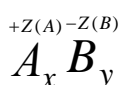


1. Название этого элемента связано с озорным духом, который любил подшучивать над горняками. Его применяют: при создании суперсплавов, в медицине и даже при изготовлении монет. Поэтому в США в разговорной речи монету в 5 центов нередко называют этим металлом. Оксид этого элемента, содержащий 21,33 % кислорода по массе используют как зелёный пигмент для стекла, глазури и керамики. А оксид, который содержит 28,92 % кислорода, используют для создания анодов щелочных аккумуляторов. Определите элемент и формулы его оксидов. Ответ подтвердите расчетами.

(10 баллов)

Решение.

1. Воспользуемся законом эквивалентов:



$$\frac{z(B)}{z(A)} = \frac{x}{y} \quad (1)$$

$$\frac{\omega(A)}{\omega(B)} = \frac{Mr(1/z(A)A)}{Mr(1/z(B)B)} \quad (2)$$

где: $\omega(A)$ и $\omega(B)$ - массовые доли элементов в соединении, %

$Mr(1/z(A)A)$ и $Mr(1/z(B)B)$ - молярные массы эквивалентов, которые выражаются как:

$$Mr(A) = z(A) * Mr(1/z(A)A) \quad (3)$$

$Mr(A)$ - молярная масса, г/моль.

$z(A)$ - эквивалентное число.

(2 балла)

2. Вычислим эквивалент кислорода в оксидах, учитывая, что степень окисления кислорода равна -2:

$$Mr(1/2 O) = 8 \text{ г/моль.}$$

(1 балл)

Далее находим содержание искомого элемента в оксидах, %.

Таблица 1

Номер оксида	Содержание кислорода, %	Содержание элемента, %
1	21,33	78,67
2	28,92	71,08

(1 балл)

3. Далее найдем по уравнению (2), которое переписется в виде $Mr(1/z(A)) = \frac{\omega(A)}{\omega(O)} * Mr(1/2O)$, молярную массу эквивалента искомого

компонента, результаты расчета представлены в таблице ниже:

Таблица 2

Номер оксида	$Mr(1/z(A)A)$
1	29,5
2	19,7

(1 балл)

4. Предположим, что элемент во всех оксидах имеет целочисленную степень окисления и соответственно эквивалентное число. Тогда методом перебора, воспользовавшись уравнением (3) найдем молярную массу искомого компонента.

Таблица 3

Номер оксида	1		2	
	$z(A)$	$Mr(A)$	$Mr(A)$	Элемент соответствующий $Mr(A)$
1	29,5	----	19,7	----
2	59	Ni	39,3	≈Ar или K
3	88,5	Y	59	Ni
4	118	----	78,7	Se
5	147,5	Pm	98,3	----
6	177	----	118	Sn

(2 балла)

5. Только никель повторяется в двух столбцах, и удовлетворяет описанию элемента в условиях задачи. Искомый элемент - никель.

(1 балл)

6. Найдем формулу оксидов никеля используя уравнение (1) и результаты расчетов таблицы 3, при том что $z(B)=2$, всегда, так как кислород:

Оксид №1 с содержанием кислорода 21,33 % имеет $z(A)=2$, тогда $\frac{y}{x} = \frac{z(A)}{z(B)} = \frac{z(Ni)}{z(O)} = \frac{2}{2} = \frac{1}{1}$, соответственно оксид имеет формулу NiO .

Оксид №2 с содержанием кислорода 28,92% имеет $z(A)=3$, тогда $\frac{y}{x} = \frac{z(A)}{z(B)} = \frac{z(Ni)}{z(O)} = \frac{3}{2}$, соответственно оксид имеет формулу Ni_3O_2 .

(2 балла)

(Итого 10 баллов)

2. Смесь средних солей массой 61,9 г растворили в воде. Сюда же по каплям добавляли раствор нитрата серебра до прекращения выпадения осадка, масса которого после фильтрования и сушки составила 52,2 г. К оставшемуся фильтрату добавили сульфат натрия в избытке, при этом выпал осадок, не имеющий в своём составе ионов серебра, массой 46,6 г.

Задания:

- 1) Необходимо определить массовые доли солей в исходной смеси, если известно, что в ее состав входили $Ba(NO_3)_2$, $BaCl_2$, NaI .
- 2) Приведите химические уравнения протекающих процессов
- 3) Напишите качественные реакции для определения Ba^{2+} , Na^+ , I^- , Cl^- , с указанием качественного признака.

