

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

РЕАКЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Нижекамск
2011

УДК 541.135
В 25

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Сафиуллина Т.Р., кандидат химических наук, доцент;
Кутузова Г.С., кандидат технических наук, доцент.

Вдовина, С.В.

В 25 Реакции в водных растворах электролитов : методические указания к лабораторной работе / С.В. Вдовина, М.В. Черкина. - Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2011. - 44 с.

Включают теоретическую часть, в которой даны общие сведения о реакциях в водных растворах электролитов, константах диссоциации кислот и оснований, произведении растворимости, вопросы контроля, алгоритмы решения задач и часть, содержащую методику выполнения экспериментальных заданий.

Предназначены для студентов всех форм обучения направлений подготовки 240100 «Химическая технология» и 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (квалификация (степень) «бакалавр») при выполнении лабораторного практикума.

Подготовлены на кафедре химии Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

УДК 541.135

© Вдовина С.В., Черкина М.В., 2011
© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Никакая вычислительная машина в мире не способна подсчитать число возможных химических реакций. Ржавление металлов, затвердевание цемента, взрыв пороха, вспышка паров бензина, процессы в атомном реакторе – легко растеряться в этом мире химических реакций. Однако, как и все вещества, химические реакции можно подразделить на отдельные типы. Реакции в водных растворах электролитов занимают среди прочих типов реакций немаловажное место, они и являются объектом изучения данной лабораторной работы.

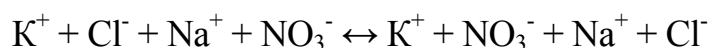
В представленных методических указаниях даны общие сведения о реакциях в водных растворах электролитов, константах диссоциации кислот и оснований, произведении растворимости, использование их в химическом анализе, вопросы контроля, алгоритмы решения задач, предложены методики выполнения опытов лабораторной работы по теме «Реакции в водных растворах электролитов».

Изучив тему «Реакции в водных растворах электролитов» студент должен уметь:

- составлять молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций (полная и краткая форма);
- называть реагенты и продукты реакций по номенклатуре IUPAC;
- пользоваться справочной литературой;
- по значениям констант диссоциации кислот и оснований сравнивать силу электролитов;
- предсказывать возможность необратимого течения реакций ионного обмена с использованием понятий: произведение растворимости и констант диссоциаций кислот и оснований;
- решать задачи с использованием значений произведения растворимости;
- решать задачи по уравнениям реакций, где количество одного из веществ дано в избытке.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Большая скорость протекания многих химических реакций в растворах электролитов объясняется тем, что они протекают не между молекулами, а между ионами. Для таких реакций уравнения их протекания удобнее записывать не в молекулярном, а в ионном виде. Выражение уравнений химических реакций в ионном виде позволяет решить, в каких случаях реакции идут только в одном направлении, а когда они обратимы. Так, если смешать растворы хлорида калия и нитрата натрия, то никаких изменений не произойдет, поскольку образующиеся вещества являются сильными электролитами и в растворе, будут находиться в виде ионов. В ионном виде предполагаемая реакция записывается следующим образом:

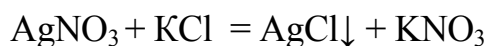


И в правой, и в левой частях ионного уравнения находятся одни и те же ионы, то есть реакция практически не происходит. В системе устанавливается химическое равновесие.

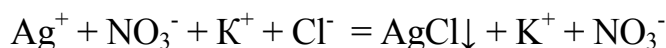
Равновесие смещается в сторону уменьшения концентрации ионов, это происходит в тех случаях (правило Бертолле), когда:

- 1) образуется плохо растворимое вещество,
- 2) вещество уходит из сферы реакции в виде газа,
- 3) образуется малодиссоциирующее вещество,
- 4) образуется комплексное соединение.

1. Так, при сливании растворов хлорида калия и нитрата серебра выпадает осадок хлорида серебра:



или в ионном виде:

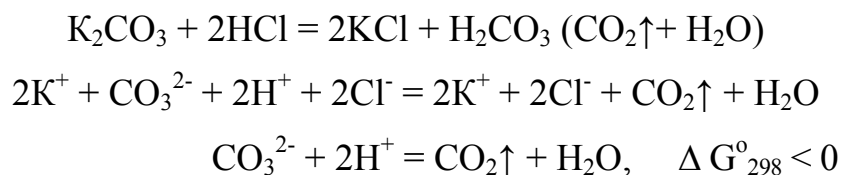


Из этого уравнения видно, что реакция сводится к взаимодействию ионов серебра и хлорид-ионов, поэтому указанную реакцию можно выразить уравнением:



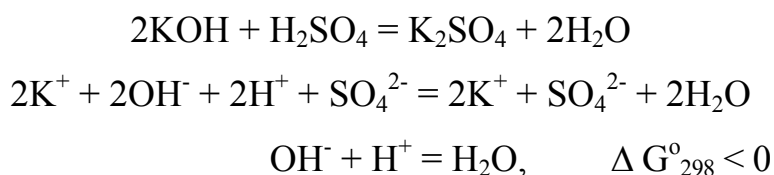
Данная запись есть краткое ионное уравнение. Таким образом, реакции, происходящие с образованием малорастворимых веществ, направлены в одну сторону, то есть протекают практически "до конца".

