



Задача 1 (20 баллов)

Сера является нежелательным элементом в твердых горючих ископаемых, с увеличением ее содержания возрастает выброс оксидов серы в атмосферу при энергетическом использовании. Содержание серы в углях определяют различными методами. Один из таких методов - определение сульфатной серы. Метод основан на извлечении сульфатов из угля неорганической кислотой с последующим осаждением и гравиметрическим его определением.

Действием слабой соляной кислоты на образец угля массой 3 г с последующим осаждением было получено 0,6 г сульфата бария. Рассчитайте массовую долю серы (в процентах) во взятом образце угля.

Решение:

1) Найдем молярную массу сульфата бария $M(\text{BaSO}_4) = 233,44$ г/моль

2) массу серы находим по формуле:

$$m(\text{S}) = m(\text{BaSO}_4) \cdot M(\text{S}) / M(\text{BaSO}_4) = 0,6 \cdot 32,06 / 233,44 = 0,082 \text{ г}$$

3) массовая доля w (%) серы в каменном угле равна

$$\omega(\text{S}) = m(\text{S}) / m(\text{навески}) \cdot 100 = 0,082 / 3 \cdot 100 = 2,73\%$$

Ответ: массовая доля серы $\omega(\text{S}) = 2,73\%$

Задача 2 (20 баллов)

При взаимодействии 1 кг известняка, содержащего 95% карбоната кальция, с 25%-ной хлороводородной кислотой, образуется диоксид углерода. Запишите уравнение реакции. Рассчитайте объем полученного газа (н. у.) и объем использованной кислоты, если ее плотность при 20 °С равна 1124 г/л.

Решение:

1) Записывают уравнение реакции и значения исходных величин:



По уравнению: $n(\text{CaCO}_3) = 1$ моль $n(\text{HCl}) = 2$ моль $n(\text{CO}_2) = 1$ моль

2) Рассчитаем молярные массы: $M(\text{CaCO}_3) = 100,09$ г/моль $M(\text{HCl}) = 36,46$ г/моль

3) $V_M = 22,4$ л/моль

$$\omega(\text{CaCO}_3) = 0,95$$

$$\omega(\text{HCl}) = 0,25$$

$$m_{\text{изв}} = 1000 \text{ г}$$

$$\rho(\text{HCl}) = 1124 \text{ г/л}$$

3) Рассчитываем объем диоксида углерода и объем кислоты:

$$\begin{aligned} 1 \text{ способ } V(\text{CO}_2) &= m_{\text{изв}} \cdot w(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CO}_2) \cdot V_M / M(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CaCO}_3) \\ &= 1000 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 22,4 / 100,09 \cdot 1 = 212,6 \text{ л} \end{aligned}$$

$$2 \text{ способ } m(\text{CaCO}_3) = 950 \text{ г}, n(\text{CaCO}_3) = m/M = 950 / 100,09 = 9,49 \text{ моль}$$

Из уравнения следует $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 9,49$ моль

$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_M = 9,49 \cdot 22,4 = 212,58 = 212,6$ л

4) Рассчитываем объем кислоты:

$$V(\text{HCl}) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{M(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CaCO}_3) \cdot w(\text{HCl}) \cdot \rho(\text{HCl})} = 1000 \cdot 0,95 \cdot 2 \cdot 36,46 / 100,09 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 1124 = 2,46$$
 л

Ответ: получено (при н. у.) 212,6 л CO_2 и затрачено 2,46 л 25%-ной хлороводородной кислоты.

Задача 3 (20 баллов)

Известно, что некоторое количество металла, эквивалентная масса которого равна 28 г/моль, вытесняет из кислоты 1,1 л водорода, измеренного при нормальных условиях. Определите массу металла.

Решение:

1 способ:

Зная, что эквивалентный объем водорода равен 11,2 л/моль, составляем пропорцию:

28 г металла эквивалентны 11,2 л водорода

X г металла эквивалентны 1,1 л водорода

Следовательно, $x = 1,1 \cdot 28 / 11,2 = 2,75$ г.

2 способ:

$n = V / V(\text{экв})(\text{H}_2) = 1,1 / 11,2 = 0,098$

$m = M \cdot n = 28 \cdot 0,098 = 2,74$ г

Ответ: 2,74 г масса металла

Задача 4 (20 баллов)

Электролиз растворов – сложный процесс, так как кроме ионов металла и кислотного остатка в растворе присутствуют молекулы воды и ионы H^+ и OH^- , которые могут участвовать в окислительно-восстановительном процессе при прохождении электрического тока. Определите силу тока при электролизе раствора в течение 20 минут 40 секунд и положение металла в электрохимическом ряду напряжений, если известно, что на катоде выделилось 2,8 л водорода при нормальных условиях? В ответе укажите размерность (единицы измерения), проведите проверку размерности.

Для решения задачи используйте формулу $I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t$ (закон Фарадея), где F – число Фарадея 96500 Кл/моль.

