

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
Теоретический тур, 15 - 18 марта 2024 года, IX-ый класс
Решения и схема оценивания

Сумма 70 б.

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Общая сумма баллов
Тест	<p>1. Атом химического элемента содержит 11 электронов на третьем уровне и 2 электрона на четвертом уровне. Относительная атомная масса изотопа этого элемента, содержащего в ядре 27 нейтронов, равна: с) 50</p>	1 б.	10 б.
	<p>2. Число нейтронов в ядрах каждого из нуклидов ^{27}E, ^{28}E, ^{26}E равно 14. Этими химическими элементами являются соответственно: d) алюминий, кремний, магний</p>	1 б.	
	<p>3. Общее число электронов, содержащихся в гидрокарбонат-ионе равно: b) 32</p>	1 б.	
	<p>4. В результате присоединения катиона водорода к молекуле аммиака изменяется: a) валентность атома азота</p>	1 б.	
	<p>5. Плотность льда _____ плотности воды. b) меньше</p>	1 б.	
	<p>6. Степень диссоциации не зависит от: e) давления</p>	1 б.	
	<p>7. Взаимодействие сероводорода с оксидом серы(IV) сопровождается образованием: b) S c) H₂O</p> <p><i>За каждый верный ответ 0,5 б.</i></p>	1 б.	
	<p>8. Для получения чистого металлического железа, необходимо обработать Fe₃O₄: с) H₂</p>	1 б.	
	<p>9. При обработке ран пероксидом водорода образуется: a) вода e) атомарный кислород</p> <p><i>За каждый верный ответ 0,5 б.</i> <i>За ответ d) молекулярный кислород - 0,25 б.</i></p>	1 б.	
	<p>10. В 450 мл воды растворили 50 г Na₂B₄O₇ · 10H₂O. Массовая доля растворенного вещества в полученном растворе: с) меньше 10%</p>	1 б.	

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Общая сумма баллов	
Задача 1.	Массовая доля фосфора в соединении PAB_3 составляет 30,39%, а в соединении PA_3B_4 – 18,90%. Определите формулы соответствующих соединений.		4 б.	
	Пусть $A_r(A) = x$ и $A_r(B) = y$. Используя формулу выражения массовой доли элемента в составе вещества получаем: $0,3039 = \frac{31}{31 + x + 3y} \quad (1)$ $0,189 = \frac{31}{31 + 3x + 4y} \quad (2)$	2 б.		
	Решив систему математических уравнений (1) и (2) , получим: $A_r(A) = 23$ и $A_r(B) = 16$.	1 б.		
	Соответственно, элемент A – это натрий, а элемент B – кислород.	0,5 б.		
	Формулы соответствующих соединений: $NaPO_3$ и Na_3PO_4 .	0,5 б.		
	Ответ: $NaPO_3$ и Na_3PO_4			
	Правильное решение задачи любым другим способом будет оценено максимальным количеством баллов.			
Задача 2.	Напишите уравнения реакций (и установите стехиометрические коэффициенты), с помощью которых, используя только реагенты S, Fe, O₂, HCl, HNO₃ и продукты их взаимодействия, можно осуществить превращения: $S^0 \rightarrow S^{-2} \rightarrow S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+4}$		9 б.	
	$Fe + S \rightarrow FeS$	1 б.		
	$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$	1 б.		
	$2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$	2 б.		
	$3SO_2 + 2HNO_3 + 2H_2O \rightarrow 3H_2SO_4 + 2NO$	2 б.		
	$H_2S + H_2SO_{4(\text{конц.})} \rightarrow S + SO_2 + 2H_2O$	2 б.		
	$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$	1 б.		
	За любые другие правильные уравнения, <u>полностью</u> соответствующие условиям, будет выставлен максимальный балл.			

