

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2022 – 2023 учебный год
9 класс
Максимальный балл – 100 баллов

Задание 9.1. (максимум 20 баллов)

Соль А содержит металл М, элемент Х и кислород, массовая доля которого - 47,06%. Соль В содержит металл М, элемент Х и кислород, массовая доля которого - 40,00%. В брутто-формулах индекс при атоме кислорода в А на единицу больше, чем в В. Известно, что количества атомов М и Х в составе А и В равны, а атомные массы М и Х относятся как 1,25:1. Соль А способна образовывать кристаллогидраты – С и Д, соединение С содержит 49,66 % кислорода, соединение Д содержит 55,81% кислорода.

Вопросы.

1. С помощью расчетов определите элементы Х и М, формулы солей А и В и дайте им названия.
2. С помощью расчетов определите формулы кристаллогидратов С и Д, укажите их тривиальные названия, приведите примеры их применения.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
<p>1. Определяем формулы солей</p> <p>Соль А – MXO_y</p> <p>Соль В – $\text{MXO}_{(y-1)}$</p> <p>Выражаем молярные массы веществ А и В</p> <p>Пусть $M(X) = x$, тогда $M(M) = 1,25x$</p> <p>$M(A) = M(M) + M(X) + 16y = 2,25x + 16y$</p> <p>$M(B) = M(M) + M(X) + 16(y-1) = 2,25x + 16(y-1)$</p>	4
<p>2. Используя значение массовой доли кислорода, составляем уравнения</p> <p>(1) $16y = 0,4706 (2,25x + 16y)$</p> <p>(2) $16(y-1) = 0,4 (2,25x + 16(y-1))$</p> <p>Решая уравнение (1), выражаем x через y</p> <p>$16y = 1,06x + 7,53y$</p> <p>$x = 8y$</p> <p>Подставляем данное значение во второе уравнение и находим y.</p> <p>$16(y-1) = 0,4(18y + 16y - 16)$</p> <p>$y = 4$</p> <p>Следовательно, $M(X) = x = 4 \cdot 8 = 32$ г/моль</p> <p>Х – сера</p> <p>$M(M) = 1,25 x = 40$ г/моль</p> <p>М - кальций</p>	6
<p>3. Соль А - CaSO_4 – сульфат кальция</p> <p>Соль В – CaSO_3 – сульфит кальция</p>	2
<p>4. Определяем формулу кристаллогидрата С - $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Используя значение массовой доли кислорода, составляем уравнения</p> <p>$64 + 16x = 0,4966(M(\text{CaSO}_4) + 18x) = 0,4966(136 + 18x)$</p> <p>$x = 0,5$</p> <p>С – $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ - алебастр</p>	3
<p>5. Аналогично определяем формулу кристаллогидрата Д</p>	3

Содержание правильного ответа	Балл
$64 + 16x = 0,5581(136 + 18x)$ $x = 2$ D – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - гипс	
6.Алебастр и гипс применяется в строительстве, гипс применяется в медицине и т.д.	2
ИТОГО	20 баллов

Задание 9.2. (максимум 20 баллов)

Перед Вами таблица, копирующая этикетку с бутылки минеральной воды.

Таблица 1

Название иона	Формула иона	Содержание в мг/л
Хлорид		1300
Гидрокарбонат		400
Кальций		60
Магний		25
Калий + Натрий		?

Вопросы.

1. Укажите формулы ионов
2. Рассчитайте молярную концентрацию ионов (количество моль каждого иона в 1 л минеральной воды).
3. Рассчитайте суммарное количество ионов натрия и калия и в каких пределах может быть их масса в мг в 1 л воды.
4. Рассчитайте в каких пределах будет находиться масса (m) *сухого остатка* после выпаривания 1 л минеральной воды и прокаливании при 300°C.
5. Рассчитайте массу осадка, образовавшегося после добавления избытка раствора нитрата бария к 1 л этой воды при кипячении.