Решение:

1) Сила тока определяется по закону Фарадея

$I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t$

m – масса образовавшегося на электроде вещества, г

F – число Фарадея 96500 Кл/моль

M_{eq} – молярная масса эквивалента вещества г/моль

T – время, сек

2) Переведем минут в секунды: 20 минут 40 сек = 1240 сек

3) Молярная масса эквивалента водорода равна единице. Массу водорода можно определить, зная, что при нормальных условиях 1 моль, то есть 2 г водорода занимают 22,4 л.

Тогда 2,8 л будут иметь массу $m = (2 \cdot 2,8) / 22,4 = 0,25$ г

Подставив все найденные значения в формулу закона Фарадея $I = 0,25 \cdot 96500 / 1 \cdot 1240 = 19,89$ А

Проверка размерности: $I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t = \text{г} \cdot \text{Кл} \cdot \text{моль} / \text{моль} \cdot \text{г} \cdot \text{сек} = \text{Кл} \cdot \text{сек} = \text{А}$

Если металл расположен в ряду напряжения до алюминия включительно, то на катоде будет выделяться только водород вследствие восстановления молекул воды. По условиям задачи на катоде выделился водород – значит металл находится в ряду напряжения до алюминия.

Задача 5 (20 баллов)

Коррозия – это разрушение металлов в результате химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. Химическая коррозия – это разрушение металла в результате протекания окислительно-восстановительных реакций без возникновения электрического тока. Электрохимическая коррозия протекает в среде электролитов (морская, речная вода, влажный грунт, воздух, туман и т.п.). Современные технологии направлены на защиту металлов от электрохимической коррозии. Приведите различные способы защиты металлов от электрохимической коррозии. Приведите схему защиты железного материала от коррозии.

Решение:

1. Создание защитных поверхностных металлических покрытий. В зависимости от того, является ли защищаемый материал по отношению к покрывающему катодом или анодом различают катодные и анодные покрытия.
2. Протекторная защита применяется для защиты конструкций, работающих в среде электролита (морская вода, почвенная вода и т.д.). Сущность ее заключается в том, что защищаемую конструкцию подсоединяют к протектору – более активному металлу, который является анодом и разрушается, тем самым предохраняя от разрушения основную конструкцию. В качестве протектора используют цинк, магний, алюминий и их сплавы.
3. Катодная защита. Для этого применяют внешние источники постоянного тока (станции катодной защиты). К защищаемой металлической конструкции, например, нефтепроводу, присоединяют отрицательный полюс, а положительный – к металлической болванке, закопанной в землю. В результате на трубопроводе создается избыток электронов, превращая его в катод. Болванка же отдает свои электроны источнику тока, становясь анодом – она окисляется и разрушается.
4. От всех видов коррозии предохраняют защитные покрытия. Используются неметаллические покрытия в виде слоя полимеров, краски или металлические покрытия металлами, обладающими хорошей адгезией (олово, золото, серебро, никель, хром), которые наносят электролитическим способом. При разрушении покрытий, металл подвергается интенсивной коррозии.

Для успешного решения задач воспользуйтесь справочным материалом – таблицей Д.И. Менделеева

