOH} \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaNO}_3 \quad (2a)$ $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaOH} \Rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \quad (2b)$ <p>Если представлено только уравнение <b>2a</b> – 1 б.  Если для алюмината используется формула <math>\text{NaAlO}_2</math> – 1,5 б. (1 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	2 б.	
	$\frac{\text{NH}_4\text{NO}_3}{1 \text{ моль}} + \text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{NaNO}_3 + \frac{\text{NH}_3 \uparrow}{1 \text{ моль}} + \text{H}_2\text{O} \quad (3)$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 1 б. (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	1 б.	
	<p>Образующийся в результате реакции (3) аммиак восстанавливает оксид железа(II) согласно уравнению:</p> $\frac{2\text{NH}_3}{2 \text{ моль}} + \frac{3\text{FeO}}{3 \text{ моль}} \Rightarrow 3\text{Fe} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \quad (4)$	4 б.	

	<p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 4 б. (3 б. – все формулы веществ записаны правильно; 1 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	
	<p>По условию задачи:</p> $v(\text{FeO}) = \frac{129,6 \text{ г}}{72 \text{ г/моль}} = 1,8 \text{ моль}$	1 б.
	<p>Согласно уравнению (4):</p> $v(\text{NH}_3) = \frac{2 \text{ моль} \cdot 1,8 \text{ моль}}{3 \text{ моль}} = 1,2 \text{ моль}$	1 б.
	<p>Согласно уравнению (3):</p> $v(\text{NH}_4\text{NO}_3) = v(\text{NH}_3) = 1,2 \text{ моль}$	1 б.
	<p>Согласно уравнению (1):</p> $v(\text{Al}) = \frac{8 \text{ моль} \cdot 1,2 \text{ моль}}{3 \text{ моль}} = 3,2 \text{ моль}$	1 б.
	<p>Масса навески алюминия равна:</p> $m(\text{Al}) = 3,2 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 86,4 \text{ г}$	1 б.
	<p><b>Ответ:</b> масса исходной навески равна <b>86,4 г</b>.</p> <p><b>Принимаются любые логические и правильные варианты решения.</b></p> <p>При ошибке в вычислении снимаются баллы за соответствующий этап. Дальнейшие расчеты производятся исходя из ошибочно найденного числа. При возникновении повторной ошибки в вычислениях также снимаются баллы за соответствующий этап, где была произведена ошибка.</p>	
<p><b>Задача 3.</b></p>	<p>Проанализируйте следующие химические уравнения (указаны все стехиометрические коэффициенты):</p> $2 \text{X}^1 \xrightarrow{\text{электролиз расплава}} 2 \text{Na} + \text{X}^2\uparrow$ $\text{X}^3 + \text{X}^2 \rightarrow \text{X}^4$ $2 \text{X}^5 + \text{X}^6 \xrightarrow{t} 2 \text{X}^3$ $\text{X}^6 + 2 \text{X}^3 \rightarrow 2 \text{X}^7 + \text{Q}$ $\text{X}^7 + \text{X}^5 \xrightarrow{t} 2 \text{X}^3$ $3 \text{X}^6 \xleftrightarrow{\text{электрический разряд}} 2 \text{X}^8$ $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na} \rightarrow \text{X}^9\uparrow + 2 \text{NaOH}$ $\text{X}^9 + \text{X}^{10} \xrightarrow{t} \text{X}^{11}$ $\text{X}^{12} + 2 \text{X}^{11} \rightarrow 3 \text{X}^{10} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $2 \text{X}^{11} + 3 \text{X}^6 \rightarrow 2 \text{X}^{12} + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>Приведите формулы веществ <math>\text{X}^1 - \text{X}^{12}</math>, если известно, что: <math>\text{X}^2</math> – токсичный газ жёлто-зелёного цвета; <math>\text{X}^3</math> – токсичный газ, горящий синим пламенем; <math>\text{X}^4</math> – токсичный газ со специфическим запахом гниения; <math>\text{X}^6</math> – газ без запаха, поддерживающий процессы гниения и горения.</p>	18 б.

