

## 8 класс

1. Некоторая соль содержит в своем составе металл, находящийся в главной подгруппе второй группы периодической таблицы элементов. Также состав этой соли входят два элемента, находящиеся в одной группе периодической таблицы, один из которых кислород. Относительная атомная масса другого элемента превышает относительную атомную массу кислорода в 2 раза. В соединении же атомов этого элемента содержится столько же, сколько и металла, и в 4 раза меньше, чем атомов кислорода. Молярная масса соединения 120г/моль, массовая доля кислорода в нем 53,3%.

Определить все элементы, входящие в состав соли, запишите ее формулу. Вычислите массовые доли всех элементов в соединении.

Ответы обоснуйте.

(10 баллов)

### Решение

Для того, чтобы установить один из элементов соли, найдем его атомную массу.

$$Ar(\text{Э}) = Ar(\text{O}) \cdot 2 = 16 \cdot 2 = 32 \text{ (16)}$$

По таблице Менделеева, зная, что наш элемент находится в 6 группе (так как в ней находится кислород и имеет  $Ar = 32$ ), определяем, что это Сера (16)

Вычислим количество атомов кислорода в этом соединении.

$w_{(\text{O})} = Ar_{(\text{O})} \cdot n_{(\text{O})} / Mr_{(\text{соед})} \cdot 100\%$ , из этой формулы:

$$n_{(\text{O})} = (w_{(\text{O})} \cdot Mr_{(\text{соед})}) / (Ar_{(\text{O})} \cdot 100\%) = (53,3\% \cdot 120) / (16 \cdot 100\%) = 4 \text{ (16)}$$

По условию задачи определим количество атомов Серы и атомов Металла в соединении:

$$n(\text{S}) = 1/4 n_{(\text{O})} = 1 \text{ (16)}$$

$$n(\text{Me}) = n(\text{S}) = 1 \text{ (16)}$$

Вычислим массовую долю серы по формуле:

$$w_{(\text{S})} = Ar_{(\text{S})} \cdot n_{(\text{S})} / Mr_{(\text{соед})} \cdot 100\% = 32 \cdot 1 / 120 \cdot 100\% = 26,7\% \text{ (16)}$$

Вычислим массовую долю металла:

$$w(\text{Me}) = 100\% - w(\text{S}) - w(\text{O}) = 100\% - 26,7\% - 53,3\% = 20\% \text{ (16)}$$

Найдем относительную атомную массу металла, выражая ее из формулу:

$$Ar_{(\text{Me})} = (w_{(\text{Me})} \cdot Mr_{(\text{соед})}) / (n_{(\text{Me})} \cdot 100\%) = (20\% \cdot 120) / (1 \cdot 100\%) = 24 \text{ (16)}$$

Зная, что элемент находится во второй группе главной подгруппе таблицы Менделеева и учитывая его атомную массу, определяем, что это магний (16)

Формула соли  $\text{MgSO}_4$  (16)

2. Юные химики Ваня и Катя решили провести эксперимент. У них имеется две одинаковые колбы объемом 560 мл, заполненные при нормальных условиях сухими газами X и Y соответственно, и плотно закрытые резиновыми пробками. В каждую колбу с помощью шприца они вводят по 10 мл раствора лакмуса и встряхивают. Ваня замечает, что в его колбе, заполненной газом X, лакмус приобрел красную окраску, а Катя видит синюю окраску в колбе с газом Y. После этого они перевернули колбы пробкой вниз, и в каждую ввели по 150 мл воды. В обоих случаях в колбах вода шла фонтаном вверх.

- 1) Какие были газы X и Y?
- 2) Почему вода в обеих колбах била фонтаном? Объясните природу этого явления.
- 3) Какова масса полученных растворов в каждой колбе? Будет ли она одинакова? Ответ подтвердите расчетом.
- 4) Что будет наблюдаться, если до добавления воды Ваня и Катя открыли бы колбы и поднесли горлышки друг к другу? Почему?
- 5) Ваня и Катя провели другой эксперимент: в колбы с газами добавили чистую воду, после прекращения работы фонтана, открыли колбы, смешали их содержимое. Полученную жидкость выпарили, и в чашке остались бесцветные кристаллы. Что это за кристаллы? Какова их масса (потерями при выпаривании пренебречь)?