2. Примером реакции, идущей с образованием газообразного вещества, может служить реакция карбоната калия с соляной кислотой. Образующаяся в результате реакции угольная кислота является неустойчивым соединением, которое распадается на воздухе на углекислый газ и воду:



Если реакцию проводить в открытом сосуде, то углекислый газ удалится из сферы реакции и не сможет участвовать в обратном процессе. Поэтому практически данная реакция идет "до конца".

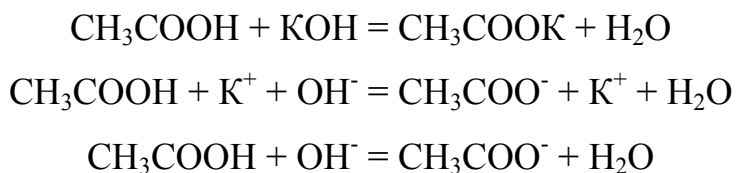
3. К реакциям, идущим с образованием малодиссоциирующих веществ относится реакция нейтрализации:



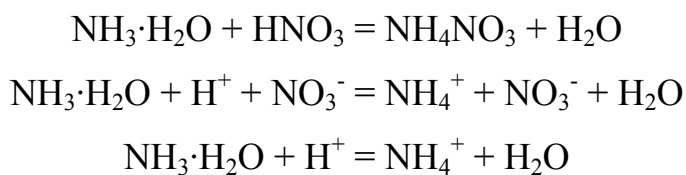
Вода очень слабый электролит, поэтому практически реакция между основанием и кислотой также идет "до конца".

Несколько иначе протекают реакции нейтрализации:

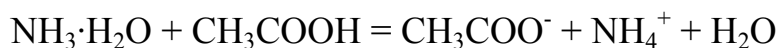
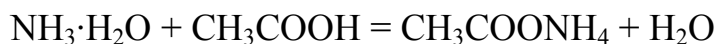
а) слабой кислоты сильным основанием, например:



б) слабого основания сильной кислотой, например:

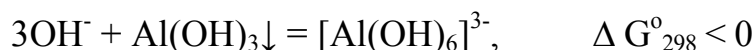
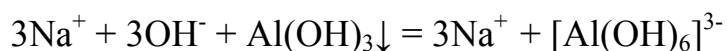
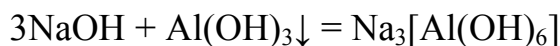


в) слабого основания слабой кислотой, например:



В образующихся системах равновесие сильно смещены вправо, то есть в сторону образования воды, но не "до конца", так как вода в них не единственное малодиссоциирующее вещество.

4. Одним из примеров реакций комплексообразования является реакция щелочей с амфотерными гидроксидами. Так, при взаимодействии раствора гидроксида натрия с гидроксидом алюминия происходит растворение последнего. Данный процесс можно представить в виде следующих реакций:



В реакции участвует малорастворимое соединение – гидроксид алюминия, а также образуется малодиссоциирующий ион $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$, поэтому данная реакция также практически необратима.

Таким образом, уравнения реакций, протекающих в водном растворе целесообразно писать в ионном виде для того, чтобы выявить сущность химической реакции. При этом необходимо придерживаться следующей формы записи:

а) сильные электролиты следует писать в виде составляющих их ионов, так как именно в таком состоянии они находятся в растворе;

б) малодиссоциирующие соединения – молекулы (H_2O , CH_3COOH , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{S}_{(p)}$, HClO и др.) и сложные ионы (HCO_3^- , HS^- , HPO_4^{2-} , в том числе и комплексные – $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]^{2+}$ и др.), а также малорастворимые и нерастворимые соединения (BaSO_4 , AgI , CaF_2 и др.) и газы (CO_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 и др.) следует условно писать в виде молекул, независимо от того, являются они исходными реагентами или продуктами реакции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель работы:

1. Выявить сущность реакций, протекающих "до конца".
2. Исходя из констант диссоциации кислот и оснований, сделать вывод о силе данных кислот и оснований.
3. Исходя из значений ПР (произведения растворимости), сформулировать условия образования осадков.
4. Исследовать свойства нерастворимых гидроксидов.

