

Составьте уравнение реакции, сделайте вывод о возможности взаимодействия солей с другими солями. Проверьте, возможна ли реакция между хлоридом натрия и карбонатом калия.

Оформите отчет о проделанной работе.

§ 26. Взаимосвязь между основными классами неорганических веществ

Вы уже знаете, что многие простые вещества — металлы и неметаллы — соединяются с кислородом, образуя основные и кислотные оксиды. Например, металл кальций образует основной оксид CaO , а неметалл фосфор — кислотный оксид P_2O_5 . Вам также известно, что основные и кислотные оксиды, присоединяя воду, превращаются в гидраты оксидов, или гидроксиды, которые делятся на основания и кислородсодержащие кислоты. Так, вышеуказанный оксид кальция в результате гидратации образует гидроксид — основание Ca(OH)_2 , а оксид фосфора(V) превращается в гидроксид, являющийся кислотой H_3PO_4 . Гидроксиды же, реагируя с другими веществами, образуют соли. Последовательность всех перечисленных превращений можно изобразить в виде общей схемы, в которой переходы от веществ одних классов к веществам других классов условно обозначены стрелками:

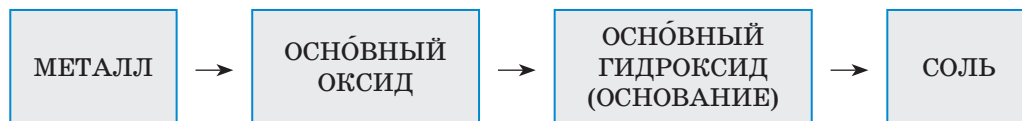


Из этой схемы видно, что простые вещества, оксиды, гидроксиды и соли, последовательно «порождая» друг друга, образуют ряд взаимосвязанных между собой веществ.

Известны два типа таких рядов — ряды взаимосвязи металлов и их соединений и ряды взаимосвязи неметаллов и их соединений.

Ряды взаимосвязи металлов и их соединений

Каждый такой ряд состоит из металла, его основного оксида, основания и любой соли этого же металла:



Приведем примеры таких рядов:

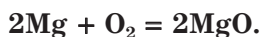
ряд кальция: $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$;

ряд натрия: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4$;

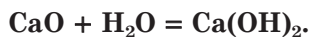
ряд магния: $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{соль} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2$;

ряд железа: $\text{Fe} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{соль} \rightarrow \text{Fe(OH)}_2 \rightarrow \text{FeSO}_4$.

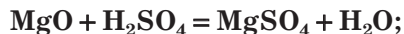
Для перехода от металлов к основным оксидам во всех этих рядах используются реакции соединения с кислородом, например:



Переход от основных оксидов к основаниям в первых двух рядах осуществляется путем известной вам реакции гидратации, например:



Что касается последних двух рядов, то содержащиеся в них оксиды MgO и FeO с водой не реагируют. В таких случаях для получения оснований эти оксиды сначала превращают в соли, а их — в основания (в соответствующих рядах это обозначается символом $\rightarrow \text{соль} \rightarrow$). Например, для осуществления перехода от оксида MgO к гидроксиду Mg(OH)_2 используют последовательные реакции:



Переходы от оснований к солям осуществляются уже известными вам реакциями. Так, растворимые основания (щёлочи), находящиеся в первых двух рядах, превращаются в соли под действием кислот, кислотных оксидов или солей. Нерастворимые основания из последних двух рядов образуют соли под действием кислот.

Ряды взаимосвязи неметаллов и их соединений

Каждый такой ряд состоит из неметалла, кислотного оксида, соответствующей кислоты и соли, содержащей анионы этой кислоты:



Приведем примеры таких рядов:

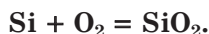
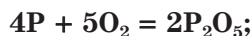
ряд фосфора: $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4$;

ряд углерода: $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3$;

ряд серы: $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{MgSO}_3$;

ряд кремния: $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{соль} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3$.