<p>Задача 3.</p>	<p>В результате полного взаимодействия 50 мл раствора соли A с 50 мл раствора соли B образуется 2,69 г осадка, который содержит 1,5% водорода, 14,9% кальция, 23,8% серы, 24,2% цинка и кислород. Определите состав соли A, соли B и образовавшегося при их взаимодействии осадка. Напишите уравнение реакции и расставьте в них стехиометрические коэффициенты. Выразите содержание солей в исходных растворах в г/л.</p>	<p>11 б.</p>
	<p>Очевидно, что при взаимодействии солей A и B образуются как минимум два очень мало растворимых в воде соединения.</p>	<p>1 б.</p>
	<p>Массовая доля кислорода в образовавшемся осадке равна: $\omega_{\%}(O) = 100 - 1,5 - 14,9 - 23,8 - 24,2 = 35,6\%$</p>	<p>1 б.</p>
	<p>Состав осадка выразим формулой: $H_xCa_yS_zZn_mO_n$. Следовательно: $x : y : z : m : n = \frac{1,5}{1} : \frac{14,9}{40} : \frac{23,8}{32} : \frac{24,2}{65} : \frac{35,6}{16}$ $x : y : z : m : n = 4 : 1 : 2 : 1 : 6$ Соответственно состав осадка можно представить формулой: $H_4CaS_2ZnO_6$.</p>	<p>2 б.</p>
	<p>Этот осадок можно представить как смесь двух солей, одна из которых является кристаллогидратом, а сера, присутствующая в кислотных остатках солей, находится в разных степенях окисления. Следуя этой логике, достигается следующий состав осадка: ZnS și CaSO₄ · 2H₂O.</p>	<p>1 б.</p>
	<p>Соответственно, исходные соли A и B это ZnSO₄ и CaS.</p>	<p>1 б.</p>
	<p>Уравнение реакции: $ZnSO_4 + CaS + 2H_2O \rightarrow ZnS \downarrow + CaSO_4 \cdot 2H_2O \downarrow$</p>	<p>1,5 б.</p>
	<p>По условию: $\nu(H_4CaS_2ZnO_6) = \frac{2,69 \text{ г}}{269 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}$</p>	<p>1 б.</p>
	<p>Соответственно на реакцию расходуется по 0,01 моль исходных солей. Следовательно: $m(ZnSO_4) = 0,01 \text{ моль} \cdot 161 \text{ г/моль} = 1,61 \text{ г}$ $m(CaS) = 0,01 \text{ моль} \cdot 72 \text{ г/моль} = 0,72 \text{ г}$</p>	<p>1,5 б.</p>
	<p>Концентрации (г/л) солей в исходных растворах равны: $C(ZnSO_4) = \frac{1,61 \text{ г}}{0,05 \text{ л}} = 32,2 \text{ г/л}$ $C(CaS) = \frac{0,72 \text{ г}}{0,05 \text{ л}} = 14,4 \text{ г/л}$</p>	<p>1 б.</p>