Экспериментальная часть

Данная лабораторная работа состоит из двух частей. В первой части Вам предлагается провести все возможные реакции ионного обмена, идущие "до конца" между предложенными реагентами и экспериментально определить признаки их протекания. Во второй части Вам необходимо исследовать свойства нерастворимых гидроксидов.

Определение условий необратимого протекания реакций ионного обмена

Работу следует выполнять в следующей последовательности:

1. Получите у лаборанта вариант задания.
2. Решите задачу сначала теоретически. Заполните таблицу, в которой укажите выпадение осадков (\downarrow), выделение газов (\uparrow), образование слабых электролитов.

Таблица – Предварительные результаты реакций ионного обмена

Соединения	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Для правильного ответа воспользуйтесь таблицами растворимости и констант диссоциации кислот и оснований из приложения.

В приведенной таблице вместо номеров необходимо подставить формулы соединений из варианта задания. В данной таблице заполняется только верхняя часть, расположенная выше диагонали, поскольку по диагонали вещества пересекаются сами с собой, а в этом случае они не реагируют, а нижняя часть является зеркальным отображением верхней части таблицы.

3. В отчете по лабораторной работе сгруппируйте все необратимые реакции следующим образом:

а) реакции, приводящие к образованию малорастворимых и нерастворимых соединений,

б) реакции, приводящие к образованию слабых электролитов,

в) реакции, приводящие к образованию газообразных веществ.

4. Напишите уравнения всех протекающих "до конца" реакций в молекулярной и ионной (полная и краткая) формах.

5. Назовите все вещества.

6. Для слабых электролитов напишите уравнения ступенчатой электролитической диссоциации. Приведите выражения констант диссоциации по ступеням и их значения.

7. Для малорастворимых соединений запишите выражения произведения растворимости, сформулируйте условия образования осадков.

8. Проведите эксперимент. Запишите в тетради все наблюдаемые эффекты.

Исследование свойств нерастворимых гидроксидов

Для серии данных опытов понадобятся малорастворимые гидроксиды полученные в первой части работы.

Работу следует выполнять в следующей последовательности:

1. Выпишите формулы нерастворимых гидроксидов, полученных в первой части работы. Определите, какие из них могут проявлять амфотерные свойства.

2. Напишите уравнения реакций амфотерных гидроксидов с растворами кислоты и щелочи (соединения используйте из вашего варианта задания) в молекулярной и ионной (полная и краткая) формах. Назовите полученные вещества.

3. Проведите эксперимент. Запишите в тетради все наблюдаемые эффекты и объясните их.

Варианты заданий:

Вариант 1: растворы гидроксида калия, азотной кислоты, карбоната натрия, сульфата кадмия (II), нитрата свинца (II), хромата калия, сульфата хрома (III), фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Вариант 2: кристаллические гидроксид кальция и хлорид аммония, растворы соляной кислоты, сульфата меди (II), нитрата свинца (II), хлорида железа (III), нитрата серебра, фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Вариант 3: растворы гидроксида калия, серной кислоты, нитрата бария, сульфида натрия, хлорида никеля (II), сульфата кобальта (II), хлорида железа (III), фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Вариант 4: растворы гидроксида натрия, соляной кислоты, нитрата серебра, карбоната натрия, йодида калия, бромида калия, хлорида железа (III), фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Вариант 5: кристаллические гидроксид кальция и хлорид аммония, растворы азотной кислоты, сульфата хрома (III), хромата калия, нитрата кобальта (II), хлорида цинка, сульфата никеля (II), фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Вариант 6: растворы гидроксида натрия, серной кислоты, хлорида бария, сульфида натрия, нитрата никеля (II), сульфата кадмия (II), сульфата цинка, фенолфталеиновая бумага (или спиртовой раствор фенолфталеина с массовой долей 1%).

Оборудование: штатив с пробирками.

После завершения лабораторной работы, следует оформить отчет, который должен содержать:

1. Тему лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание опытов.
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Вариант 1

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) нитратом бария и сульфатом натрия;
- б) карбонатом натрия и серной кислотой;
- в) цианидом калия и азотной кислотой;
- г) сульфатом меди (II) и гидроксидом натрия;
- д) сульфитом натрия и серной кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- а) $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- б) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
- в) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{PbI}_2$

2. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: H_4SiO_4 , H_2SeO_4 , H_3AsO_4 , NaOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов CaCl_2 и Na_2SO_4 с молярными концентрациями $0,001 \text{ моль/дм}^3$. Степени диссоциации CaCl_2 и Na_2SO_4 принять равными единице.

