

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве (ХИЭС)**

**Громаков Н.С.**

**ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Методические указания  
для студентов всех форм обучения

Казань  
2016

Методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при изучении темы «Основные классы неорганических веществ» и содержат специально подобранные задания, разветвлённую сеть ответов, а также элементы управления процессом самостоятельного учения.

## ВВЕДЕНИЕ

Химия – это наука о веществах и их превращениях, поэтому тема «Основные классы неорганических веществ» является одной из важнейших в курсе химии, изучаемом как в средней, так и высшей школе. Знание всей совокупности неорганических веществ, принципов их классификации, функциональных признаков, химических свойств, а также номенклатуры позволяет легче ориентироваться в большом фактическом материале, глубже усваивать новый учебный материал, в том числе и специальные разделы химии.

Настоящие методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при изучении данной темы. При этом предполагается активная работа над материалом с ручкой и бумагой, а не его чтение.

Структура указаний основана на методике программированного обучения. Основной части предшествуют введение и общие сведения о веществах. После чего основной материал подразделяется на множество рубрик, имеющих свой номер. Последовательность рассмотрения материала определяется характером ответов и числовыми указателями в конце каждой рубрики.

### **Общие сведения о веществах**

Понятие «вещество» трактуется в учебниках [1] как вид материи, состоящей из частиц, имеющих массу покоя, и характеризующихся при данных условиях определёнными физическими свойствами.

Теоретически химические вещества бесконечны по численности и многообразию. В настоящее время их известно более 8 миллионов. Все вещества в зависимости от состава подразделяются на простые и сложные.

**Простые вещества** образованы атомами одного химического элемента (например, сера S, кислород O<sub>2</sub>, медь Cu и др.) и являются формой существования химических элементов в свободном виде. Некоторые элементы существуют в природе в виде нескольких простых веществ или аллотропных модификаций (например, алмаз, графит и

карбин являются простыми веществами углерода). Исходя из сказанного, постарайтесь объяснить разницу между понятиями «простое вещество» и «химический элемент». Почему простых веществ (около 400) больше, чем химических элементов (чуть более 100)?

По свойствам простые вещества подразделяются на металлы и неметаллы (более подробно см. [1] и [2]).

**Сложные вещества** или химические соединения образованы несколькими химическими элементами. В зависимости от состава их подразделяют на органические и неорганические. Наиболее многочисленными являются органические соединения (более 7 млн.). К ним относятся соединения углерода, за исключением оксидов CO, CO<sub>2</sub>, угольной кислоты H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и её солей, карбидов и цианидов. Химические соединения, образуемые остальными элементами, относят к неорганическим или минеральным.

Таким образом, классификацию веществ можно представить следующим образом:



Почему, несмотря на кажущуюся многочисленность, неорганических соединений значительно меньше, чем органических? В чем состоит своеобразие органических соединений углерода?

## Основные классы неорганических веществ

1. Принципы классификации неорганических веществ на основные или важнейшие классы основаны на различии и общности их состава и свойств. Обычно выделяют 4 класса: оксиды, основания, кислоты и соли.



Кислоты и основания наиболее наглядно различаются по характеру электролитической диссоциации. Для того чтобы убедиться, что Вы правильно понимаете смысл термина «электролитическая диссоциация», дайте ответ на следующий вопрос: Что понимается под электролитической диссоциацией?

а) Растворение вещества в воде (или другом растворителе). [Ответ проверьте в рубрике – 11;](#)

б) Расщепление сложного вещества на более простые – [21;](#)

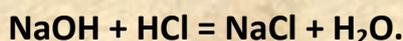
в) Расщепление сложного вещества на ионы – [31;](#)

г) Разделение смеси веществ – [41.](#)

---

2. Указанная соль должна быть получена из соответствующих остатков основания и кислоты, а именно: из ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Следовательно, с учётом заряда ионов формула требуемой соли будет  $\text{NaCl}$  – хлорид натрия. (В данной работе мы не рассматриваем номенклатуру, т.е. названия соединений, поскольку она хорошо изложена в литературе, например, [1 и 2]).

Уравнение реакции будет

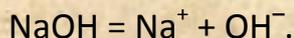
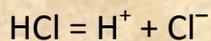


Реакция нейтрализации является частным случаем реакций обмена. Суть её состоит в обмене взаимодействующих веществ своими ионами. **Причиной** протекания реакции в данном случае, как уже упоминалось, является образование слабого электролита – воды.