Рассчитайте суммарную массу образовавшихся нитратов (!) в процессе всех превращений. (Итого 15 баллов)

Решение и разбалловка

	Решение	Баллы
1	<p>Пусть x, y, z – количество моль $Ba(NO_3)_2$, $BaCl_2$ и NaI в смеси, соответственно. Тогда массы солей можно рассчитать, как произведение количества моль соли на ее молярную массу:</p> <p>261x г. – масса $Ba(NO_3)_2$, 208y г. – масса $BaCl_2$, 150z г. – масса NaI, следовательно</p> $261x + 208y + 150z = 61.9.$ <p>При добавлении нитрата серебра выпадают осадки $AgCl$ и AgI, причем количество $AgCl$ равно $2y$ моль, а AgI –</p>	5

	<p>z моль, массы этих солей составляют</p> <p>$2y \cdot 143.5$ и $z \cdot 235$, значит</p> <p>$287y + 235z = 52.2$.</p> <p>При добавлении сульфата натрия выпадает осадок BaSO_4, причем его количество равно $(x + y)$ моль, а масса – $(x + y) \cdot 233$, поэтому</p> <p>$233(x + y) = 46.6$.</p> <p>Решая систему из трех полученных уравнений, находим, что $x = 0.1$ моль, $y = 0.1$ моль, $z = 0.1$ моль. Массы солей в смеси составляют 26.1 г, 20.8 и 15.0, а массовые доли:</p> <p>$w(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 26.1/61.9 \cdot 100\% = 42.2$,</p> <p>$w(\text{BaCl}_2) = 20.8/61.9 \cdot 100\% = 33.6$,</p> <p>$w(\text{NaI}) = 100 - 42.2 - 33.6 = 24.2$.</p>	
2	<p>А) $\text{BaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$</p> <p>Б) $\text{NaI} + \text{AgNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{AgI}$</p> <p>В) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaNO}_3$</p> <p>Г) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$</p>	4
3	<p>Ba^{2+}: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HNO}_3$ (белый осадок)</p> <p>Na^+: ионы натрия окрашивают пламя в желтый цвет</p> <p>Г: взаимодействие с крахмалом (синее окрашивание)</p> <p>Cl^-: $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{HNO}_3 + \text{AgCl}$ (белый осадок)</p>	4
4	<p>А) $m_1(\text{NaNO}_3) = \nu(\text{NaI}) \cdot M(\text{NaNO}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 8,5 \text{ г}$</p> <p>$m_2(\text{NaNO}_3) = 2\nu(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{NaNO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 17 \text{ г}$</p> <p>В) $m_\Sigma(\text{NaNO}_3) = m_1 + m_2 = 25,5 \text{ г}$</p>	2

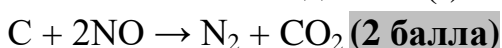
(Итого 15 баллов)

Задача 3

Простое вещество X сгорает в атмосфере бесцветного газа Y с образованием простого газообразного вещества Z и сложного газообразного вещества W, входящих в состав атмосферного воздуха. При взаимодействии вещества W с оксидом кальция образуется осадок белого цвета массой 5 г, а вещество Z при обычных условиях взаимодействует с литием. Определите вещества X, Y, Z, W и составьте уравнения реакций. Рассчитайте массу вещества W **(10 баллов)**.

Решение.

1. Поскольку в условиях задачи сказано, что вещества Z и W являются газообразными и входят в состав атмосферного воздуха, при этом одно из них простое, а другое сложное, то предположительно вещество Z – азот N₂, W – углекислый газ CO₂. Следовательно, простое вещество X – углерод C, а бесцветный газ Y – оксид азота (I) NO **(2 балла)**.



2. При взаимодействии вещества W – углекислого газа CO₂ с оксидом кальция образуется осадок белого цвета – карбонат кальция CaCO₃:



3. Вещество Z – азот N₂ при обычных условиях взаимодействует только с литием:



4. Найдем массу вещества W – CO₂:

$$1. \nu(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{5 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$\nu(CaCO_3) = \nu(CO_2) = 0,05 \text{ моль} \text{ (1 балл)}$$

$$2. m(CO_2) = \nu(CO_2) \times M(CO_2) = 0,05 \text{ моль} \times 44 \text{ г/моль} = 2,2 \text{ г} \text{ (1 балл)}$$

Ответ: X – C; Y – NO; Z – N₂; W – CO₂. Масса вещества W (CO₂) = 2,2 г.

Задача 4.

При сжигании вещества A в кислороде образовался газ B – вещество с резким кислым запахом. Про A известно, что в природе оно может встречаться в самородном виде или в составе соединений, главным образом, солей. Рекордные запасы этого вещества находятся в Средней Азии, Польше, Мексике, на юге Италии. В природе это вещество образовалось в ходе вулканической деятельности или в результате деятельности соответствующих бактерий.