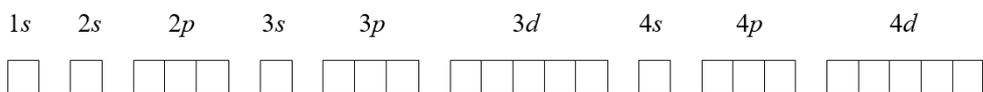
(15 баллов)

#### Решение

- 1) А - хлороводород, Б- аммиак. (2 балла, вместо HCl также подходит любой галогеноводород).
- 2) Это хорошо растворимые в воде газы, поэтому при попадании первой порции воды с лакмусом все содержимое колб растворяется в жидкости, изменяется среда (на кислую и щелочную соответственно), а в колбе создается область пониженного давления, заставляющая «фонтан» работать (объяснение - 4 баллов, просто указание на пониженное давление без указания причин его возникновения, то есть хорошей растворимости газов - 2 балла)
- 3) Нет, масса не будет одинаковой, поскольку изначально в колбах содержалась разная масса газов. Масса хлороводорода  $m(\text{HCl}) = 0.56/22.4 \cdot 36.5 = 0.9125$  г,  $m(\text{NH}_3) = 0.56/22.4 \cdot 17 = 0.425$  г,  $\Delta m = 0.4875$  г. Разница есть, хоть и незначительная (просто ответ да/нет - 1 балл, полный ответ с расчетом - 3 балла)
- 4) Если так сделать, пойдет белый дым, состоящий из мелких частиц кристаллического хлорида аммония. Из двух газообразных продуктов образуется твердый, и мы наблюдаем дым. (2 балла - признак, 2 балла - указание на образование твердого продукта)
- 5) Это хлорид аммония, его масса будет равняться сумме масс содержащихся в колбах аммиака и хлороводорода ( $0.9125 + 0.425 = 1.3375$  г) (1 балл - название продукта, полный ответ с расчетом - 2 балла)

3. Элемент второй группы Периодической таблицы в древности носил название «мягкий камень», а сегодня его соединения широко применяют в строительстве. В природе этот элемент встречается в составе минералов, например, известняка или гипса. Самое высокое содержание этого элемента в организме человека сосредоточено в скелете и зубах. Атом этого элемента содержит равное число протонов и нейтронов, но не находится в третьем периоде.

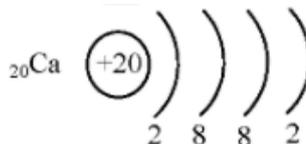
1. Назовите описанный элемент. Сколько протонов и нейтронов содержит его ядро? **(2 балла)**
2. Какие соединения этого элемента вам известны? Приведите три примера, напишите их химические формулы. **(3 балла)**
3. Изобразите схему электронного строения атома этого элемента. **(2 балла)**
4. Заполните электронно-графическую формулу, расположив электроны на соответствующих уровнях и орбиталях. Обозначайте каждый электрон одной стрелочкой ( $\uparrow$  и  $\downarrow$ ) и помните, что на одной орбитали не могут находиться более двух электронов. **(3 балла)**

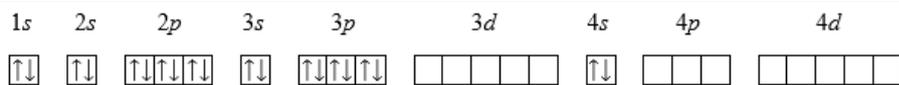


(10 баллов)

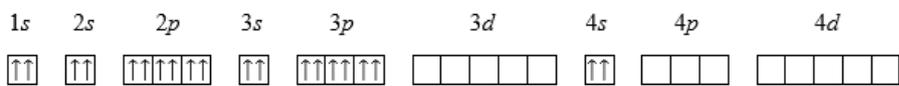
### Решение

1	<p>Описанный элемент – это <b>кальций</b>. <b>(1 балл)</b></p> <p>Порядковый номер Ca – 20, а масса его ядра – 40 а.е.м. Число протонов в ядре атома равно порядковому номеру элемента (<b>20 протонов</b>), а число нейтронов равно разности между массой ядра и числом протонов (<math>40 - 20 =</math> <b>20 нейтронов</b>) <b>(1 балл)</b></p>	<b>2 балла</b>
2	<p>Допустимы любые соединения кальция, например:</p> <p>оксид кальция <b>CaO (1 балл)</b></p> <p>хлорид кальция <b>CaCl<sub>2</sub> (1 балл)</b></p> <p>карбонат кальция <b>CaCO<sub>3</sub> (1 балл)</b></p>	<b>3 балла</b>
3	<p>Необходимо верно изобразить схему электронного строения атома Ca, помня о том, что девятнадцатый и двадцатый электроны находятся не на третьем уровне, а на четвертом. <b>(2 балла)</b></p>	<b>2 балла</b>
4	<p>Необходимо верно заполнить электронно-графическую формулу атома Ca, помня о том, что девятнадцатый и двадцатый электроны находятся не на третьем уровне, а на четвертом, а два электрона на одной орбитали имеют разное спиновое число и обозначаются <math>\uparrow</math> и <math>\downarrow</math>.</p> <p>Верно заполненная электронно-графическая формула <b>(3 балла)</b>:</p>	<b>3 балла</b>





