

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2023 -2024 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 100 баллов

Задание 10.1.

Атомы элемента Е имеют электронную конфигурацию $K^2L^8M^{18}N^3$. В природе этот элемент существует в виде смеси изотопов с атомными массами 69 (60,11%), 71 (39,89%) и встречается в виде минерала представляющего собой двойную соль состава $Cu - 32,179\%$, $S - 32,066\%$ и $E - 35,345\%$. При прокаливании в токе воздуха минерал образует оксиды металлов в высшей степени окисления и газообразный продукт реакции. Разделение составных компонентов поученной смеси осуществляется действием концентрированного раствора гидроксида натрия, в котором легко растворяется оксид элемента Е. Этот оксид растворим в концентрированной соляной кислоте.

Простое вещество Е взаимодействует с концентрированным раствором кальцинированной соды с образованием простого газообразного вещества и двух солей, одна из которых является продуктом взаимодействия концентрированного раствора гидроксида натрия и оксида элемента Е.

Вопросы

1. О каком элементе идет речь?
2. Рассчитайте относительную атомную массу элемента до тысячных, используя данные о массах природных изотопов. Почему рассчитанная Вами относительная атомная масса отличается от приведенной в Периодической системе химических элементов?
3. Установите формулу минерала (при расчетах следует использовать вычисленную из условий задачи атомную массу элемента Е). Запишите формулу минерала в виде двойной соли
4. Напишите молекулярные уравнения реакций всех химических процессов, названных в задаче.
5. Укажите какой характер имеют соединения элемента Е
6. Предскажите явления, которые можно будет наблюдать, если пластины, изготовленные из цинка и элемента Е, соединить между собой и погрузить в раствор серной кислоты. Объясните эти явления. (10 баллов)
7. Данный элемент – один из предсказанных Д.И. Менделеевым. Какое название дал данному элементу Дмитрий Иванович?

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Определен элемент и рассчитана относительная атомная масса по атомным массам природных изотопов. $K^2L^8M^{18}N^3 - Ga$ – галлий $A_r = 69 \cdot 0,601 + 71 \cdot 0,399 = 69,798$	2 балла
Дано объяснение, указывающее, что атомная масса галлия, приведенная в Периодической системе химических элементов, была рассчитана с учетом масс изотопов, полученных искусственно.	2 балла
Проведены расчеты по определению формулы минерала $n(Cu):n(S):n(Ga) = 32,179/63,546 : 32,066/32,066 : 35,345/69,798 =$ $0,5 : 1 : 0,5 = 1:2:1 \quad CuGaS_2, CuS \cdot GaS$	4 балла

Приведены уравнения реакций $4\text{CuGaS}_2 + 13\text{O}_2 = 4\text{CuO} + 2\text{Ga}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2\uparrow$ $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}_{(\text{конц.гор})} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$ $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}_{(\text{конц})} = 2\text{GaCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Ga} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow + 2\text{NaHCO}_3$	8 баллов
Указан характер соединений галлия Соединения Ga обладают амфотерным характером	1 балл
При соединении указанных пластин образуется гальванический элемент, в котором на цинковой пластине (отрицательный полюс) протекают процессы окисления: $\text{Zn} - 2\text{e} = \text{Zn}^{2+}$ А на пластине галлия (положительный полюс) происходит процесс восстановления ионов водорода $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$	2 балла
Д. И. Менделеев назвал данный элемент эка-алюминий	1 балл
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.2.

Плотность газообразной смеси 2-х предельных углеводородов, являющимися ближайшими гомологами, 2,344 г/л (н.у.). Известно, что данные углеводороды имеют межклассовые изомеры.

