

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
Теоретический тур, 10 - 13 марта 2023 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. Элемент, в ядре изотопа ^{190}X которого находятся 112 нейтронов, это: d) платина</p> <p>2. Двухзарядный катион с электронной конфигурацией аргона образует: е) Са</p> <p>3. Ион NO_3^- содержит: е) 31 p и 32 e⁻</p> <p>4. При полном превращении 2 моль озона в кислород в закрытом сосуде изменяется: а) количество вещества d) число молекул е) давление в сосуде ф) химическая активность <i>За каждый верный ответ 0,25 б.</i></p> <p>5. Одновременно в растворе могут находиться ионы: а) Ag⁺, K⁺, F⁻, NO₃⁻</p> <p>6. Какие газы, взятые в равных массах, занимают в н.у. равные объемы? а) CO₂ и d) N₂O</p> <p>7. Растворение SO₃ в водном растворе серной кислоты с массовой долей H₂SO₄ 75% может привести к: а) образованию более концентрированного раствора кислоты d) образованию олеума <i>За каждый верный ответ 0,25 б.</i></p> <p>8. В результате отдачи 2 электронов частицами X^{2-}, Y^{3+} и Z^0, степени окисления элементов X, Y и Z, будут равны соответственно: а) 0; +5; +2</p> <p>9. Навеску магния сожгли в смеси кислорода и азота. При действии воды на твердый продукт реакции выделяется газ: d) NH₃</p> <p>10. Какой объем (л, н.у.) азота необходимо добавить к 2 г гелия, чтобы полученная смесь была в 3 раза тяжелее гелия? b) 5,6</p> <p>11. В воде, число атомов в которой равно $15N_A$, полностью растворили 5,75 г натрия. Массовая доля (%) вещества в полученном растворе равна <u>10,47</u>. <i>Допускается и результат 10,5</i></p> <p>12. Массовая доля элемента, расположенного в периодической таблице в главной подгруппе V-ой группы, в летучем соединении с водородом равна 91,18%. Этим элементом является: <u>P (фосфор)</u></p>	0,5 б. 0,5 б. 0,5 б. 1 б. 0,5 б. 1 б. 0,5 б. 0,5 б. 1 б. 1 б. 1,5 б. 1,5 б.	10 б.

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Общая сумма баллов
Задача 1.	<p>Определите массу солей A, B и C, зная что:</p> <p>а) соль B окрашивает пламя в фиолетовый цвет; концентрированная серная кислота, при нагревании, вытесняет из этой соли вещество, которое при н.у. является жидкостью (1); полученное жидкое вещество растворяет медь (2);</p> <p>б) при нагревании соли B выделяется 11,2 л газа (н.у.) (3);</p> <p>с) соли A и C содержат один и тот же катион;</p> <p>д) в водном растворе соли C метилоранж приобретает красную окраску (4);</p> <p>е) при взаимодействии соли C с избытком нитрата серебра выпадает 57,4 г белого осадка (5), а в результате взаимодействия с раствором щелочи при нагревании выделяется газ с резким запахом (6), окрашивающий увлажненную фенолфталеином бумагу в малиновый цвет (7);</p> <p>ф) при разложении соли A наблюдается явление, напоминающее извержение вулкана (8) и сопровождается выделением 448 мл (н.у.) бесцветного малоактивного газа.</p> <p>Составьте уравнения реакций описанных явлений (1-8) и расставьте в них коэффициенты.</p>	18 б.	
	<p>Соль B окрашивает пламя в фиолетовый цвет, следовательно содержит катион K^+.</p> <p>Жидкость, вытесненная из соли B – концентрированная азотная кислота (HNO_3), в которой растворяется медь.</p> <p>Уравнения реакций:</p> $KNO_3 + H_2SO_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t} KHSO_4 + HNO_3 \uparrow \quad (1)$ $Cu + 4HNO_3(\text{конц.}) \Rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O \quad (2)$ <p>1 б. за каждое правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в каждом уравнении.</p>	3 б.	
	<p>При нагревании соли B протекает реакция:</p> $2KNO_3 \xrightarrow{t} 2KNO_2 + O_2 \uparrow \quad (3)$ <p>1 б. за правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в уравнении.</p>	1,5 б.	
	<p>Согласно заданию, объем выделенного кислорода составляет в н.у. 11,2 л. Следовательно:</p> $v(O_2) = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$ <p>Согласно уравнению (3):</p> $\begin{array}{ccc} v \text{ моль} & t & 0,5 \text{ моль} \\ 2KNO_3 & \Rightarrow & 2KNO_2 + O_2 \uparrow \\ 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array}$ <p>получаем $v(KNO_3) = 1 \text{ моль}$; соответственно $m(KNO_3) = 101 \text{ г}$</p>	2 б.	
	<p>Если при взаимодействии соли C с избытком нитрата серебра выпадает белый осадок ($AgCl$), а в результате взаимодействия с раствором щелочи выделяется газ с резким запахом, окрашивающий увлажненную фенолфталеином бумагу в малиновый цвет (NH_3), соль C содержит катион аммония NH_4^+ и анион Cl^-. Соль A, также содержит катион аммония NH_4^+. В водном растворе соли C (NH_4Cl) протекает реакция гидролиза, следовательно, метилоранж приобретает красную окраску. Уравнения реакций:</p> $NH_4Cl + HON \Leftrightarrow NH_4OH + HCl \quad (4)$ $NH_4Cl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NH_4NO_3 \quad (5)$	6 б.	

