

**Гидролиз (разложение водой)** – обменные реакции, протекающие с участием воды. Гидролизу подвергаются бинарные соединения (например  $\text{SCl}_4$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ), некоторые соли и органические вещества. Важно: реакции гидролиза протекают с сохранением степеней окисления элементов!

- 1) Гидролиз бинарных соединений протекает необратимо по схеме:  
*Бинарное соединения +  $\text{H}_2\text{O}$  = водородное соединение + гидроксид<sup>1</sup>*

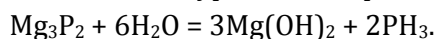
**Пример 1. Гидролиз  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ .**

Шаг 1. Расставляем степени окисления:  $\text{Mg}_3^{+2}\text{P}_2^{-3}$ .

Шаг 2. Отрицательно заряженный элемент превращаем в соответствующее водородное соединение  $\text{P}^{-3} \rightarrow \text{PH}_3$ .

Шаг 3. Положительно заряженный элемент превращаем в гидроксид. Магний – металл с невысокой степенью окисления, ему соответствует основание:  $\text{Mg}^{+2} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Шаг 4. Составляем и уравниваем реакцию:



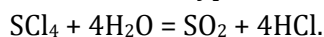
**Пример 2. Гидролиз  $\text{SCl}_4$ .**

Шаг 1. Расставляем степени окисления:  $\text{S}^{+4}\text{Cl}_4^{-}$ .

Шаг 2. Отрицательно заряженный элемент превращаем в соответствующее водородное соединение  $\text{Cl}^{-} \rightarrow \text{HCl}$ .

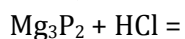
Шаг 3. Положительно заряженный элемент превращаем в гидроксид. Сера – неметалл, ей соответствует кислота:  $\text{S}^{+4} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ . Поскольку сернистая кислота неустойчива, расписываем ее на  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , в продукты реакции записываем только оксид.

Шаг 4. Составляем и уравниваем реакцию:



**Пример 3. Гидролиз в присутствии кислоты или щелочи.**

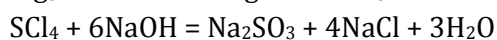
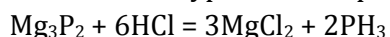
Представим, что необходимо составить следующие уравнения:



Шаг 1. Определяем, какие вещества должны образоваться при обычном гидролизе этих веществ:  $\text{Mg}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{PH}_3$  и  $\text{SCl}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{HCl}$ .

Шаг 2. Выбираем, какие из образующихся веществ могли бы прореагировать с кислотой или щелочью и определяем продукты их взаимодействия. В первом случае с кислотой может прореагировать только  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  с образованием  $\text{MgCl}_2$ , во втором случае со щелочью реагируют оба вещества с образованием  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и  $\text{NaCl}$  соответственно.

Шаг 3. Составляем и уравниваем реакцию:



---

<sup>1</sup> Под гидроксидом понимается вещество, состоящее из водорода, кислорода и еще одного элемента, то есть кислота или основание.

### Упражнения:

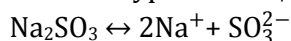
- Составьте уравнения необратимого гидролиза
  - фосфида кальция
  - нитрида калия
  - силицида натрия
  - гидрида магния
  - карбида алюминия
  - бромиды фосфора (V)
  - сульфида углерода
  - бромиды серы (IV)
  - хлорида кремния
  - хлорида углерода
- Допишите уравнения реакций
  - $CS_2 + NaOH =$
  - $Ca_3N_2 + HCl =$
  - $SBr_4 + KOH =$
  - $Na_4Si + HCl =$
  - $PCl_5 + NaOH =$
  - $Al_4C_3 + NaOH =$
- Порошок магния нагрели с избытком кремния. Полученное твёрдое вещество частично растворилось в соляной кислоте с выделением газа, который пропустили через раствор щёлочи. При подкислении образовавшегося раствора соляной кислотой раствор помутнел вследствие образования нерастворимого в воде вещества. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.
- Фосфор сожгли в избытке хлора. Продукт реакции растворили в избытке раствора гидроксида натрия. К полученному раствору добавили раствор хлорида кальция. Образовавшийся осадок нагрели с избытком концентрированной серной кислоты. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.
- Кремний сожгли в атмосфере хлора. Полученный хлорид обработали водой. Выделившийся при этом осадок прокалили. Составьте уравнения описанных реакций.
- В 15%-ном растворе серной кислоты массой 300 г растворили карбид алюминия. Выделившийся при этом метан занял объём 2,24 л (н.у.). Рассчитайте массовую долю серной кислоты в полученном растворе.
- Хлорид фосфора(V) массой 4,17 г полностью прореагировал с водой. Какой объём раствора гидроксида калия с массовой долей 10% (плотностью 1,07 г/мл) необходим для полной нейтрализации полученного раствора?
- Газообразный аммиак, выделившийся при гидролизе нитрида магния, растворили в воде. На нейтрализацию полученного раствора пошло точно 150 г 8%-ной азотной кислоты. Определите объём (н.у.) выделившегося аммиака и массу исходного нитрида магния, вступившего в реакцию с водой.
- Фосфор массой 9,3 г прореагировал при нагревании с избытком хлора. Полученный хлорид растворили в 700 г 20%-ного раствора гидроксида калия. Определите массовую долю гидроксида калия в полученном растворе.
- 7,2 г смеси карбидов кальция и алюминия обработали кислотой, получили 11,2 л (н.у.) смеси газов. Определите объёмную долю ацетилена в смеси.
- Карбид кальция массой 6,4 г растворили в 87 мл бромоводородной кислоты ( $\rho = 1,12$  г/мл) с массовой долей 20%. Какова массовая доля бромоводорода в образовавшемся растворе?
- Смесь кальция с фосфором общей массой 12 г сильно нагрели. После окончания реакции полученное вещество частично растворилось в избытке соляной кислоты с выделением 1,68 л (н. у.) газа с неприятным запахом. Рассчитайте массовые доли (в %) простых веществ в исходной смеси.
- Определите массовую долю щёлочи в растворе, полученном при добавлении 14 г нитрида лития к 300 г 6% раствора гидроксида лития ( $\rho = 1.25$  г/мл).