Для лучшего понимания причин протекания ионных процессов необходимо использовать правило Ле-Шателье (или принцип смещения равновесия). Например, решите, какая из приведённых ниже ионных реакций будет протекать до конца, т.е. равновесие будет практически полностью смещено вправо:



### 3. Правильный ответ



Характерным свойством кислот и оснований является реакция нейтрализации, которая описывается схемой:



Причиной протекания данной реакции является ассоциация (соединение) ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  с образованием слабого электролита – воды по схеме:



При этом оставшиеся ионы – остатки кислоты и основания, образуют соединение нового класса – **соль**. Поскольку все растворимые в воде соли являются сильными электролитами, то с точки зрения теории электролитической диссоциации **соли – это электролиты, диссоциирующие в растворах на катионы остатка основания и анионы кислотного остатка.**

Исходя из сказанного, постарайтесь записать формулу соли, образующейся при взаимодействии гидроксида натрия и хлороводородной кислоты.

Ответ проверьте [в рубрике 2](#).

---

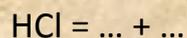
4. С точки зрения теории электролитической диссоциации (Аррениус, 1887):

**основания** – это электролиты, диссоциирующие в водных растворах на анионы гидроксида (гидроксид-ионы), определяющие все их характерные свойства, и катионы остатка основания (как правило, катионы металла), а

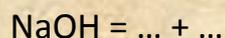
**кислоты** – это электролиты, диссоциирующие в водных растворах на катионы водорода, определяющие все их характерные свойства, и анионы кислотного остатка.

*(Лирическое отступление: ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , будучи функциональными группами кислот и оснований, можно рассматривать как противоположные химические полюса по аналогии с физическими или географическими полюсами, и ведут они себя аналогично одноимённые отталкиваются (не реагируют), а противоположные притягиваются, реагируют с образованием воды по схеме:  $H^+ + OH^- = H_2O$ .)*

В качестве упражнения завершите каждое из следующих уравнений.  
Диссоциация хлороводородной кислоты:



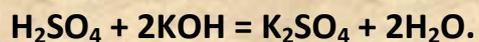
Диссоциация гидроксида натрия:



Проверьте составленные Вами уравнения [в рубрике3](#).

---

5. Правильный ответ



Соль –  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , полученная в результате полной нейтрализации кислоты и основания, является нормальной (или средней).

**Как называется полученная соль  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?**

а) сульфит калия – 16

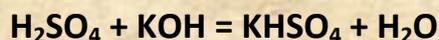
б) сульфат калия – 26

в) сульфид калия – 36

г) не знаю – 46

---

б. В случае многофункциональных кислот и оснований, наряду с полной нейтрализацией их функциональных групп, возможна и неполная нейтрализация. При этом образуются, соответственно, кислые и основные соли. Например, при взаимодействии эквимольных количеств серной кислоты и гидроксида калия по схеме:



только один из двух ионов водорода кислоты взаимодействует с одним гидроксид-ионом основания, образуя воду, а другой ион водорода остаётся незамещённым и входит в состав кислотного остатка образующейся соли -  $\text{KHSO}_4$ .

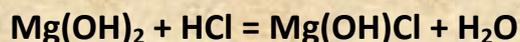
**Соли, в составе которых имеются незамещённые атомы (ионы) водорода кислот, называются кислыми.**

Зная, что фосфорная кислота является трёхосновной, ответьте на вопрос, сколько разных солей способна она образовать, реагируя с различными количествами гидроксида натрия?

- а) 1 соль – [13](#)
  - б) 2 соли – [23](#)
  - в) 3 соли – [33](#)
  - г) 4 соли – [43](#)
-

7. В случае неполной нейтрализации многокислотных оснований образуются основные соли.

Например, при взаимодействии эквимольных количеств гидроксида магния и хлороводородной кислоты по схеме



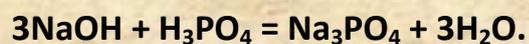
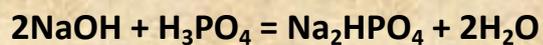
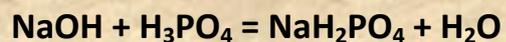
один из двух гидроксид-ионов основания взаимодействует с одним ионом водорода кислоты, образуя воду, а другой гидроксид-ион остаётся незамещённым и входит в остаток основания образующейся соли –  $\text{Mg(OH)Cl}$ .