5. К $20,00 \text{ г}$ раствора сульфата меди (II) с массовой долей $16,00 \%$ прилили $40,00 \text{ г}$ раствора гидроксида натрия с массовой долей $10,00 \%$. Определите массу образовавшегося осадка.

Вариант 2

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) хлоридом бария и сульфатом алюминия;
- б) хлоридом аммония и гидроксидом калия при нагревании;
- в) гидроксидом стронция и соляной кислотой;
- г) фосфорной кислотой и нитратом кальция;
- д) ацетатом калия и серной кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- а) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- б) $\text{Cd}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cd}(\text{OH})_2$
- в) $\text{H}^+ + \text{NO}_2^- = \text{HNO}_2$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HNO_3 , H_2SeO_3 , H_3PO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, при какой концентрации хромат-иона CrO_4^{2-} начинается выпадение осадка PbCrO_4 из раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Степень диссоциации $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ принять равной единице.

5. $5,30 \text{ г}$ карбоната натрия залили $400,00 \text{ г}$ раствора серной кислоты с массовой долей $3,00 \%$. Определите объем выделившегося газа (н.у.).

Вариант 3

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) гидроксидом хрома (III) и серной кислотой;
- б) сульфатом аммония и гидроксидом кальция при нагревании;
- в) карбонатом натрия и нитратом бария;
- г) хлоридом цинка и гидроксидом цезия;
- д) нитритом калия и селеновой кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- а) $\text{ZnS} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S}$
- б) $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- в) $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: H_3PO_4 , H_2CO_3 , HNO_2 , LiOH , $\text{Be}(\text{OH})_2$, $\text{Bi}(\text{OH})_3$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе Ag_2CO_3 .

5. К 500 см^3 горячего раствора хлорида алюминия с молярной концентрацией $0,5 \text{ моль/дм}^3$ прибавили $66,00 \text{ г}$ сульфида калия. Определите массу выпавшего осадка.

Вариант 4

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) хлоридом алюминия и гидроксидом бария;
- б) сульфидом калия и соляной кислотой;
- в) гидроксидом лития и хлорной кислотой;
- г) сульфатом калия и нитратом свинца (II);
- д) хроматом натрия и хлоридом марганца (II).

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: H_2SO_4 , H_2SO_3 , HCN , $\text{Ga}(\text{OH})_3$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок при смешении растворов NaCl с молярной концентрацией раствора $0,5 \text{ моль/дм}^3$ и AgNO_3 с молярной концентрацией раствора $0,1 \text{ моль/дм}^3$, если объем первого раствора равен 100 см^3 , а второго соответственно – 50 см^3 . Степени диссоциации NaCl и AgNO_3 принять равными единице.

5. Смешали 30 см^3 раствора ацетата серебра с массовой долей $8,00 \%$ ($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$) и $24,00 \text{ г}$ раствора сероводородной кислоты с массовой долей $10,00 \%$. Определите массу образовавшегося осадка.

Вариант 5

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

а) гидроксидом кальция и хлоридом аммония при нагревании;

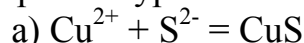
б) нитратом меди (II) и сульфидом лития;

в) гидроксидом стронция и азотной кислотой;

г) арсенатом натрия и нитратом алюминия;

д) роданидом калия и хлоратом серебра.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HAlO_2 , H_2Se , CH_3COOH , KOH , $\text{Th}(\text{OH})_4$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$.

5. К $25,00 \text{ г}$ раствора сульфата железа (II) с массовой долей $15,20 \%$ прилили $30,00 \text{ г}$ раствора гидроксида калия с массовой долей $11,20 \%$. Определите массу образовавшегося осадка.

Вариант 6

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- бромидом индия (III) и гидроксидом калия;
- гидрокарбонатом натрия и азотной кислотой;
- гидроксидом калия и бромоводородной кислотой;
- силикатом натрия и нитратом хрома (III);
- гидроксидом лития и иодидом кадмия (II).

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{ZnOH}^+ + \text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HClO_2 , H_2CrO_4 , H_2SiO_3 , LiOH , $\text{Sc}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ и NaIO_3 с молярными концентрациями $0,01 \text{ моль/дм}^3$. Степени диссоциации $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ и NaIO_3 принять равными единице.

5. Через $1,00 \text{ дм}^3$ раствора сульфата меди (II) с массовой долей $16,00 \%$ ($\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$) пропустили $33,60 \text{ дм}^3$ (н.у.) сероводорода. Определите массу образовавшегося осадка.