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																	
ПЕРИОДЫ	ряды	ГРУППЫ															
		А I В		А II В		А III В		А IV В		А V В		А VI В		А VII В		VIII В	
1	1	H 1,0079 1s ¹ Водород														He 4,00260 1s ² Гелий	
2	2	Li 6,941 2s ¹ Литий		Be 9,01218 2s ² Бериллий		B 10,81 2s ² 2p ¹ Бор		C 12,011 2s ² 2p ² Углерод		N 14,0067 2s ² 2p ³ Азот		O 15,9994 2s ² 2p ⁴ Кислород		F 18,9984 2s ² 2p ⁵ Фтор		Ne 20,179 2s ² 2p ⁶ Неон	
3	3	Na 22,9898 3s ¹ Натрий		Mg 24,305 3s ² Магний		Al 26,9815 3s ² 3p ¹ Алюминий		Si 28,0855 3s ² 3p ² Кремний		P 30,9738 3s ² 3p ³ Фосфор		S 32,06 3s ² 3p ⁴ Сера		Cl 35,453 3s ² 3p ⁵ Хлор		Ar 39,948 3s ² 3p ⁶ Аргон	
4	4	K 39,0983 4s ¹ Калий		Ca 40,08 4s ² Кальций		Sc 44,9559 3d ¹ 4s ² Скандий		Ti 47,88 3d ² 4s ² Титан		V 50,9415 3d ³ 4s ² Ванадий		Cr 51,996 3d ⁵ 4s ¹ Хром		Mn 54,938 3d ⁵ 4s ² Марганец		Fe 55,847 3d ⁶ 4s ² Железо	
	5	Cu 63,546 3d ¹⁰ 4s ¹ Медь		Zn 65,39 3d ¹⁰ 4s ² Цинк		Ga 69,72 4s ² 4p ¹ Галлий		Ge 72,59 4s ² 4p ² Германий		As 74,9216 4s ² 4p ³ Мышьяк		Se 78,96 4s ² 4p ⁴ Селен		Br 79,904 4s ² 4p ⁵ Бром		Kr 83,80 4s ² 4p ⁶ Криптон	
5	6	Rb 85,4678 5s ¹ Рубидий		Sr 87,62 5s ² Стронций		Y 88,9059 4d ¹ 5s ² Иттрий		Zr 91,22 4d ² 5s ² Цирконий		Nb 92,9064 4d ⁴ 5s ¹ Ниобий		Mo 95,94 4d ⁵ 5s ¹ Молибден		Tc 98 4d ⁵ 5s ² Технеций		Ru 101,07 4d ⁷ 5s ¹ Рутений	
	7	Ag 107,868 4d ¹⁰ 5s ¹ Серебро		Cd 112,41 4d ¹⁰ 5s ² Кадмий		In 114,82 5s ² 5p ¹ Индий		Sn 118,69 5s ² 5p ² Олово		Sb 121,75 5s ² 5p ³ Сурьма		Te 127,60 5s ² 5p ⁴ Теллур		I 126,904 5s ² 5p ⁵ Иод		Xe 131,29 5s ² 5p ⁶ Ксенон	
6	8	Cs 132,905 6s ¹ Цезий		Ba 137,33 6s ² Барий		La* 138,905 5d ¹ 6s ² Лантан		Hf 178,49 5d ² 6s ² Гафний		Ta 180,9479 5d ³ 6s ² Тантал		W 183,85 5d ⁴ 6s ² Вольфрам		Re 186,207 5d ⁵ 6s ² Рений		Os 190,2 5d ⁶ 6s ² Осмий	
	9	Au 196,967 5d ¹⁰ 6s ¹ Золото		Hg 200,59 5d ¹⁰ 6s ² Ртуть		Tl 204,383 6s ² 6p ¹ Таллий		Pb 207,2 6s ² 6p ² Свинец		Bi 208,980 6s ² 6p ³ Висмут		Po [209] 6s ² 6p ⁴ Полоний		At [210] 6s ² 6p ⁵ Астат		Rn [222] 6s ² 6p ⁶ Радон	
7	10	Fr [223] 7s ¹ Франций		Ra [226] 7s ² Радий		Ac** [227] 6d ¹ 7s ² Актиний		Rf [261] 6d ² 7s ² Резерфордий		Db [262] 6d ³ 7s ² Дубний		Sg [266] 6d ⁴ 7s ² Сибиргий		Bh [264] 6d ⁵ 7s ² Борий		Hs [265] 6d ⁶ 7s ² Гассий	
	11	Rg [280] Рентгений		Cn [285] Коперниций		Nh [284] Нихоний		Fl [284] Флеровий		Mc [289] Московий		Lv [293] Ливерморий		Ts [294] Теннессин		Og [294] Оганесон	
ФОРМУЛА ВЫСШЕГО ОКСИДА		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄	
ФОРМУЛА ЛЕТАЧЕГО ВОДОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ								RH ₄		RH ₃		RH ₂		RH			
*Лантаноиды																	
58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy
140,12		140,908		144,24	[145]	150,36	151,96	157,25	158,925	162,50	164,930	167,26	168,934	173,04	174,967		
4f ¹ 5d ¹ 6s ²		4f ³ 6s ²		4f ⁴ 6s ²	4f ⁵ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁷ 6s ²	4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	4f ⁹ 6s ²	4f ¹⁰ 6s ²	4f ¹¹ 6s ²	4f ¹² 6s ²	4f ¹³ 6s ²	4f ¹⁴ 6s ²	4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		
Церий		Празеодим		Неодим	Прометий	Самарий	Европий	Гадолиний	Тербий	Диспрозий	Гольмий	Эрбий	Тулий	Иттербий	Лютеций		
**Актиноиды																	
90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf
232,038		[231]		238,029	[237]	[244]	[243]	[247]	[251]	[252]	[257]	[260]	[261]	[262]	[266]	[264]	[265]
6d ² 7s ²		5f ² 6d ¹ 7s ²		5f ³ 6d ¹ 7s ²	5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	5f ⁶ 7s ²	5f ⁷ 7s ²	5f ⁷ 5d ¹ 7s ²	5f ⁹ 6d ¹ 7s ²	5f ¹⁰ 7s ²	5f ¹¹ 7s ²	5f ¹² 7s ²	5f ¹³ 7s ²	5f ¹⁴ 7s ²	5f ¹⁴ 5d ¹ 7s ²		
Торий		Протактиний		Уран	Нептуний	Плутоний	Америций	Кюриум	Берклиум	Калифорний	Эйнштейний	Фермий	Менделевий	Нобелий	Лоуренсий		

Комментарий к заданиям для проверяющих. При записи ответа допускается округление чисел до целого. При оценке решения задачи учитывается правильность хода решения.

Задача 5. В решении приведен один из вариантов ответа (ответ может отличаться). Проверяющий оценивает логику рассуждений школьника. Правильность решения оценивается на усмотрение проверяющего.