**Соли, в составе которых имеются незамещённые гидроксогруппы оснований, называются основными.**

Сколько разных солей способен образовать гидроксид алюминия, реагируя с различными количествами хлороводородной кислоты?

- а) 1 соль – 10
  - б) 2 соли – 20
  - в) 3 соли – 30
  - г) 4 соли – 40
-

8. Правильный ответ:



Теперь в качестве упражнения составьте соответствующее уравнение реакции и ответьте, при каком соотношении гидроксида кальция и фосфорной кислоты образуется дигидрофосфат кальция?

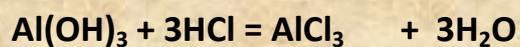
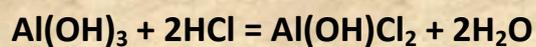
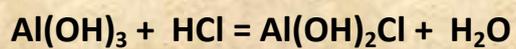
а) 2:1 – [28](#)

б) 1:1 – [38](#)

в) 1:2 – [48](#)

---

9. Правильный ответ:



Теперь в качестве упражнения составьте соответствующее уравнение реакции и ответьте, при каком соотношении гидроксида алюминия и серной кислоты образуется сульфат дигидроксоалюминия?

а) 2:1 – [17](#)

б) 1:1 – [27](#)

в) 1:2 – [37](#)

---

10. Неправильно.

Вероятно, вы ошиблись в написании формул реагентов  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{HCl}$ .  
Попробуйте ответить на вопрос ещё раз и [переходите к рубрике 30.](#)

---

11. Неверно.

Растворение вещества может являться лишь условием для его диссоциации. Помните, что не все вещества (особенно органические) диссоциируют при растворении в воде или другом растворителе. [Переходите к рубрике 31.](#)

---

12. Неправильно.

[Смотрите рубрику 32.](#)

---

13. Неправильно.

[Переходите к рубрике 18.](#)

---

14. Неправильно.

Вероятно Вы ошиблись в написании формулы либо гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , либо хлороводородной кислоты  $\text{HCl}$ .

[Вернитесь к рубрике 26.](#)

---

15. Неправильно.

[Смотрите рубрику 35.](#)

---

16. Неправильно.

Изучите номенклатуру солей в литературе [2] и [переходите к рубрике 26.](#)

---

17. Правильный ответ.

Исходя из формулы сульфата дигидроксоалюминия  $[\text{Al}(\text{OH})_2]_2\text{SO}_4$ , следует, что для его получения требуется 2 моль  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Следовательно,



[Переходите к рубрике 19.](#)

---

18. Поскольку электролитическая диссоциация  $\text{H}_3\text{PO}_4$  протекает в 3 ступени, а именно:



то каждому из кислотных остатков  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  будут соответствовать собственные соли. Следовательно,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  может образовать 3 различные соли. [Смотрите в рубрике 33.](#)

---

19. Таким образом, при нейтрализации многофункциональных кислот и оснований могут быть получены кислые, средние и основные соли. Это зависит от соотношения их функциональных групп в реакционной смеси. В целом между рассмотренными классами соединений существует генетическая связь, отражающая возможность получения одних веществ из других:



В случае однофункциональных кислот и оснований эта связь короче, так как образование, соответственно, кислых и основных солей невозможно.

Пользуясь предложенной схемой, определите, при каком соотношении фосфата дигидроксоалюминия и фосфорной кислоты образуется дигидрофосфат алюминия?

- а) 2:7 – 15
  - б) 1:7 – 25
  - в) 1:8 – 35
-

20. Неправильно.

Исходя из формулы гидроксида алюминия –  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , следует, что возможны три степени (случая) замещения гидроксогрупп на кислотный остаток. Каждому из них будет соответствовать собственная соль, следовательно, всего их образуется три.

[Смотрите в рубрике 30.](#)

---

21. Неверно.

Электролитическая диссоциация веществ связана с их распадом, расщеплением на заряженные частицы (ионы), тогда как расщепление (диссоциация) сложных веществ на несколько других сложных веществ, например,  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$  или несколько простых веществ, например,  $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ , не сопровождается образованием ионов.