Вариант 7

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- сульфидом лития и соляной кислотой;
- хлоридом магния и гидроксидом калия;
- гидроксидом цезия и ортофосфорной кислотой;
- бромидом кобальта (II) и карбонатом натрия;
- фосфатом калия и хлоридом никеля (II).

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS}$
- $\text{ClO}^- + \text{H}^+ = \text{HClO}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2Te , HSbO_2 , $\text{Co}(\text{OH})_2$,

$\text{Cu}(\text{OH})_2$, AgOH . Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, при какой концентрации цианид-иона CN^- начинается выпадение осадка $\text{Cd}(\text{CN})_2$ из раствора $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ с молярной концентрацией $0,001$ моль/дм³? Степень диссоциации $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ принять равной единице.

5. При взаимодействии 50 см³ раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией $0,6$ моль/дм³ с раствором, содержащим $2,94$ г серной кислоты, образовалось некоторое количество единственной соли. Определите массу полученной соли.

Вариант 8

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- сульфитом калия и соляной кислотой;
- гидроксидом кальция и азотной кислотой;
- гидроксидом стронция и сульфатом никеля (II);
- фосфорной кислотой и нитратом серебра;
- ацетатом натрия и соляной кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} = \text{PbCrO}_4$
- $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HClO_3 , H_3AsO_3 , H_2GeO_3 , NaOH , $\text{Hg}(\text{OH})_2$, $\text{Ti}(\text{OH})_4$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов $\text{Pt}(\text{NO}_3)_4$ и LiCl с молярными концентрациями $0,00001$ моль/дм³. Степени диссоциации $\text{Pt}(\text{NO}_3)_4$ и LiCl принять равными единице.

5. Определите массу соли в растворе, приготовленном смешением 500 см³ раствора гидроксида лития и 100 см³ раствора серной кислоты с молярными концентрациями соответственно $0,1$ моль/дм³ и $0,2$ моль/дм³.

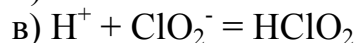
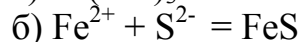
Вариант 9

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- хлоридом бария и сульфатом натрия;
- хлоридом аммония и гидроксидом кальция при нагревании;

- в) гидроксидом лития и серной кислотой;
- г) селенатом лития и нитратом свинца (II);
- д) бромидом хрома (III) и фосфатом натрия.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HClO_4 , H_2TeO_3 , HCOOH , $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе $\text{Hg}_2(\text{SCN})_2$.

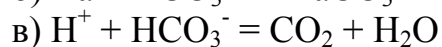
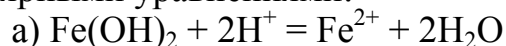
5. Смешали 500 см^3 раствора гидроксида натрия с массовой долей 4,00 % ($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$) и 400 см^3 раствора соляной кислоты с массовой долей 5,00 % ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$). Определите титр соли в полученном растворе.

Вариант 10

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) гидрокарбонатом калия и азотной кислотой;
- б) гидроксидом цезия и нитратом хрома (III);
- в) иодидом цинка и сульфидом лития;
- г) селенитом натрия и нитратом железа (III);
- д) гидроксидом калия и марганцовой кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: H_5IO_6 , HBrO , HNO_3 , KOH , $\text{In}(\text{OH})_3$, $\text{Zr}(\text{OH})_4$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок при смешении растворов Na_2SO_3 с молярной концентрацией раствора $0,05 \text{ моль/дм}^3$ и CaCl_2 с молярной концентрацией раствора $0,1 \text{ моль/дм}^3$, если объем первого раствора равен 1000 см^3 , а второго соответственно – 50 см^3 . Степени диссоциации Na_2SO_3 и CaCl_2 принять равными единице.

5. К $30,00 \text{ г}$ раствора хлорида железа (III) с массовой долей 16,25 % прилили $50,00 \text{ г}$ раствора гидроксида натрия с массовой долей 12,00 %. Определите массу образовавшегося осадка.

Вариант 11

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) хлоридом железа (III) и гидроксидом бария;
- б) селенитом натрия и серной кислотой;
- в) гидроксидом стронция и хромовой кислотой;
- г) фосфорной кислотой и нитратом кобальта (II);
- д) силикатом натрия и хлоридом индия (III).