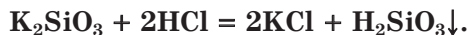
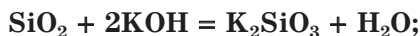
Для перехода от неметаллов к кислотным оксидам во всех этих рядах используются реакции соединения с кислородом, например:



Переход от кислотных оксидов к кислотам в первых трех рядах осуществляется путем известной вам реакции гидратации, например:



Однако вы знаете, что содержащийся в последнем ряду оксид SiO_2 с водой не реагирует. В этом случае его сначала превращают в соответствующую соль, из которой затем получают нужную кислоту (в ряду кремния это отмечено символом $\rightarrow \text{соль} \rightarrow$):



Переходы от кислот к солям могут осуществляться известными вам реакциями с основными оксидами, основаниями или солями.

Общая схема, отображающая взаимосвязь оксидов, кислот, оснований и солей, изображена на рисунке 30.

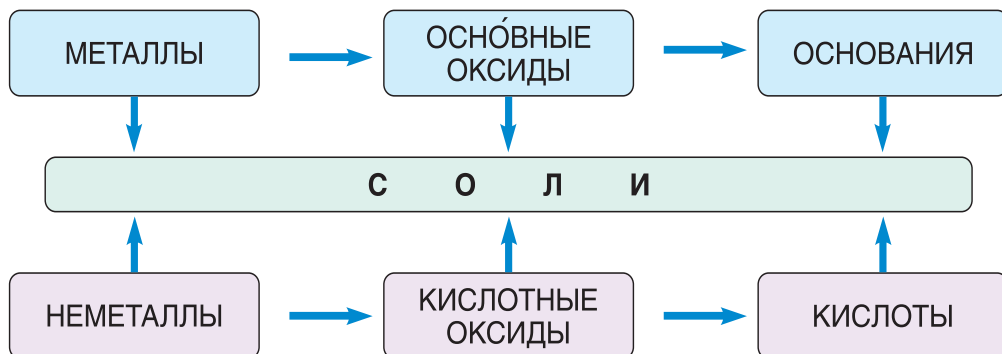


Рис. 30. Схема взаимодействия сложных веществ с образованием солей

Простые вещества, оксиды, основания и соли химически взаимосвязаны между собой.

Различают два типа рядов взаимосвязанных веществ:

1) металл $\rightarrow$ основной оксид $\rightarrow$ основание $\rightarrow$ соль;

2) неметалл $\rightarrow$ кислотный оксид $\rightarrow$ кислота $\rightarrow$ соль.

Сложные вещества, принадлежащие к одному ряду, друг с другом не реагируют.

Сложные вещества, принадлежащие к рядам разных типов, реагируют между собой с образованием солей.

Вопросы и задания

1. Какие из предложенных оксидов — CO , K_2O , SO_3 , FeO , CO_2 — реагируют с водой; с серной кислотой? Напишите уравнения соответствующих реакций и назовите их продукты.
2. Какие из предложенных оксидов — NO , CaO , SO_2 , Na_2O , P_2O_5 — реагируют с оксидом серы(VI); с гидроксидом калия? Напишите уравнения соответствующих реакций и назовите их продукты.
3. С помощью каких химических реакций можно получить гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, имея в своем распоряжении магний и другие необходимые реактивы? Напишите уравнения этих реакций и назовите их продукты.
4. С помощью каких химических реакций можно получить кремниевую кислоту H_2SiO_3 , имея в своем распоряжении кремний и другие необходимые реактивы? Напишите уравнения этих реакций и назовите их продукты.
5. Напишите по одному уравнению реакций кислоты с металлом, основным оксидом и основанием. Постарайтесь в каждом примере использовать разные кислоты и разные металлы. Назовите продукты реакций.
6. С какими из предложенных веществ — Hg , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, HCl , Mg , K_2CO_3 , NaCl — реагирует в водном растворе соль нитрат меди(II) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$? Напишите уравнения соответствующих реакций и назовите их продукты.
7. Напишите уравнения трех реакций, с помощью которых можно получить соль сульфат цинка.
8. Напишите уравнения реакций, с помощью которых карбонат железа(II) FeCO_3 можно превратить в гидроксид железа(II). Назовите продукты реакций.
9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$;
 - б) $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnCl}_2$;
 - в) $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3$;
 - г) $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3$;
 - д) $\text{FeO} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$;
 - е) $\text{CuCO}_3 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}$.