Интересно, что в составе вещества **X** основной компонент вещества **A** проявляет лечебные свойства – воды, содержащие **X**, применяют в санаторно-курортном лечении. Получить вещество **X** можно следующим образом: вначале надо взять 5 г серого порошка **C** и 9 г желтого порошка **A**, при этом если считать, что серый порошок полностью вошел в состав нового вещества **D**, то его масса составит 13,89 г. Далее вещество **D** необходимо обработать водой, при этом начнет выделяться вещество с неприятным тухлым запахом –это и будет вещество **X**.

1. Назовите вещества **A**, **B**, **C**, **D**, **X**. Напишите уравнения
2. Напишите уравнение образования вещества **D**, свой ответ подтвердите расчетами.
3. Напишите уравнение реакции вещества **D** с водой – получение вещества **X**. Приведите еще один известный лабораторный метод получения этого вещества

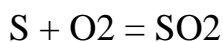
Еще одним интересным свойством вещества **A** является способность реагировать с сульфитами, при этом образуется соединение **Y**, применяемое в йодометрии (реакция 1,2). Также **A** нашло применение в черно-белой фотографии, поскольку растворяет бромид серебра (реакция 3). Известно, что оно даже получило собственное название «антихлор», поскольку применяется для нейтрализации хлора (реакция 4).

4. Назовите вещество **Y**, приведите его графическую структуру. Напишите уравнения реакций 1,2,3 и 4.

(15 баллов).

Решение.

1. А – сера, В – диоксид серы, С – оксид алюминия, D – сульфид алюминия, X – сероводород
2. Элемент А – сера, при горении которой образуется сернистый газ или диоксид серы, обладающий резким кислым запахом:



Так как серый порошок полностью (5 г) вошел в состав вещества D, то серы в его составе оказалось $13,89 - 5 = 8,89$ г. Тогда массовая доля серы в нем $\omega(S) = 8,89/13,89 = 0,64$, а молярная масса D $M_D = 32n/0,64 = 50n$, где n – число молей атомов серы в одном моле D.

При $n = 1$ $M_D = 50 \Rightarrow M_{\text{остатка}} = 50 - 32 = 18$, что могло бы соответствовать двум атомам Be, но вещества Be_2S не бывает

При $n = 2$ $M_D = 100 \Rightarrow M_{\text{остатка}} = 100 - 2 \cdot 32 = 36$, что могло бы соответствовать трем атомам С, но трудно ожидать, чтобы сера реагировала с углеродом со вспышкой, да и вещество C_3S_2 не является твердым, а представляет из себя красную летучую жидкость

При $n = 3$ $M_D = 150 \Rightarrow M_{\text{остатка}} = 150 - 3 \cdot 32 = 54$, что соответствует двум атомам Al. Такой состав хорошо согласуется с привычными степенями окисления для этих элементов. Порошок алюминия действительно имеет серый цвет, а его смесь с серой вспыхивает от пламени и приводит к образованию твердого сульфида алюминия (вещество D):



Уравнение реакции сульфида алюминия с водой (образование X):



3. Сероводород в лаборатории обычно получают взаимодействием сульфида железа с соляной кислотой: $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S \uparrow$ но подойдут и некоторые другие сульфиды (с не очень низкой растворимостью) и другие не окисляющие кислоты. Другой весьма удобный способ его получения – нагревание расплава смеси серы с парафином: $C_xH_y + S = C_xH_{y-2} + H_2S \uparrow (t, ^\circ C)$ Очевидный, казалось бы, метод – нагревание расплавленной серы в токе водорода: $H_2 + S = H_2S (t, ^\circ C)$ – практически не используется из-за того, что водород не реагирует полностью и в результате получается смесь сероводорода и

Верно записано уравнение гидролиза сульфида алюминия, приведен один из указанные в ответе способ получения сероводорода – 3 б

Допущена ошибка в уравнениях, не расставлены коэффициенты – 2 б

Записано одно уравнение – гидролиз или получение сероводорода – 1б

Неверно записаны уравнения – 0б

Всего – 3б.

Пункт 4:

Верно записаны 4 реакции, приведена структурная формула тиосульфата натрия (калия) – 5 б

Верно записаны 4 реакции, нет формулы тиосульфата натрия (калия) – 4б

Верно записаны 3 реакции – 3 б

Верно записаны 2 реакции – 2б

Верно записана 1 реакция – 1 б

Не записаны реакции, нет формулы тиосульфата – 0б

Всего – 5б.

Всего за задачу – 15 б.