	$\begin{cases} 2FeS + 10H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 9SO_2 \uparrow + 10H_2O \\ S + 2H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow 3SO_2 \uparrow + 2H_2O \end{cases}$ <p><i>1 б. если приведено только уравнение реакции растворения FeS;</i> <i>1,5 б. – за уравнения реакций растворения обоих осадков.</i></p>			
	$MnO_2 + 4HCl_{(conc.)} \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$	1 б.		
	$Fe(OH)_2 \downarrow + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + 2H_2O$	0,5 б.		
	<p>За любые другие правильные уравнения, <u>полностью</u> соответствующие условиям, будет выставлен максимальный балл.</p>			
<p>Задача 5.</p>	<p>Газовая смесь, полученная при разложении нитрата A, была полностью поглощена раствором гидроксида калия. В образовавшемся растворе идентифицированы нитрит- и нитрат-ионы. Масса твердого остатка B, полученного при разложении A, относится к массе исходного нитрата как 4 : 9. При прокаливании вещества B в атмосфере монооксида углерода был получен темный порошок C, масса которого относится к массе B как 7 : 10. Назовите вещества A, B и C. Составьте уравнения описанных реакций и установите стехиометрические коэффициенты. Какое количество (моль) гидроксида калия израсходуется на поглощение газообразной смеси, полученной при разложении A массой 144 г.</p>			<p>22 б.</p>
	<p>Очевидно, что соединение B представляет собой оксид, который при прокаливании в атмосфере угарного газа восстанавливается до металла (C):</p> $Me_xO_y + yCO \rightarrow xMe + yCO_2 \quad (1)$		2 б.	
	<p>Пусть $A_r(Me) = a$. По условию масса металла относится к массе оксида как 7 : 10. Соответственно:</p> $\frac{xa}{xa + 16y} = 0,7 \quad (2)$		2 б.	
	<p>Если металл одновалентен (формула оксида Me_2O, $x = 2$, $y = 1$), то путем решения математического уравнения (2) получаем $A_r(Me) = 18,67$. Такого одновалентного металла нет.</p> <p>Если металл двухвалентный (формула оксида MeO, $x = 1$, $y = 1$), то путем решения математического уравнения (2) получаем $A_r(Me) = 37,33$. Такого двухвалентного металла нет.</p> <p>Если металл трехвалентен (формула оксида Me_2O_3, $x = 2$, $y = 3$), то путем решения математического уравнения (2) получаем $A_r(Me) = 56$. Такой оксид может образовывать железо – Fe₂O₃.</p> <p>Если металл четырехвалентен (формула оксида MeO_2, $x = 1$, $y = 2$), то путем решения математического уравнения (2) получаем $A_r(Me) = 74,67$. Четырехвалентного металла с такой атомной массой не существует.</p> <p>За правильное определение (подтвержденное расчётами) формулы оксида – 2 б.</p>		2 б.	

Вещество В это Fe_2O_3 . Вещество С – Fe .	1 б.
Уравнение реакции восстановления металла из оксида: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ (3)	1,5 б.
По условию масса образовавшегося оксида относится к массе разложившегося нитрата как 4 : 9. Один моль Fe_2O_3 получается при разложении двух молей нитрата. Соответственно: $\frac{9}{M(\text{нитрата})} = \frac{2 \cdot 4}{160} \quad (4)$ Следовательно, $M_r(\text{нитрата}) = 180$, что соответствует $Fe(NO_3)_2$.	2 б.
Вещество А это $Fe(NO_3)_2$.	1 б.
Соответственно, уравнение реакции разложения нитрата: $4Fe(NO_3)_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ (5)	1,5 б.
По условию образующаяся при разложении нитрата железа(II) газовая смесь (NO_2 и O_2) полностью поглощается раствором гидроксида калия. Соответственно, протекают реакции: $4KOH + 4NO_2 + O_2 \rightarrow 4KNO_3 + 2H_2O$ (6) $2KOH + 2NO_2 \rightarrow KNO_2 + KNO_3 + H_2O$ (7)	4 б.
Согласно условию $\nu(Fe(NO_3)_2) = 0,8$ моль. Следовательно, при разложении образуются 1,6 моль NO_2 и 0,2 моль O_2 .	2 б.
В реакции (6) на поглощение 0,2 моля O_2 и, соответственно, 0,8 моля NO_2 расходуется 0,8 моля KOH . Остальная часть NO_2 , в количестве 0,8 моль реагирует с KOH согласно уравнению (7), в результате чего расходуется 0,8 моль KOH . Соответственно суммарное количество KOH , израсходованное на полное поглощение газовой смеси, образовавшейся при разложении 144 г $Fe(NO_3)_2$, равно 1,6 моль.	3 б.
Ответ: А - $Fe(NO_3)_2$; В - Fe_2O_3; С - Fe.	
Уравнения реакций: $4Fe(NO_3)_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ $4KOH + 4NO_2 + O_2 \rightarrow 4KNO_3 + 2H_2O$ $2KOH + 2NO_2 \rightarrow KNO_2 + KNO_3 + H_2O$	
На поглощение газовой смеси, полученной при разложении А массой 144 г, расходуется 1,6 моль гидроксида калия.	
Правильное решение задачи любым другим способом будет оценено максимальным количеством баллов.	