10. В результате взаимодействия карбоната натрия и гидроксида бария образовался осадок массой 19,7 г. Вычислите его химическое количество и массу второго продукта реакции.
11. В смеси гидроксидов натрия и магния общей массой 13,8 г химическое количество NaOH равно 0,2 моль. Рассчитайте общую массу солей, образующихся в результате растворения указанной смеси в соляной кислоте.

Готовимся к олимпиадам

1. Для полного растворения смеси оксида меди(II) и оксида железа(III) общей массой 32 г потребовалась азотная кислота химическим количеством 1 моль. Рассчитайте массовую долю оксида меди(II) в исходной смеси.

§ 27. Решение расчетных задач по теме «Основные классы неорганических соединений»

В предыдущей главе вы познакомились с количественными расчетами по уравнениям реакций. Теперь вам предстоит закрепить свои навыки решения расчетных задач на примерах уравнений реакций с участием оксидов, кислот, оснований и солей.

Пример 1. *Алюминий массой 21,6 г сожгли в кислороде. Рассчитайте массу образовавшегося оксида алюминия.*

Дано:

$$m(\text{Al}) = 21,6 \text{ г}$$

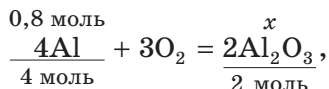
$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = ?$$

Решение

1. Рассчитаем химическое количество исходного алюминия:

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{21,6 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,8 \text{ моль.}$$

2. Зная химическое количество алюминия, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) образовавшегося оксида:



$$\text{откуда получим: } x = \frac{0,8 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{4 \text{ моль}} = 0,4 \text{ моль. Это — } n(\text{Al}_2\text{O}_3).$$

3. Исходя из химического количества оксида алюминия, рассчитаем его массу:

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,4 \text{ моль} \cdot 102 \text{ г/моль} = 40,8 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 40,8 \text{ г.}$

Пример 2. Оксид железа(III) прореагировал с водородом объемом 53,76 дм³ (н. у.). Рассчитайте массу образовавшегося железа.

Дано:

$$V(\text{H}_2) = 53,76 \text{ дм}^3 (\text{н. у.})$$

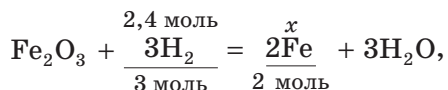
$$m(\text{Fe}) = ?$$

Решение

1. Рассчитаем химическое количество прореагировавшего водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{53,76 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 2,4 \text{ моль.}$$

2. Зная химическое количество водорода, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) образовавшегося железа:



$$\text{откуда получим: } x = \frac{2,4 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{3 \text{ моль}} = 1,6 \text{ моль. Это — } n(\text{Fe}).$$

3. Исходя из химического количества железа, рассчитаем его массу:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 1,6 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 89,6 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{Fe}) = 89,6 \text{ г.}$

Пример 3. Рассчитайте объем (н. у.) метана, при сгорании которого в кислороде образуется вода массой 25,2 г.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 25,2 \text{ г}$$

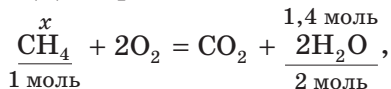
$$V(\text{CH}_4) (\text{н. у.}) = ?$$

Решение

1. Рассчитаем химическое количество образующейся воды:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{25,2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,4 \text{ моль.}$$