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- а) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
- б) $\text{Cr}^{3+} + 3\text{CN}^- = \text{Cr}(\text{CN})_3$
- в) $\text{H}^+ + \text{NO}_2^- = \text{HNO}_2$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: H_3BO_3 , HIO_4 , H_2S , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_4$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов MnCl_2 и K_2SeO_3 с молярными концентрациями $0,005 \text{ моль/дм}^3$. Степени диссоциации MnCl_2 и K_2SeO_3 принять равными единице.

5. К $0,12 \text{ дм}^3$ раствора гидрата аммиака с массовой долей $19,80 \%$ ($\rho = 960 \text{ г/дм}^3$) добавили $0,33 \text{ дм}^3$ азотной кислоты с массовой долей $25,00 \%$ ($\rho = 1150 \text{ г/дм}^3$). Определите молярную концентрацию эквивалента соли в конечном растворе.

Вариант 12

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) хлоридом бериллия и гидроксидом натрия;
- б) иодидом аммония и гидроксидом калия при нагревании;
- в) гидроксидом бария и серной кислотой;
- г) роданидом калия и нитратом серебра;
- д) формиатом калия и серной кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- а) $\text{Ba}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} = \text{BaCrO}_4$
- б) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2$
- в) $\text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- = \text{CH}_3\text{COOH}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HF , H_6TeO_6 , $\text{H}_2\text{V}_4\text{O}_7$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$,

$\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Zr}(\text{OH})_4$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе Bi_2S_3 .

5. К 50,00 г раствора карбоната натрия с массовой долей 10,60 % добавили 0,10 моль хлорида кальция. Определите массу полученного осадка.

Вариант 13

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- хлоридом стронция и фосфатом аммония;
- хлоридом бария и карбонатом калия;
- гидроксидом натрия и фосфорной кислотой;
- хроматом калия и иодидом марганца (II);
- селенатом лития и хлоридом стронция.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:

- $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{FeO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ni}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Ni}(\text{OH})_2$
- $2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} = \text{H}_2\text{S}$

3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HClO_4 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, H_2TeO_4 , $\text{Pd}(\text{OH})_2$, $\text{V}(\text{OH})_3$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, при какой концентрации фосфат-иона PO_4^{3-} начинается выпадение осадка $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ из раствора ZnCl_2 с молярной концентрацией 0,001 моль/дм³. Степень диссоциации ZnCl_2 принять равной единице.

5. Смешали 50 см³ раствора гидроксида натрия с массовой долей 40,00 % ($\rho = 1,430$ г/см³) и 120 см³ раствора соляной кислоты с массовой долей 20,00 % ($\rho = 1,098$ г/см³). Определите титр соли в полученном растворе.

Вариант 14

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- арсенатом калия и сульфатом кобальта (II);
- карбонатом натрия и хлоридом кальция;
- гидроксидом калия и селеновой кислотой;
- карбонатом калия и хромовой кислотой;
- цианидом калия и нитратом меди (II).

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$, HF , H_2MoO_4 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Sc}(\text{OH})_3$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов AgNO_3 и Na_2SeO_4 с молярными концентрациями $0,0002$ моль/дм³. Степени диссоциации AgNO_3 и Na_2SeO_4 принять равными единице.

5. Определите массовую долю избытка одного из реагентов в растворе после окончания реакции между $80,00$ г раствора гидроксида натрия с массовой долей $10,00\%$ и $20,00$ г раствора соляной кислоты с массовой долей $18,25\%$.

Вариант 15

1. Составьте молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций взаимодействия между:

а) хлоридом калия и хлоратом серебра;

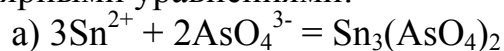
б) хлоридом аммония и гидроксидом лития при нагревании;

в) гидроксидом кальция и соляной кислотой;

г) серной кислотой и нитратом свинца (II);

д) ацетатом магния и серной кислотой.

2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



3. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации следующих кислот и оснований: HClO , $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$, HI , LiOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Th}(\text{OH})_4$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

4. Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

5. К $9,70$ г раствора хлорида магния с массовой долей $20,00\%$ прилили $20,00$ г раствора гидроксида калия с массовой долей $22,40\%$. Определите массу образовавшегося осадка.

АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Задание 1

Составление молекулярных и молекулярно – ионных уравнений реакций

Пример: Составьте молекулярные и молекулярно – ионные уравнения реакций взаимодействия между:

- а) соляной кислотой и гидроксидом натрия;
- б) нитратом свинца (II) и сульфидом натрия;
- в) гипохлоритом натрия и азотной кислотой;
- г) карбонатом калия и серной кислотой;
- д) уксусной кислотой и гидроксидом натрия.