[Переходите к рубрике 31.](#)

---

22. Ответ правильный.

Теперь закончите уравнение:



Ответ проверьте [в рубрике 5](#).

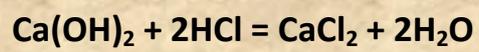
---

23. Неправильно.

[Смотрите в рубрике 18.](#)

---

24. Правильный ответ:



[Переходите к рубрике 6.](#)

---

25. Неправильно.

[Смотрите рубрику 35.](#)

---

26. Правильный ответ.

Соли серной кислоты называются **сульфатами**. Суффикс–**ат** используется в названиях солей для обозначения высшей степени окисления центрального атома кислотного остатка кислород-содержащих кислот.

Проделайте ещё одно упражнение. Составьте уравнение реакции и ответьте, сколько моль хлороводородной кислоты необходимо для полной нейтрализации 1 моль гидроксида кальция?

а) 1 моль – 14

б) 2 моль – 24

в) 3 моль – 34

---

27. Неправильно.

[Смотрите рубрику 17.](#)

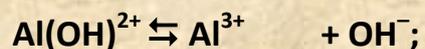
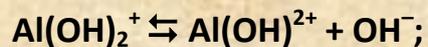
---

28. Неправильно.

[Смотрите рубрику 48.](#)

---

29. Поскольку электролитическая диссоциация  $\text{Al}(\text{OH})_3$  протекает в три степени (стадии), а именно:



то каждому из остатков данного основания:  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  будут соответствовать собственные соли. Следовательно,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  способен образовать три различные соли.

[Смотрите в рубрике 30.](#)

---

30. Совершенно верно!

$\text{Al}(\text{OH})_3$  при взаимодействии с различными количествами  $\text{HCl}$  образует 3 различные соли:

$\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$  – хлорид дигидроксоалюминия;

$\text{AlOHCl}_2$  – хлорид гидроксоалюминия;

$\text{AlCl}_3$  – хлорид алюминия.

Первые две соли – основные, последняя – средняя.

Теперь закончите самостоятельно уравнения:



[Ответ проверьте в рубрике 9.](#)

---

31. Правильный ответ.

**Электролитическая диссоциация** – это расщепление или распад веществ на ионы в растворах или расплавах. Такие вещества называют **электролитами**. Их растворы или расплавы способны проводить электрический ток. Носителями электрического тока в них являются ионы. Распад на ионы может быть полным или частичным. В зависимости от степени электролитической диссоциации  $\alpha_d$  различают сильные ( $\alpha_d > 30\%$ ), средние ( $30\% < \alpha_d < 3\%$ ) и слабые ( $\alpha_d < 3\%$ ) электролиты.

Хорошими проводниками электрического тока являются расплавы и водные растворы многих солей, а также сильных кислот и оснований. Большинство из них в твёрдом состоянии хотя и имеют ионную кристаллическую решетку, но электрический ток не проводят.

[Переходите к рубрике 4.](#)

---

32. Следует помнить, что 1 моль ионов водорода реагирует с 1 моль гидроксид-ионов по схеме:



Поскольку 1 моль двухосновной серной кислоты содержит 2 моль ионов водорода, то для их полной нейтрализации требуется, соответственно, 2 моль гидроксид-ионов, т.е. 1 моль двухкислотного или 2 моль однокислотного основания, каковым является КОН.

Исходя из сказанного, закончите уравнение:



[Ответ проверьте в рубрике 5.](#)

---

33. Правильный ответ.

Фосфорная кислота образует с гидроксидом натрия три различных соли:

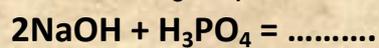
**$\text{NaH}_2\text{PO}_4$**  – дигидрофосфат натрия;

**$\text{Na}_2\text{HPO}_4$**  – гидрофосфат натрия;

**$\text{Na}_3\text{PO}_4$**  – фосфат натрия.

Первые две соли – кислые, последняя – нормальная (или средняя).

Закончите каждое из следующих уравнений:



и проверьте их правильность [в рубрике 8.](#)

---

34. Неправильно!

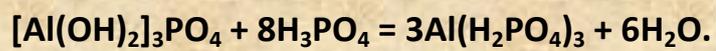
Подумайте ещё раз, уточните формулы реагентов.