## 2) Гидролиз солей

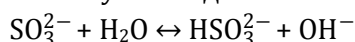
За редким исключением, гидролиз солей является обратимым. Движущей силой гидролиза является связывание ионов, образующихся при диссоциации соли. Чтобы записать уравнение гидролиза, нужно определить, какие по силе<sup>2</sup> кислота и основание соответствуют этой соли и составить реакцию обмена между «слабым» ионом и одной молекулой воды.

**Пример 4.** Гидролиз  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Этой соли соответствуют сильное основание  $\text{NaOH}$  и слабая кислота  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

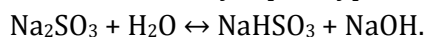
Шаг 1. Запишем уравнение диссоциации соли:



Шаг 2. Запишем реакцию обмена между ионом, соответствующим слабому электролиту, и ОДНОЙ молекулой воды:



Шаг 3. Составим молекулярное уравнение гидролиза, просуммировав эти уравнения:



В данном случае с водой взаимодействует анион, поэтому говорят, что протекает гидролиз по аниону. В результате гидролиза накапливаются ионы  $\text{OH}^-$ , поэтому раствор соли будет иметь щелочную среду ( $\text{pH} > 7$ ) и изменять окраску индикаторов:



фенолфталеин



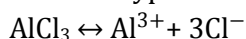
лакмус



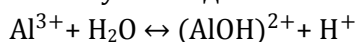
метилоранж

**Пример 5.** Гидролиз  $\text{AlCl}_3$ . Этой соли соответствуют слабое основание  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и сильная кислота  $\text{HCl}$ .

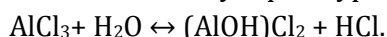
Шаг 1. Запишем уравнение диссоциации соли:



Шаг 2. Запишем реакцию обмена между ионом, соответствующим слабому электролиту, и ОДНОЙ молекулой воды:



Шаг 3. Составим молекулярное уравнение гидролиза, просуммировав эти уравнения:



В данном случае с водой взаимодействует катион, поэтому говорят, что протекает гидролиз по катиону. В результате гидролиза накапливаются ионы  $\text{H}^+$ , поэтому раствор соли будет иметь кислую среду ( $\text{pH} < 7$ ) и изменять окраску индикаторов:



фенолфталеин



лакмус



метилоранж

**Пример 6.** Гидролиз  $\text{KNO}_3$ . Этой соли соответствуют сильное основание  $\text{KOH}$  и сильная кислота  $\text{HNO}_3$ . Гидролиз в этом случае протекать не будет, среда раствора останется нейтральной ( $\text{pH} = 7$ ). Индикаторы будут иметь окраску:



фенолфталеин



лакмус



метилоранж

<sup>2</sup> Сильные кислоты:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HMnO}_4$ .

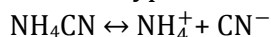
Слабые кислоты:  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ , большинство органических кислот.

Сильные основание: щелочи

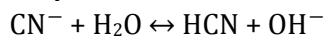
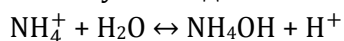
Слабые основания: нерастворимые основания, раствор аммиака, амины.

**Пример 7.** Гидролиз  $\text{NH}_4\text{CN}$ . Этой соли соответствует слабое основание  $\text{NH}_4\text{OH}$  и слабая кислота  $\text{HCN}$ .

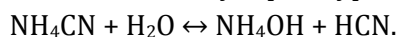
Шаг 1. Запишем уравнение диссоциации соли:



Шаг 2. Запишем реакцию обмена между ионом, соответствующим слабому электролиту, и ОДНОЙ молекулой воды:

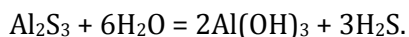


Шаг 3. Составим молекулярное уравнение гидролиза, просуммировав эти уравнения:



В данном примере гидролиз протекает по катиону и по аниону. Чтобы определить среду раствора, необходимо сравнить силу кислоты и основания с помощью справочной литературы.