Вопросы

1. Определите молярную массу смеси.
2. Исходя из условий задачи, определите, что это за углеводороды. Приведите их названия и структурные формулы.
3. Рассчитайте массовую и объемную долю углеводородов в смеси.
4. Рассчитайте массовую долю углерода в смеси углеводородов.
5. Приведите возможные структурные формулы изомеров для данных углеводородов.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определена молярная масса смеси $M = 2,344 \cdot 22,4 = 52,5 \text{ г/моль}$	2 балла
2. Из предельных углеводородов межклассовые изомеры могут иметь только циклоалканы. Исходя из молярной массы определяем, что это может быть циклопропан ($M = 42 \text{ г/моль}$) и циклобутан (или метилциклопропан) ($M = 56 \text{ г/моль}$) Приведены 3 структурные формулы и названия.	5 баллов
3. Приведены структурные формулы и названия возможных изомеров: пропен, бутен -1, цис-бутен – 2, транс-бутен – 2, метилпропен	5 баллов
4. Рассчитаны массовые и объемные доли углеводородов в смеси $42x + 56(1-x) = 52,5$ $x = 0,25$ То есть, 1 моль смеси содержит 0,25 моль циклопропана (объемная доля - 25%) и 0,75 моль циклобутана (объемная доля - 75%). $V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л}$ $V(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,75 \cdot 22,4 = 16,8 \text{ л}$ $m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,25 \cdot 42 = 10,5 \text{ г}$ $m(\text{C}_4\text{H}_8) = 56 \cdot 0,75 = 42 \text{ г}$	5 баллов

$w(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,2 \text{ (20\%)}$ $w(\text{C}_4\text{H}_8) = 80\%$	
5. Рассчитана массовая доля углерода в смеси $w(\text{C}) = (3 \cdot 12 \cdot 0,25 + 4 \cdot 12 \cdot 0,75) / 52,5 = 0,857 \text{ (85,7\%)}$	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Задание 10-3

В середине XX века был придуман способ хищения самородков золота с сибирских приисков. Злоумышленники растворяли золото в «царской водке» (1 часть концентрированной (62 - 65%) азотной кислоты и 3 части концентрированной (32 - 35%) соляной кислоты). Полученный раствор провозили в 0,5 литровой бутылке в транспорте под видом газированной воды. Но вскоре сотрудники компетентных органов нашли способ предотвращать хищения.

1. Напишите уравнение реакции растворения золота в царской водке с образованием тетрахлораурата водорода (HAuCl_4). Азот в данной реакции восстанавливается до +2.

2. Во сколько раз данная бутылка будет тяжелее бутылки с водой (массой самой бутылки пренебречь).

3. Какую массу золота можно провезти в 0,5 литровой бутылке. («царская водка»: смесь растворов концентрированных азотной и соляной кислот в объемном соотношении 1:3 соответственно; плотность 65% HNO_3 – 1,40 г/см³, 35% HCl — 1,18 г/см³).

4. Определить массовую долю оставшейся кислоты.

5. Напишите уравнение реакции восстановления золота из раствора «царской водки» железным купоросом.

6. В «царской водке» растворяются многие драгоценные металлы, а серебро не растворяется. Почему?

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Уравнение реакции $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{HAuCl}_4 + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	3 балла
2. Вычислена масса «золотоносной» бутылки Так как, на 1 объем HNO_3 приходится 3 объема HCl , следовательно, $V_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = 0,125 \text{ л}$, $n(\text{HNO}_3) = (125 \cdot 1,4 \cdot 0,65) / 63 = 1,81 \text{ моль}$ $V_{\text{р-р}}(\text{HCl}) = 0,375 \text{ л}$, $n(\text{HCl}) = (375 \cdot 1,18 \cdot 0,35) / 36,5 = 4,24 \text{ моль}$ Соляная кислота находится в недостатке, следовательно, $n(\text{Au}) = 4,24 / 4 = 1,06 \text{ моль}$ $m(\text{Au}) = 1,06 \cdot 197 = 208,82 \text{ г}$ $m(\text{NO}) = 1,06 \cdot 30 = 31,8 \text{ г}$ $m(\text{бутылки с золотом}) = 125 \cdot 1,4 + 375 \cdot 1,18 + 208,82 - 31,8 \text{ г} = 794,52 \text{ г}$ $m(\text{бутылки с золотом}) / m(\text{бутылки с водой}) = 794,52 / 500 = 1,59$	10 баллов
3. В растворе после растворения золота осталась азотная кислота $m(\text{HNO}_3) = (1,81 - 1,06) \cdot 63 \text{ г/моль} = 47,25 \text{ г}$ $w(\text{HNO}_3) = 47,25 / 794,52 = 0,059 \text{ (5,9\%)}$	4 балла
4. Приведено уравнение реакции восстановления золота железным купоросом $\text{HAuCl}_4 + 3\text{FeSO}_4 = \text{Au} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3 + \text{HCl}$	2 балла
5. Дано объяснение того, что серебро не растворяется, так как покрывается хлоридом серебра	1 балл

ИТОГО	20 баллов
-------	-----------

Задание 10-4

Газ X с резким запахом тяжелее кислорода в 2,063 раза. Он легко гидролизуется, превращаясь в смесь двух газов Y и Z, которая легче воздуха на 3,4%. Эта смесь полностью поглощается известковой водой, при этом выпадает белый осадок, частично растворимый в разбавленных кислотах с выделением газа Y. Газ Y входит в состав воздуха и вызывает парниковый эффект.