	$NH_4Cl + NaOH \xrightarrow{t} NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O \quad (6)$ $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4OH \quad (7)$ <p><i>1 б. за каждое правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в каждом уравнении.</i></p>		
	<p>Исходя из массы осадка ($AgCl$) полученного при взаимодействии соли C с избытком нитрата серебра, можно рассчитать массу соли C (NH_4Cl).</p> <p>Согласно условию $\nu(AgCl) = \frac{57,4 \text{ г}}{143,5 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$</p> $\begin{array}{l} \nu \text{ моль} & & \mathbf{0,4} \text{ моль} \\ NH_4Cl + AgNO_3 = & AgCl \downarrow + & NH_4NO_3 \\ \mathbf{1} \text{ моль} & & \mathbf{1} \text{ моль} \end{array}$ <p>Согласно уравнению реакции $\nu(NH_4Cl) = 0,4 \text{ моль}$. Следовательно, $m(NH_4Cl) = \mathbf{21,4 \text{ г}}$</p>	2 б.	
	<p>При разложении соли A наблюдается явление, напоминающее извержение вулкана. Таким образом разлагается дихромат аммония. Бесцветный малоактивный газ, который выделяется – N_2. Уравнение реакции:</p> $(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 \uparrow + 4H_2O \quad (8)$ <p><i>1 б. за правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в уравнении.</i></p>	1,5 б.	
	<p>Исходя из объема азота, рассчитываем массу соли A ($(NH_4)_2Cr_2O_7$):</p> $\nu(N_2) = \frac{0,448 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,02 \text{ моль}$ $\begin{array}{l} \nu \text{ моль} & & \mathbf{0,02} \text{ моль} \\ (NH_4)_2Cr_2O_7 = & Cr_2O_3 + & N_2 + 4H_2O \\ \mathbf{1} \text{ моль} & & \mathbf{1} \text{ моль} \end{array}$ <p>Согласно уравнению реакции $\nu((NH_4)_2Cr_2O_7) = 0,02 \text{ моль}$ Следовательно, $m((NH_4)_2Cr_2O_7) = \mathbf{5,04 \text{ г}}$</p>	2 б.	
	<p>Ответ: $m(A) = 5,04 \text{ г}$; $m(B) = 101 \text{ г}$; $m(C) = 21,4 \text{ г}$</p> <p>Уравнения реакций:</p> $KNO_3 + H_2SO_{4(\text{конц.})} \xrightarrow{t} KHSO_4 + HNO_3 \uparrow \quad (1)$ $Cu + 4HNO_{3(\text{конц.})} \Rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O \quad (2)$ $2KNO_3 \xrightarrow{t} 2KNO_2 + O_2 \uparrow \quad (3)$ $NH_4Cl + HOH \leftrightarrow NH_4OH + HCl \quad (4)$ $NH_4Cl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NH_4NO_3 \quad (5)$ $NH_4Cl + NaOH \xrightarrow{t} NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O \quad (6)$ $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4OH \quad (7)$ $(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 \uparrow + 4H_2O \quad (8)$		