[Ответ проверьте в рубрике 24.](#)

---

---

35. Правильный ответ.



[Переходите к рубрике 39.](#)

---

---

36. Ответ неверный.

Суффикс **-ид** используется в названии солей *бескислородных* кислот типа HCl, H<sub>2</sub>S и др.

Правильный ответ смотрите [в рубрике 26](#).

---

37. Неправильный ответ.

[Смотрите рубрику 17.](#)

---

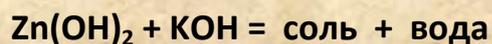
38. Неправильно.

[Смотрите рубрику 48.](#)

---

39. Заканчивая рассмотрение основных классов неорганических веществ, следует напомнить, что некоторые основания, такие как  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и ряд других, способны взаимодействовать не только с кислотами, но и основаниями, проявляя при этом одновременно и свойства кислот. Такие гидроксиды называются **амфотерными**, а само явление – **амфотерность**.

Закончите самостоятельно уравнение по схеме



[Ответ проверьте в рубрике 49.](#)

---

40. Постарайтесь разобраться в данном материале ещё раз. Для этого вернитесь к рубрике [7](#) или [6](#). При отрицательном исходе обращайтесь за консультацией к преподавателю или изучите данный вопрос в учебниках.

При желании продолжить переходите к [рубрике 30](#).

---

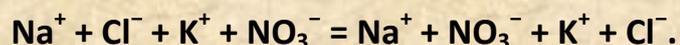
41. Неправильный ответ.

[Смотрите рубрику 31.](#)

---

42. Неправильный ответ.

Поскольку исходные и конечные продукты в данном примере являются хорошо растворимыми солями, то реакционная смесь будет состоять из тех же ионов, что и исходная



Отметим, что в уравнениях химических реакций (как и в математических уравнениях) одинаковые члены в правой и левой частях могут взаимно сокращаться. В рассмотренном случае это приводит к полному сокращению левой и правой частей уравнения, из чего можно сделать заключение, что новых веществ в данной смеси не образуется, а сама реакция не протекает. Это означает, что данная система (смесь ионов) будет находиться в состоянии химического равновесия, которое не смещено ни вправо, ни влево.

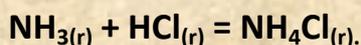
Правильный ответ [смотрите в рубрике 47.](#)

---

43. Вам следует ещё раз внимательно разобрать материал [в рубрике 6.](#)

---

44. Заканчивая рассмотрение кислотно-основных свойств соединений, следует отметить также, что представления Аррениуса на природу кислотно-основного равновесия не являются единственными и исчерпывающими. Известны разнообразные реакции кислотно-основного типа, протекающие между веществами в отсутствие воды или одного или обоих её ионов, например:

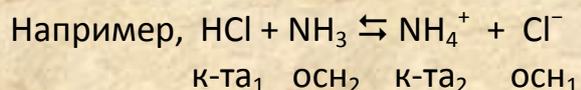


Более полно кислотно-основные свойства веществ в водных и неводных средах объясняются протолитической (протонной) теорией кислот и оснований Д.Бренстеда (1923 г.), где соотношение между кислотой и основанием представляется схемой

### ОСНОВАНИЕ + ПРОТОНЫ $\rightleftharpoons$ КИСЛОТА

Откуда кислота – это *донор* протона (или отдаёт протон  $\text{H}^+$ ), а основание – это *акцептор* протона (или принимает протон в химических реакциях).

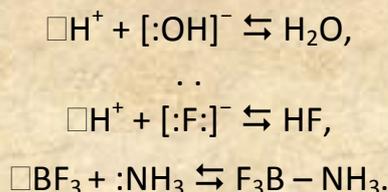
Взаимодействие между кислотой и основанием согласно протонной теории представляется следующей схемой:



Ещё более глубокие представления о кислотах и основаниях и природе их взаимодействия даёт электронная теория Дж. Льюиса (1924 г.). В её основе лежит представление, что кислота – это акцептор, а основание – донор электронной пары. Взаимодействие между кислотой и основанием по Льюису приводит к образованию ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму и охватывает более широкий круг соединений по схеме:

### КИСЛОТА ЛЬЮИСА + ОСНОВАНИЕ ЛЬЮИСА $\rightleftharpoons$ ПРОДУКТ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

Например,

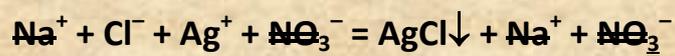


[Переходите к рубрике 50.](#)

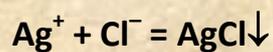
---

45. Правильный ответ.