1. Определите формулы всех газов
2. Напишите уравнения всех реакций
3. Найдите состав газовой смеси в объемных процентах и массовых процентах.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Баллы
1. Парниковый газ Y, входящий в состав воздуха - CO ₂	2 балла
2. Определен газ Z Молярная масса смеси CO ₂ с газом Z составляет $M_{cp} = 29 \cdot 0,966 = 28$ г/моль Поскольку $M(\text{CO}_2) > 28$ г/моль, следовательно $M(Z) < 28$ г/моль Z реагирует Ca(OH) ₂ , образуя осадок, нерастворимый в разбавленных кислотах. Этим условиям соответствует HF.	4 балла
3. Пусть объемная доля $n(\text{CO}_2) = x$, тогда $n(\text{HF}) = 1-x$ $44x + 20(1-x) = 28$ $x = 0,333$ Объемные доли: CO ₂ = 33,33% и HF = 66,67% $w(\text{CO}_2) = (0,333 \cdot 44)/28 = 0,523$ (52,3%) $w(\text{HF}) = 47,7\%$	4 балла
4. Газ X имеет молярную массу $M(X) = 32 \cdot 2,063 = 66$ г/моль, а при гидролизе дает смесь CO ₂ и HF в соотношении 1:2 $X + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HF}$ Газ X – COF ₂ (карбонилфторид)	2 балла
5. Приведены уравнения реакций $\text{COF}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HF}$ $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{HF} + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	8 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задание 10-5 (мысленный эксперимент)

В пяти пронумерованных пробирках находятся сухие соли: хлорид магния, хлорид бария, хлорид марганца(II), хлорид цинка и хлорид натрия.

1. Как определить содержимое каждой пробирки, используя только дистиллированную воду и растворы гидроксида натрия и серной кислоты.
2. Составьте план мысленного эксперимента. Приведите уравнения реакций, которые подтверждают наличие этих веществ.
3. Составьте матрицу определения веществ

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа						Баллы
1. Определение солей начинается с растворимости их в воде. Все представленные соли растворимы в воде.						1 балл
2. Основываясь на индивидуальных свойствах открываемых солей, можно идентифицировать каждую соль К растворам солей добавляется раствор серной кислоты. Осадок выпадает только в одной пробирке, и не растворяется в избытке кислоты и щёлочи. Это может быть только сульфат бария BaSO_4 , так как все остальные соли образуют сульфаты растворимые в воде. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$						2 балла
3. К оставшимся растворам в четырёх пробирках растворам нужно добавить по каплям щёлочь. В результате можно наблюдать следующее. В пробирке, содержащей раствор хлорида магния, выпадает осадок, который не растворяется как в избытке щёлочи: $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ В пробирке, содержащей раствор ZnCl_2 , выпадает осадок, который будет растворяться как в избытке щёлочи, так и в избытке кислоты. $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ $\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ В пробирке, содержащей раствор MnCl_2 выпадает осадок, буряющийся на воздухе: $\text{MnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, или $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow$ В пробирке, содержащей NaCl никаких изменений не наблюдаются.						12 баллов За описание идентификации – 2 балла, остальные за уравнения реакций
4. Представлена заполненная таблица определения веществ						5 баллов
	MgCl₂	BaCl₂	ZnCl₂	MnCl₂	NaCl	
H₂O	р	р	р	р	р	
H₂SO₄ (p-p)	видимых изменений нет	Выпадение осадка белого цвета, в избытке кислоты и щёлочи не растворяется	видимых изменений нет	видимых изменений нет	–	
NaOH (p-p)	Выпадение осадка белого цвета, в избытке щёлочи	видимых изменений нет	Выпадение осадка белого цвета, в избытке	Выпадение осадка, буряющийся	–	

		не растворя ется		щелочи растворяется	его на воздухе		
ИТОГО						20 баллов	