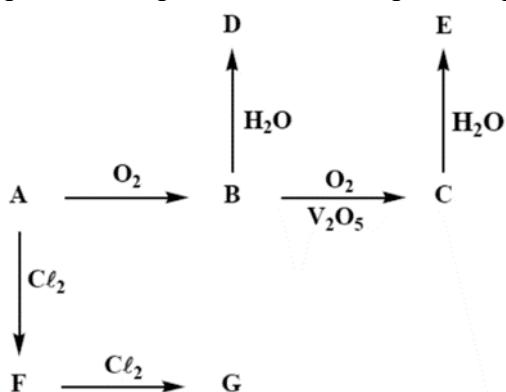
Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Указаны формулы ионов: Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+	2
2. Рассчитаны количества ионов в 1л $n(\text{Cl}^-) = 1,3 \text{ г} / 35,5 \text{ г/моль} = 3,66 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$ $n(\text{HCO}_3^-) = 0,4 \text{ г} / 61 \text{ г/моль} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $n(\text{Ca}^{2+}) = 0,06 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $n(\text{Mg}^{2+}) = 0,025 \text{ г} / 24 \text{ г/моль} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$	4
3. Рассчитано суммарное количество ионов Na^+ и K^+ в 1л. Оно равно количеству анионов за минусом 2-х кратного количества катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , так как на каждый этот катион приходится по 2 аниона $n(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 3,66 \cdot 10^{-2} + 6,6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} = 3,82 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$	3
4. Рассчитана масса ионов Na^+ и K^+ в 1л Если присутствует только Na^+ , то масса $m(\text{Na}^+) = 23 \cdot 3,82 \cdot 10^{-2} = 0,88 \text{ г};$ если только K^+ в воде, то масса $m(\text{K}^+) = 39 \cdot 3,82 \cdot 10^{-2} = 1,49 \text{ г}.$ Если присутствуют оба иона, то общая сумма масс находится в пределах $880 \text{ мг/л} < m(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 1490 \text{ мг/л}$	3
5. Рассчитана масса остатка после выпаривания и прокаливании	6

Содержание правильного ответа	Балл
<p>При прокаливании будет происходить разложение гидрокарбонат-аниона</p> $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}\uparrow + \text{CO}_2\uparrow$ <p>Так как $n(\text{HCO}_3^-) = 0,4 \text{ г} / 61 \text{ г/моль} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$, $n(\text{CO}_3^{2-}) = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$, $m(\text{CO}_3^{2-}) = 60 \text{ г/моль} \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 0,198 \text{ г}$</p> <p>Следовательно, $\Delta m = m(\text{HCO}_3^-) - m(\text{CO}_3^{2-}) = 0,202 \text{ г}$</p> <p>Рассчитаем массу сухого остатка.</p> <p>Если присутствует только Na^+</p> $m = 1,3 + 0,4 + 0,06 + 0,025 + 0,88 - 0,202 = 2,463 \text{ г}$ <p>Если присутствует только K^+</p> $m = 1,3 + 0,4 + 0,06 + 0,025 + 1,49 - 0,202 = 3,073 \text{ г}$ $2,463 \text{ г} < m_{\text{ост}} < 3,073 \text{ г}$	
<p>6. После добавления избытка раствора нитрата бария к 1 л этой воды при кипячении будут протекать реакции</p> $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}\uparrow + \text{CO}_2\uparrow$ $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3\downarrow$ <p>$n(\text{BaCO}_3) = n(\text{CO}_3^{2-}) = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$</p> <p>$m(\text{BaCO}_3) = 197 \text{ г/моль} \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} = 0,650 \text{ г}$</p>	2
ИТОГО	20 баллов

Задание 9.3. (максимум 20 баллов)

Перед Вами представлена диаграмма превращений



A – простое вещество. D и E – кислоты. В первый год 21 века, во всем мире было произведено 165 тонн E (больше, чем любого другого химического вещества). F – токсичная золотисто-желтая жидкость. Жидкость F может быть дополнительно хлорирована с образованием вишнево-красной жидкости G, которая кипит при 59°C и имеет молекулярную формулу ACl_2 .

1. Если образец элемента A массой 0,29 г полностью окислить и при взаимодействии с водой получить кислоту, то данная кислота может прореагировать с 18 мл гидроксида натрия концентрацией 1,00 моль/л. Используйте эту информацию, чтобы установить элемент A.

2. Определите все неизвестные соединения и напишите химические уравнения для всех реакций.