или частично верно заполненная электронно-графическая формула (1 балл):



4. Соединение  $A_{n+1}(B)_n(C)_n$  является широко распространенным природным минералом, обладающим насыщенным цветом, благодаря которому он стал популярным коллекционным камнем. С древнейших времён данное соединение использовалось как пигмент в изобразительном искусстве для приготовления синей краски, а также в пиротехнике для получения смесей, горящих зеленым цветом. Самый крупный экземпляр  $A_3(B)_2(C)_2$  массой более четырех тонн хранится в музее и называется «Поющий камень».

Элемент **A** является металлом, обладающим характерной цветовой окраской. Этот окрас объясняется наличием электронных переходов между заполненной  $n$  и полупустой  $(n+1)$  атомными орбиталями, энергетическая разница между ними соответствует длине волны оранжевого света. **A** входит в состав сплава, ранее часто применяющегося для изготовления памятников и оружия. Одним из способов получения данного металла в производстве является электролиз водных растворов сульфата **A** (реакция 1).

**B** является остатком слабой кислоты. Средняя соль **AB** является нерастворимым соединением, которое разлагается под действием сильных кислот с образованием соли сильной кислоты, воды и газа (реакция 2).

Амфотерное соединение  $A(C)_2$  представляет собой нерастворимый осадок синего цвета, который можно получить при взаимодействии соли, образующейся в результате реакции 2, со щелочью (реакция 3). Взаимодействие с  $A(C)_2$  является качественной реакцией на многоатомные спирты, в результате которой осадок растворяется и образуется окрашенный раствор ярко-синего цвета.

1. Определите элемент **A**. Если оксид данного элемента **AO** имеет черную окраску, а массовая доля металла составляет 80%. О каком сплаве, применяющемся в монументальном искусстве, идет речь в тексте? Электронный переход с какого энергетического уровня приводит к окраске металла **A**?

2. Напишите уравнение реакции 1. Обозначьте реакции, протекающие на катоде и аноде в процессе электролиза.

3. Напишите уравнение реакции 2 – взаимодействия **AB** с соляной кислотой. Остатком какой кислоты является **B**?

4. Напишите уравнение реакции 3. Укажите, что собой представляет **C** в составе минерала.

5. Напишите формулу искомого минерала, в которой  $n$  соответствует валентности металла **A**.

(15 баллов)

### Решение

1. Если массовая доля металла в оксиде состава **AO** 80%

$$\omega = \frac{M(A)}{M(AO)} = 0,8$$

$$M(A) = 0,8 * M(AO)$$

Обозначим атомную массу металла –  $x$ , тогда:

$$x = 0,8 * (x + 16)$$

$$x = 64$$

Атомная масса искомого металла составляет 64 г/моль, то есть элементом **А** является медь. – **2 балла**.

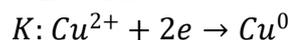
Медь входит в состав бронзы, используемой в монументальном искусстве. – **1 балл**.

Электронный переход с 3 заполненного на 4 полупустой энергетический уровни является причиной оранжево-розовой окраски металла. – **1 балл**.

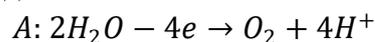
2. Сульфат меди является сильным электролитом и в растворе диссоциирует на ионы:



Реакция, протекающая на катоде: - **2 балла**



Реакция, протекающая на аноде: - **2 балла**



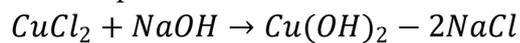
Общее уравнение реакции: - **3 балла**



3. Так как **В** – является остатком угольной кислоты: - **2 балла**



4. Запишем уравнение реакции хлорида меди и щелочи: - **1 балл**



Компонент минерала С – гидроксид – ион  $OH^-$ .

5. Формула искомого минерала азурита –  $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$  – **1 балл**.