**Пример 8.** Гидролиз  $\text{Al}_2\text{S}_3$ . Этому веществу соответствует прочерк в таблице растворимости. Это означает, что соль необратимо разлагается водой на соответствующую кислоту и основание:

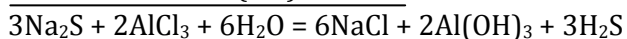
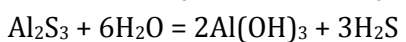


#### Упражнения:

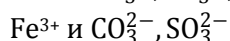
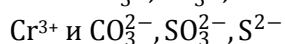
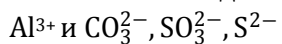
- Из списка солей выберите те, которые подвергаются гидролизу: сульфат лития, хлорид магния, нитрат меди, сульфид калия, ацетат калия, нитрат железа (II), бромид аммония, сульфат алюминия, нитрат кальция, бромид цинка, иодид бария, нитрат свинца, карбонат цезия, сульфит калия, силикат лития, иодид лития, хлорид железа (III), фторид натрия, сульфат хрома (III). Составьте уравнения гидролиза, определите характер среды их водных растворов и окраску индикаторов.
- Подберите по два примера вещества, гидролиз которых в водных растворах соответствует сокращенным ионным уравнениям:
  - $\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnOH}^+ + \text{H}^+$
  - $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeOH}^{2+} + \text{H}^+$
  - $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$
  - $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$
  - $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
  - $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$
- Какие пары растворов солей можно различить с помощью фенолфталеина?
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{K}_2\text{S}$
  - $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_3$
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$
  - $\text{FeSO}_4$  и  $\text{KBr}$
  - $\text{Li}_2\text{CO}_3$  и  $\text{KNO}_3$
  - $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- Какие пары растворов солей можно различить с помощью лакмуса?
  - $\text{Li}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{S}$
  - $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{NaCl}$
  - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{FeCl}_2$
  - $\text{ZnSO}_4$  и  $\text{AlBr}_3$
  - $\text{NaF}$  и  $\text{K}_2\text{SiO}_3$
  - $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Водный раствор соли А окрашивает лакмус в синий цвет, а раствор соли В – в красный. При сливании растворов этих солей выпадает осадок. Приведите 2 пары возможных формул солей.
- Водный раствор соли А окрашивает лакмус в фиолетовый цвет, а раствор соли В – в красный. При сливании растворов этих солей выпадает осадок. Приведите 2 пары возможных формул солей.
- Водные растворы солей А и В окрашивают лакмус в синий цвет. При сливании растворов этих солей выпадает осадок. Приведите 2 пары возможных формул солей.

- 3) Взаимное усиление гидролиза  
Если при сливании растворов двух солей образуется несуществующая соль, она разлагается водой на соответствующую кислоту и основание:

**Пример 9.** Взаимодействие сульфида натрия и хлорида алюминия.



По такой схеме взаимодействуют растворимые соли, содержащие ионы:



Важно! Реакция между ионами  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{S}^{2-}$  (при определенной концентрации и между  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{SO}_3^{2-}$ ) и является окислительно-восстановительной.

#### Упражнения:

1. Составьте уравнение реакции, протекающей при сливании растворов солей, укажите признаки реакции:  
а)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$                       г)  $\text{AlBr}_3$  и  $\text{Li}_2\text{S}$   
б)  $\text{Rb}_2\text{S}$  и  $\text{CrCl}_3$                               д)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$   
в)  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_3$                         е)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$
  2. Карбид алюминия полностью растворили в бромоводородной кислоте. К полученному раствору добавили раствор сульфита калия. Образовавшийся осадок прокалили. Напишите уравнения четырех описанных реакций.
  3. При взаимодействии брома с алюминием получили соль. Эту соль растворили в воде и смешали с раствором сульфида натрия, в результате чего образовался осадок и выделился газ. Напишите уравнения описанных реакций.
  4. Гидрокарбонат натрия прокалили. Полученное после прокаливания твердое вещество растворили в воде и смешали с раствором бромиды железа(III), в результате чего выпал бурый осадок и образовался газ. Осадок отделили и растворили в серной кислоте. Напишите уравнения описанных реакций.
  5. Вычислите массовые доли веществ в растворе, образовавшемся при сливании 120 г 5,34% раствора хлорида алюминия и 150 г 6,36% раствора карбоната натрия.
  6. Соль, полученную при взаимодействии 2,4 г серы и 7,8 г калия, растворили в 160 г 10% раствора хлорида алюминия. Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 4) Среди органических веществ гидролизу подвергаются галогенпроизводные, сложные эфиры, ди- и полисахариды и некоторые другие соединения.

#### Упражнения:

1. Составьте уравнения, протекающие между 1-хлорпропаном, 2-хлорбутаном, 2,2-дихлорпропаном, 1,1-дихлорбутаном, 1,1,1-трибромэтаном, этилацетатом, метилформиатом, сахарозой и  
а) водой (при соответствующих условиях);  
б) водным раствором щелочи.