	<p><b>Решение:</b></p> $2 \text{NaCl} \xrightarrow{\text{электролиз расплава}} 2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$ $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$ $2 \text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2 \text{CO}$ $\text{O}_2 + 2 \text{CO} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{Q}$ $\text{CO}_2 + \text{C} \xrightarrow{t} 2 \text{CO}$ $3 \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{электрический разряд}} 2 \text{O}_3$ $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2 \text{NaOH}$ $\text{H}_2 + \text{S} \xrightarrow{t} \text{H}_2\text{S}$ $\text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 3 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$	
	<p><b>Ответ:</b></p> <p><math>\text{X}^1</math> – NaCl  <math>\text{X}^2</math> – Cl<sub>2</sub> – токсичный газ жёлто-зелёного цвета  <math>\text{X}^3</math> – CO – токсичный газ, горящий синим пламенем  <math>\text{X}^4</math> – COCl<sub>2</sub> – токсичный газ со специфическим запахом гниения  <math>\text{X}^5</math> – C  <math>\text{X}^6</math> – O<sub>2</sub> – газ без запаха, поддерживающий процессы гниения и горения  <math>\text{X}^7</math> – CO<sub>2</sub>  <math>\text{X}^8</math> – O<sub>3</sub>  <math>\text{X}^9</math> – H<sub>2</sub>  <math>\text{X}^{10}</math> – S  <math>\text{X}^{11}</math> – H<sub>2</sub>S  <math>\text{X}^{12}</math> – SO<sub>2</sub></p> <p><b>Примечание:</b> 1,5 б. за каждую правильную формулу.</p>	<p><b>18 б.</b></p>
<p><b>Задача 4.</b></p>	<p>Простое вещество <b>X</b> сожгли в потоке кислорода (<b>реакция 1</b>). Образовавшийся оксид <b>A</b> содержит 68,42% <b>X</b>. Простое вещество <b>X</b> обладает свойством растворяться в разбавленном растворе серной кислоты (<b>реакция 2</b>) с образованием соли <b>B</b>. Если к полученному раствору добавить раствор сульфата калия и медленно охладить полученную смесь, наблюдается кристаллизация соединения <b>C</b> (<b>реакция 3</b>), которое в реакции с карбонатом аммония образует соединение <b>D</b> (<b>реакция 4</b>), растворимое в растворе щелочи, в результате чего образуется соединение <b>E</b> (<b>реакция 5</b>). Пропускание тока сероводорода через раствор соединения <b>E</b> сопровождается возвращением к соединению <b>D</b> (<b>реакция 6</b>), которое при термическом разложении (<b>реакция 7</b>), образует оксид <b>A</b>. Прокаливание <b>A</b> с кремнием и негашеной известью (<b>реакция 8</b>) представляет собой один из этапов промышленного производства простого вещества <b>X</b>. Приведите формулы простого вещества <b>X</b> и соединений <b>A</b> – <b>E</b>. Запишите уравнения реакций <b>1</b> – <b>8</b>.</p> <p><b>Решение.</b></p> <p>Растворение в разбавленном растворе серной кислоты (<b>реакция 2</b>) с образованием соли <b>B</b> указывает на то, что простое вещество <b>X</b> является металлом, а соль <b>B</b> представляет собой сульфат металла <b>X</b>. В растворе, содержащем сульфат калия, не может происходить ионообменная реакция</p>	<p><b>25 б.</b></p>

между сульфатом калия и сульфатом металла **X**, а тот факт, что при медленном охлаждении из раствора кристаллизуется соединение **C** (*реакция 3*), указывает на то, что соединение **C** является двойной солью. Свойством образования двойных солей с сульфатами щелочных металлов обладают сульфаты алюминия, хрома(III) и железа(II и III). Это подтверждается *реакцией 4*, когда с карбонатом аммония образуется соединение **D** – Al(OH)<sub>3</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>2</sub> или Fe(OH)<sub>3</sub>, которое при термическом разложении образует оксид **A** (*реакция 7*). Поскольку соединение **D** растворимо в щелочи (*реакция 5*), гидроксид железа(II) отпадает, так как не проявляет амфотерных свойств. Тогда состав оксида **A** можно выразить формулой X<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При прокаливании оксида X<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с кремнием и негашеной известью (*реакция 8*) образуется простое вещество **X** ⇒ металл **X** не является алюминием, который не может быть восстановлен из своего оксида таким образом. Чтобы определить, хром это или железо, используется информация из условия задачи: оксид **A** содержит 68,42% **X**:

$$\omega(X) = \frac{2 \cdot A_r(X)}{2 \cdot A_r(X) + 48} \cdot 100\% = 68,42\%; \Rightarrow A_r(X) = 52; \Rightarrow \text{металл } X - Cr.$$

Можно определить металл и на основе расчетов массовых долей хрома и железа в соответствующих оксидах, сравнивая полученные результаты с массовой долей металла из условия задачи.

**Ответ:**

Вещества **X**, **A** – **E**:

**X** – Cr

1 б.

**A** – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ω(Cr) = 68,42%

**Примечание:** правильная формула – 1 б., подтверждение по массовой доле хрома – 1 б.

2 б.

**B** – Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

1 б.

**C** – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 24H<sub>2</sub>O или KCr(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O

**Примечание:** если не указано наличие молекул кристаллизационной воды или указано неверное количество, то 1,5 б.

2 б.

**D** – Cr(OH)<sub>3</sub>

1 б.

**E** – Na[Cr(OH)<sub>4</sub>], допускается и Na<sub>3</sub>[Cr(OH)<sub>6</sub>]

Для NaCrO<sub>2</sub> – 1,5 б.

2 б.

**Уравнения реакций:**

**Реакция 1:** 4Cr + 3O<sub>2</sub> → 2Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Примечание:** за правильное уравнение реакции – 1 б. (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).

1 б.

**Реакция 2:** 2Cr + 3H<sub>2</sub>SO<sub>4(разб.)</sub> → Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub>

**Примечание:** за правильное уравнение реакции – 1 б. (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).

1 б.

<p><b>Реакция 3:</b></p> $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 3 б. (2,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	3 б.
<p><b>Реакция 4:</b></p> $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 3 б. (2,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	3 б.
<p><b>Реакция 5:</b> <math>\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]</math></p> <p>Допускается и: <math>\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 2 б. (1,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты). Если используется формула <math>\text{NaCrO}_2</math> – 1,5 б. (1 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	2 б.
<p><b>Реакция 6:</b> <math>\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>Допускается и : <math>\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaHS} + 9\text{H}_2\text{O}</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 3 б. (2,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты). Принимается и одна из форм записи:</p> $2\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{Na}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O}$ <p>Если используется формула <math>\text{NaCrO}_2</math> – 2,5 б. (2 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	3 б.
<p><b>Реакция 7:</b> <math>2\text{Cr}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 1 б. (0,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	1 б.
<p><b>Реакция 8:</b> <math>2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Si} + 3\text{CaO} \xrightarrow{t} 4\text{Cr} + 3\text{CaSiO}_3</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильное уравнение реакции – 2 б. (1,5 б. – все формулы веществ записаны правильно; 0,5 б. – за все правильно расставленные коэффициенты).</p>	2 б.