3. Соединение C реагирует с G с образованием H и B. H реагирует с водой с образованием сильной кислоты I и вещества D. Определите вещества и напишите уравнения для каждой из этих реакций.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определяем элемент A	5

Содержание правильного ответа	Балл
$n(\text{NaOH}) = cV = 1,00 \text{ моль/л} \cdot 0,018 \text{ л} = 0,018 \text{ моль}$ Если $(\text{NaOH})/n(\text{A}) = 1/1$, $M(\text{A}) = 0,29/0,018 = 16$ (подходящего значения нет) Если $(\text{NaOH})/n(\text{A}) = 2/1$, $M(\text{A}) = 0,29/0,009 = 32 \text{ г/моль}$ А - сера	
2.Приведены уравнения реакций (1) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$; (2) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$; (3) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (4) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (5) $2\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{S}_2\text{Cl}_2$ (6) $\text{S}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{SCl}_2$ (7) $\text{SCl}_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{SOCl}_2 + \text{SO}_2$ (8) $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl}$	8
3. Указаны формулы веществ и их названия В – SO_2 , оксид серы (IV) С – SO_3 , оксид серы (VI) Д – H_2SO_3 , сернистая кислота Е – H_2SO_4 , серная кислота Г – S_2Cl_2 , дитиодихлорид Ж – SCl_2 , дихлорид серы З – SOCl_2 , тионилхлорид	7
ИТОГО	20 баллов

Задание 9.4. (максимум 20 баллов)

В воде растворили смесь хлорида и иодида калия и к полученному раствору добавили избыток раствора нитрата серебра, получив при этом после фильтрования, промывания и высушивания 1,492 г осадка. Затем на осадок подействовали избытком аммиачной воды, не растворившийся осадок отфильтровали, и к фильтрату после подкисления его серной кислотой добавили гранулированный цинк. В результате было получено 0,216 г осадка, который не реагировал с разбавленной серной кислотой, но растворялся в разбавленной азотной кислоте.

1. Напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задаче
2. Вычислите процентное (по массе) содержание солей в исходной смеси.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. (1) $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$ (2) $\text{KI} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgI} \downarrow + \text{KNO}_3$ (3) $\text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(\text{конц})} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{AgI} \downarrow$ - не взаимодействует с аммиачным раствором (4) $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + \text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag} \downarrow + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (5) $3\text{Ag} + 4\text{HNO}_{3(\text{р-р})} = 3\text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	16 (за первые 2 уравнения по 2 баллу, 3, 4 и 5 – по 4 балла)
2. Осадок - Ag $n(\text{Ag}) = 0,216/108 = 0,002 \text{ моль}$ $n(\text{Ag}) = n([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}) = n(\text{AgCl} \downarrow) = n(\text{KCl}) = 0,002 \text{ моль}$ $m(\text{KCl}) = 0,002 \cdot 74,5 = 0,149 \text{ г}$ $m(\text{AgCl}) = 143,5 \cdot 0,002 = 0,287 \text{ г}$ $m(\text{AgI}) = 1,492 - 0,287 = 1,205 \text{ г}$ $n(\text{AgI}) = n(\text{KI}) = 0,005 \text{ моль}$ $m(\text{KI}) = 0,851 \text{ г}$	4

Содержание правильного ответа	Балл
$w(\text{KCl}) = 0,149 / (0,149 + 0,851) \cdot 100\% = 14,9\%$ $w(\text{KI}) = 85,1\%$	
ИТОГО	20 баллов

Задание 9.5. (мысленный эксперимент) (максимум 20 баллов)

Лаборант разбирал реактивы и в одной из коробок обнаружил пять порошков, этикетки находились отдельно. По этикеткам лаборант определил, что это были: нитрат серебра, нитрат аммония, нитрат алюминия, нитрат магния, нитрат калия. Для идентификации лаборант использовал кроме дистиллированной воды только один реактив.

1. Какой реактив использовал лаборант? Приведите формулу и название данного реактива.
2. В какие реакции он вступает с найденными веществами?
3. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций. Укажите признаки протекания реакций.

Задание 9.5. (мысленный эксперимент) (максимум 20 баллов)

Лаборант разбирал реактивы и в одной из коробок обнаружил пять порошков, этикетки находились отдельно. По этикеткам лаборант определил, что это были: нитрат серебра, нитрат аммония, нитрат алюминия, нитрат магния, нитрат калия. Для идентификации лаборант использовал кроме дистиллированной воды только один реактив.

4. Какой реактив использовал лаборант? Приведите формулу и название данного реактива.
5. В какие реакции он вступает с найденными веществами?
6. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций. Укажите признаки протекания реакций.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Реактив – NaOH (гидроксид натрия)	4
2. $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_3 + \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- = \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ Выпадение темного осадка	3
3. $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ Выделение газа с резким запахом	3
4. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaNO}_3$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_4^-$ Первоначально выпавший осадок растворился	6
5. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ Выпадение белого осадка	3
6. $\text{KNO}_3 + \text{NaOH}$ – реакция не идет	1
ИТОГО	20 баллов