Полное ионное уравнение



Сокращённое ионное уравнение



Возвращаясь к реакции нейтрализации, отметим, что в случае многофункциональных кислот и оснований их нейтрализация может быть полной, либо частичной.

Сколько моль КОН требуется для полной нейтрализации 1 моль серной кислоты?

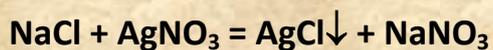
- а) 1 моль – 12
  - б) 2 моль – 22
  - в) не знаю – 32
-

46. Ознакомьтесь с правилами номенклатуры неорганических соединений в [литературе](#) [1] и [2] и [переходите к рубрике 6](#).

---

47. Правильный ответ.

Согласно принципу Ле-Шателье смещение равновесия в сторону образования продуктов реакции возможно при удалении одного или нескольких из этих продуктов из реакционной смеси, например, при образовании газообразного, слабодиссоциированного или малорастворимого вещества. Поскольку в реакции



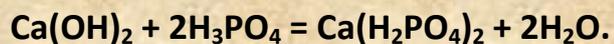
образуется малорастворимое вещество AgCl, то равновесие будет смещено вправо (в сторону его образования), что приводит к практически полному протеканию данной реакции. Для лучшего запоминания запишите уравнение данной реакции в ионном виде.

Ответ проверьте [в рубрике 45.](#)

---

48. Правильный ответ.

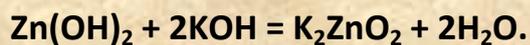
Исходя из формулы дигидрофосфата кальция –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , следует, что для его получения требуется 1 моль гидроксида кальция и 2 моль фосфорной кислоты. Следовательно,



[Переходите к рубрике 7.](#)

---

49. Правильный ответ



цинкат

калия

При составлении уравнения данной реакции следует исходить из того, что амфотерный гидроксид цинка может вести себя одновременно и как слабая кислота, т.е. диссоциировать по схеме:



В большинстве случаев взаимодействие амфотерных гидроксидов с сильными основаниями (щелочами) протекает в водных растворах по более сложным схемам и рассматривается в других разделах курса химии.

[Переходите к рубрике 44.](#)

---

50. В заключение остановимся кратко на оксидах.

**Оксиды – это бинарные соединения элементов с кислородом.**

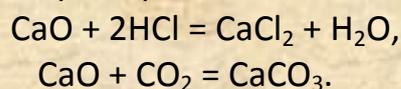
В зависимости от химического поведения оксиды обычно подразделяются на несколько типов:



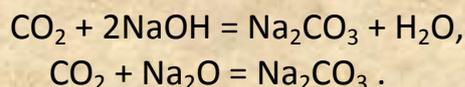
Существуют также соединения элементов с кислородом, которые по составу относятся к классу оксидов, а по строению и свойствам принадлежат к классу солей, например, пероксиды, а также соединения типа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ .

а) Деление солеобразующих оксидов на кислотные, основные и амфотерные обусловлено их различным химическим поведением.

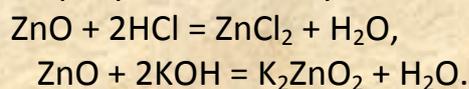
Основные оксиды образуют соли при взаимодействии с кислотами или кислотными оксидами, например



Кислотные оксиды (ангидриды кислот) образуют соли при взаимодействии с основаниями или основными оксидами, например



Амфотерные оксиды проявляют свойства и кислотных и основных оксидов одновременно, образуя в обоих случаях соответствующие соли:



б) Несолеобразующие (или безразличные, или индифферентные) оксиды не взаимодействуют ни с кислотами, ни с основаниями и, соответственно, не образуют солей. К ним относятся  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{SiO}$  и др.

**ТРЕНИНГ ЗАКОНЧЕН.**

---

Литература

1. Глинка Н.Л. Общая химия. – М.: «[Кнорус](#)», 2016 г. – 752 с.
2. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – М.: «[Кнорус](#)», 2016г. – 240 с.