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Общая сумма баллов
Задача 2	Газовая смесь, содержащая диоксид азота и диоксид серы в 1,25 раз тяжелее диоксида углерода. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей серной кислоты 0,0392. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.		20 б.
	Пусть исходная смесь содержит x моль NO_2 и y моль SO_2 Соответственно, $m(NO_2) = 46x$ г, $m(SO_2) = 64y$ г	2 б.	
	Среднюю молярную массу этой смеси можно выразить: $\bar{M} = \frac{46x + 64y}{x + y} \text{ моль}$	2 б.	
	Согласно условию $\bar{M}_r = 44 \cdot 1,25 = 55$. Следовательно: $\frac{46x+64y}{x+y} = 55$	2 б.	
	Решая уравнение получаем $x : y = 1 : 1$ или $x = y$. Следовательно, исходная смесь содержит газы в эквимольном количестве.	1 б.	
	При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия протекают реакции: $5NO_2 + KMnO_4 + H_2O = 2HNO_3 + Mn(NO_3)_2 + KNO_3 \quad (1)$ $5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 \quad (2)$ 2 б. за каждое правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в каждом уравнении.	5 б.	
	Согласно уравнению (2), если $\nu(SO_2) = x$ моль, тогда $\nu(H_2SO_4) = 0,4x$ моль, соответственно, $m(H_2SO_4) = 0,4x \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 39,2x$ г Согласно условию массовая доля серной кислоты в полученном растворе равна 0,0392. Значит: $0,0392 = \frac{39,2x}{m_{p-ра}}$, следовательно $m_{p-ра} = 1000x$ г	2 б.	
	Согласно уравнению (2), если $\nu(SO_2) = x$ моль, тогда $\nu(MnSO_4) = 0,4x$ моль, соответственно, $m(MnSO_4) = 0,4x \text{ моль} \cdot 151 \text{ г/моль} = 60,4x$ г Следовательно: $\omega(MnSO_4) = \frac{60,4x \text{ г}}{1000x \text{ г}} = 0,0604$ ($\omega\%(MnSO_4) = 6,04\%$)	2 б.	
	Аналогично рассчитываются массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе. Согласно уравнению (2) $\nu(K_2SO_4) = 0,2x$ моль, $m(K_2SO_4) = 34,8x$ г, $\omega(K_2SO_4) = 0,0348$ ($\omega\%(K_2SO_4) = 3,48\%$)	2 б.	
	Согласно уравнению (1), если $\nu(NO_2) = x$ моль, тогда $\nu(HNO_3) = 0,4x$ моль; $\nu(Mn(NO_3)_2) = 0,2x$ моль; $\nu(KNO_3) = 0,2x$ моль. Соответственно: $m(HNO_3) = 25,2x$ г; $m(Mn(NO_3)_2) = 35,8x$ г; $m(KNO_3) = 20,2x$ г Следовательно: $\omega(HNO_3) = 0,0252$ (2,52%); $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0,0358$ (3,58%); $\omega(KNO_3) = 0,0202$ (2,02%)	2 б.	
Ответ: $\omega(MnSO_4) = 0,0604$ (6,04%); $\omega(K_2SO_4) = 0,0348$ (3,48%); $\omega(HNO_3) = 0,0252$ (2,52%); $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0,0358$ (3,58%) și $\omega(KNO_3) = 0,0202$ (2,02%)			
Правильное решение задачи любым другим способом будет оценено максимальным количеством баллов. Массовая доля <u>может быть</u> выражена как в долях единицы, так и в %.			

<p>и $Fe(NO_3)_3$. При прокаливании сухого остатка полученного выпариванием данного раствора протекают реакции:</p> $2RbNO_3 \xrightarrow{t} 2RbNO_2 + O_2 \uparrow \quad (3)$ $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t} 2Fe_2O_3 + 12NO_2 \uparrow + 3O_2 \uparrow \quad (4)$ <p>1,5 б. за каждое правильно составленное уравнение; 0,5 б. за правильно расставленные коэффициенты в каждом уравнении.</p>		
<p>Конечный продукт содержит $RbNO_2$ и Fe_2O_3.</p> <p>Используя уравнения реакций (1) и (3), получаем $\nu(RbNO_2) = 0,02$ моль, соответственно $m(RbNO_2) = 2,62$ г.</p> <p>Аналогичным образом, используя уравнения реакций (2) и (4), получаем $\nu(Fe_2O_3) = 0,01$ моль, соответственно $m(Fe_2O_3) = 1,6$ г.</p>	2 б.	
<p>Масса конечного продукта: $m_{\text{конечный продукт}} = 2,62 \text{ г} + 1,6 \text{ г} = 4,22 \text{ г}$</p> <p>Следовательно: $\omega(RbNO_2) = 62,1\%$; $\omega(Fe_2O_3) = 37,9\%$</p>	2 б.	
<p>Ответ: $\omega(RbNO_2) = 62,1\%$; $\omega(Fe_2O_3) = 37,9\%$</p>		
<p>Правильное решение задачи любым другим способом будет оценено максимальным количеством баллов.</p>		