2. Зная химическое количество воды, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) сгорающего метана:



$$\text{откуда получим: } x = \frac{1,4 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,7 \text{ моль. Это — } n(\text{CH}_4).$$

3. Исходя из химического количества метана, рассчитаем его объем (н. у.):

$$V(\text{CH}_4) = n(\text{CH}_4) \cdot V_m = 0,7 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 15,68 \text{ дм}^3.$$

Ответ: $V(\text{CH}_4) = 15,68 \text{ дм}^3.$

Пример 4. Рассчитайте объем (н. у.) кислорода, необходимого для полного сгорания водорода объемом 6,72 дм³ (н. у.).

Дано:

$$V(\text{H}_2) = 6,72 \text{ дм}^3 \text{ (н. у.)}$$

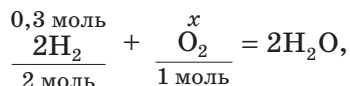
$$V(\text{O}_2) \text{ (н. у.)} = ?$$

Решение

1. Рассчитаем химическое количество исходного водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{6,72 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,3 \text{ моль.}$$

2. Зная химическое количество водорода, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) реагирующего с ним кислорода:



$$\text{откуда получим: } x = \frac{0,3 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,15 \text{ моль. Это — } n(\text{O}_2).$$

3. Исходя из химического количества кислорода, рассчитаем его объем (н. у.):

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_m = 0,15 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 3,36 \text{ дм}^3.$$

$$\text{Ответ: } V(\text{O}_2) = 3,36 \text{ дм}^3.$$

Пример 5. Рассчитайте объем (н. у.) углекислого газа и массу оксида кальция, которые образуются при нагревании карбоната кальция массой 125 г.

Дано:

$$m(\text{CaCO}_3) = 125 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) \text{ (н. у.)} = ?$$

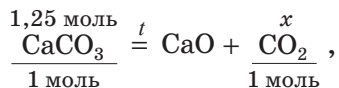
$$m(\text{CaO}) = ?$$

Решение

1. Рассчитаем химическое количество исходного карбоната кальция:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{125 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 1,25 \text{ моль.}$$

2. Зная химическое количество карбоната кальция, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) образующегося углекислого газа:

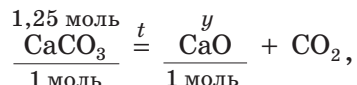


$$\text{откуда получим: } x = \frac{1,25 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1,25 \text{ моль. Это — } n(\text{CO}_2).$$

3. Исходя из химического количества оксида углерода(IV), рассчитаем его объем (н. у.):

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 1,25 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 28 \text{ дм}^3.$$

4. Зная химическое количество карбоната кальция, по уравнению реакции найдем химическое количество (y) образующегося оксида кальция:



откуда получим: $x = \frac{1,25 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1,25 \text{ моль}$. Это — $n(\text{CaO})$.

5. Исходя из химического количества оксида кальция, рассчитаем его массу:

$$m(\text{CaO}) = n(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO}) = 1,25 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 70 \text{ г}.$$

Ответ: $V(\text{CO}_2) = 28 \text{ дм}^3$; $m(\text{CaO}) = 70 \text{ г}$.

Пример 6. В смеси цинка с алюминием массовая доля цинка составляла 82,8 %. Эту смесь массой 15,7 г растворили в соляной кислоте. Рассчитайте объем (н. у.) выделившегося при этом водорода.

Дано:

$$m(\text{смеси}) = 15,7 \text{ г}$$

$$w(\text{Zn}) = 82,8 \%$$

$$V(\text{H}_2) \text{ (н. у.)} = ?$$

Решение

1. Рассчитаем массу цинка в исходной смеси металлов:

$$m(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{m(\text{смеси})};$$

$$m(\text{Zn}) = w(\text{Zn}) \cdot m(\text{смеси}) = 0,828 \cdot 15,7 \text{ г} = 13 \text{ г}.$$

2. Вычислим массу алюминия в исходной смеси:

$$m(\text{Al}) = m(\text{смеси}) - m(\text{Zn}) = 15,7 - 13 = 2,7 \text{ г}.$$

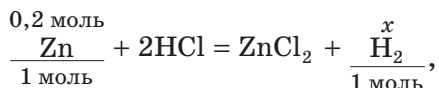
3. Найдем химическое количество исходного цинка:

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{13 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

4. Рассчитаем химическое количество исходного алюминия:

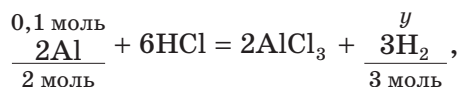
$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{2,7 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$$

5. Зная химическое количество цинка, по уравнению реакции найдем химическое количество (x) вытесненного им водорода:



откуда получим: $x = \frac{0,2 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 0,2 \text{ моль}$. Это — $n_1(\text{H}_2)$.

6. Зная химическое количество алюминия, по уравнению реакции определим химическое количество (y) вытесненного им водорода:



откуда получим: $y = \frac{0,1 \text{ моль} \cdot 3 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,15 \text{ моль}$. Это — $n_2(\text{H}_2)$.

7. Вычислим общее химическое количество водорода, выделившегося в результате обеих реакций:

$$n_{\text{общ}}(\text{H}_2) = n_1(\text{H}_2) + n_2(\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль} + 0,15 \text{ моль} = 0,35 \text{ моль}.$$

8. Зная общее химическое количество водорода, рассчитаем его общий объем:

$$V_{\text{общ}}(\text{H}_2) = n_{\text{общ}}(\text{H}_2) \cdot V_{\text{м}} = 0,35 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 7,84 \text{ дм}^3.$$

Ответ: $V_{\text{общ}}(\text{H}_2) = 7,84 \text{ дм}^3$.

Вопросы и задания

1. Хлор объемом $16,8 \text{ дм}^3$ (н. у.) прореагировал с алюминием. Рассчитайте массу продукта реакции.
2. В результате реакции оксида меди(II) с водородом была получена медь массой 48 г. Рассчитайте объем (н. у.) прореагировавшего водорода.
3. В результате сгорания метана в кислороде был получен углекислый газ объемом $5,6 \text{ дм}^3$ (н. у.). Рассчитайте массу воды, образовавшейся в результате данной реакции.
4. Рассчитайте объемы (н. у.) водорода и кислорода, при взаимодействии которых образуется вода массой 45 г.
5. В результате сгорания фосфора в кислороде образовался оксид фосфора(V) массой 56,8 г. Вычислите массу фосфора и объем (н. у.) кислорода, вступивших в реакцию.

6. В результате реакции сульфата железа(III) с гидроксидом калия образовался гидроксид железа(III) химическим количеством 0,04 моль. Найдите массу прореагировавшей щёлочи.
7. Кальций массой 52 г прореагировал с водой. Рассчитайте массу образовавшегося гидроксида и объем (н. у.) выделившегося газа.
8. В результате реакции алюминия с серной кислотой выделился газ объемом 6,72 дм³ (н. у.). Вычислите массу образовавшейся при этом соли.
9. Одним из продуктов реакции нейтрализации является фосфат калия массой 63,6 г. Найдите химические количества веществ, вступивших в данную реакцию.
10. Найдите объем (н. у.) газообразного кислотного оксида и массу щёлочи, при взаимодействии которых образуется карбонат калия массой 41,4 г.
11. В результате взаимодействия двух солей образовались сульфат бария массой 23,3 г и хлорид натрия. Чему равна его масса?

Готовимся к олимпиадам

1. В результате нагревания гидроксида неизвестного металла образовалось твердое вещество черного цвета. Его ввели в реакцию с водородом и получили металл красноватого цвета массой 19,2 г. Определите неизвестный металл и массу исходного гидроксида.