Решение: Запишем уравнения взаимодействия указанных веществ в молекулярном виде:

- а) $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- б) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} = \text{PbS}\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
- в) $\text{NaClO} + \text{HNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{HClO}$
- г) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O})$
- д) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

Напишем молекулярно – ионные уравнения перечисленных реакций в полной форме. Для правильного написания воспользуемся таблицами растворимости и констант диссоциации кислот и оснований из приложения.

- а) $\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- б) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{NO}_3^- + 2\text{Na}^+ + \text{S}^{2-} = \text{PbS}\downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{NO}_3^-$
- в) $\text{Na}^+ + \text{ClO}^- + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- = \text{Na}^+ + \text{NO}_3^- + \text{HClO}$
- г) $2\text{K}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = 2\text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- д) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$

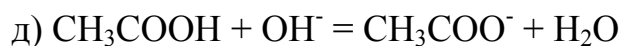
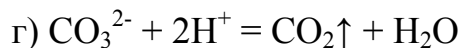
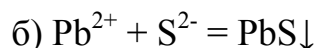
Отметим, что взаимодействие этих веществ возможно, так как в результате происходит связывание ионов с образованием слабых электролитов (H_2O , HClO), осадка (PbS), газа (CO_2).

В реакции (д) два слабых электролита, но так как *реакции идут в сторону большего связывания ионов* и вода - более слабый электролит, чем уксусная кислота, то равновесие реакции смещено в сторону образования воды, соединения с меньшей константой диссоциации ($K_a \text{H}_2\text{O} < K_a \text{CH}_3\text{COOH}$).

Исключив одинаковые ионы из обеих частей равенства

- а) Na^+ и Cl^- , б) Na^+ и NO_3^- , в) Na^+ и NO_3^- , г) K^+ и SO_4^{2-} , д) Na^+ ,

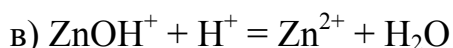
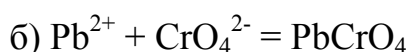
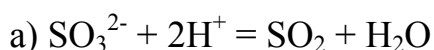
получим ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций в сокращенной форме:



Задание 2

Составление молекулярных уравнений реакций по сокращенным ионно-молекулярным уравнениям

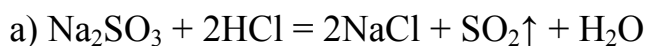
Пример: Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионно-молекулярными уравнениями:



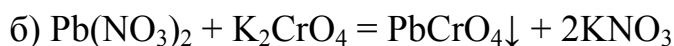
Данное задание является обратным рассмотренному ранее **Заданию 1**. Для правильного решения также необходимо будет воспользоваться таблицами растворимости и констант диссоциации кислот и оснований из приложения.

Решение: В левой части данных ионно-молекулярных уравнений указаны свободные ионы, которые образуются при диссоциации растворимых сильных электролитов. Следовательно, при составлении молекулярных уравнений необходимо исходить из соответствующих растворимых сильных электролитов.

а) В данном уравнении сульфит-ион SO_3^{2-} - это остаток от растворимой соли, например, сульфита натрия Na_2SO_3 . Ионы H^+ - остаток сильной кислоты, такой, например, как соляная кислота HCl ($K_a = 1,0 \cdot 10^7$). Молекулярное уравнение будет иметь вид:



б) В следующем уравнении необходимо будет найти по таблице растворимости две растворимые соли, одна из которых содержит ион свинца Pb^{2+} , другая – хромат-анион CrO_4^{2-} . Если в качестве таких солей возьмем нитрат свинца (II) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и хромат калия K_2CrO_4 , то молекулярное уравнение примет вид:



в) По аналогии с предыдущими рассуждениями, для написания молекулярного уравнения по предложенной ионно-молекулярной записи в качестве растворимой соли возьмем гидроксохлорид цинка $ZnOHCl$, содержащий в своем составе ион $ZnOH^+$. А в качестве поставщика ионов H^+ известную нам соляную кислоту HCl ($K_a = 1,0 \cdot 10^7$). Запишем молекулярное уравнение:

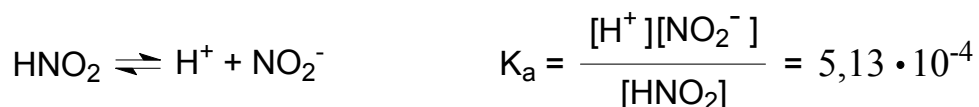


Задание 3

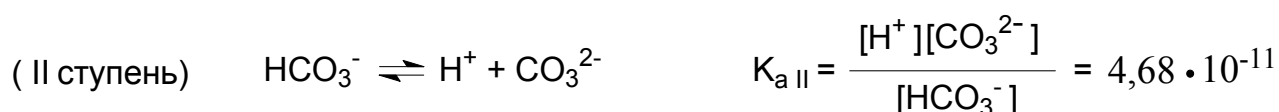
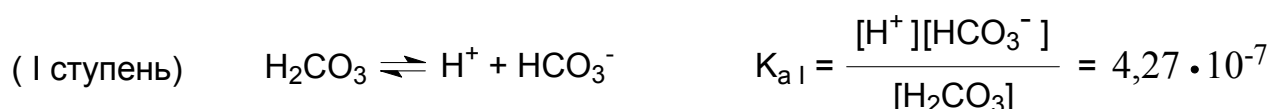
Сравнение кислот и оснований по силе

Пример: Напишите уравнения ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации кислот и оснований: HNO_2 , H_2CO_3 , H_3BO_3 , KOH , $Zn(OH)_2$, $Al(OH)_3$. Сравните значения констант диссоциации и укажите самую сильную кислоту и самое сильное основание.

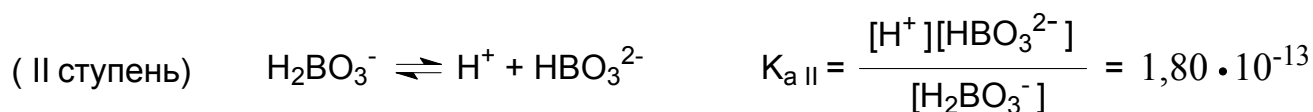
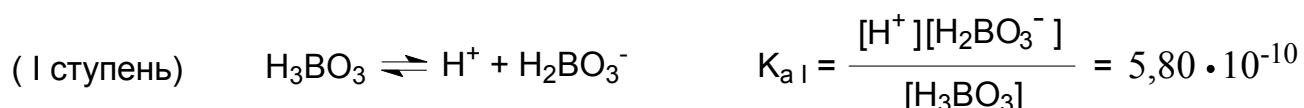
Решение: Напишем уравнение диссоциации азотистой кислоты HNO_2 , выражение константы диссоциации и найдем её численное значение по таблице 2 из приложения:

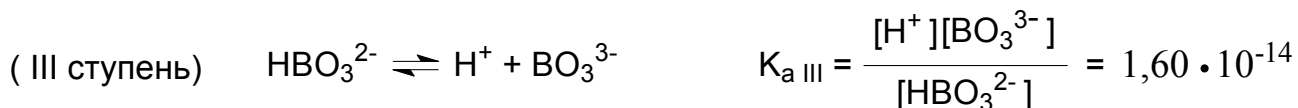


Напишем уравнения ступенчатой диссоциации, выражения констант диссоциации угольной кислоты H_2CO_3 и их значения:

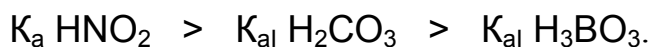


Напишем уравнения ступенчатой диссоциации, выражения констант диссоциации ортоборной кислоты H_3BO_3 и их значения:





Сравним значения констант диссоциации кислот по первой ступени:

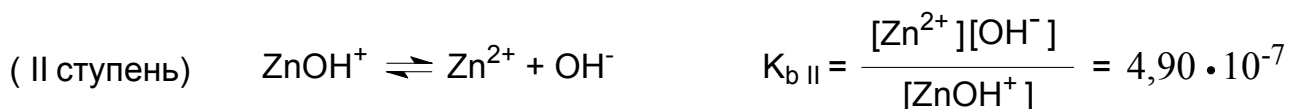
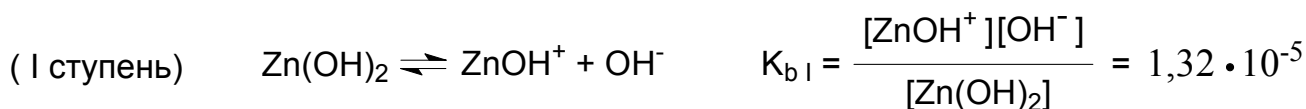


Таким образом, из трех предлагаемых кислот наиболее сильной является азотистая кислота, а наиболее слабой ортоборная кислота.

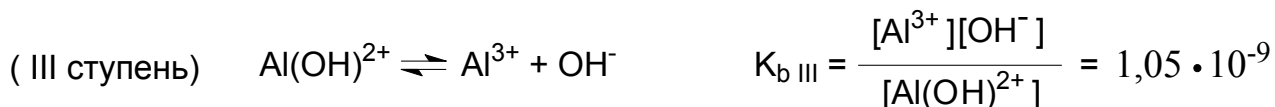
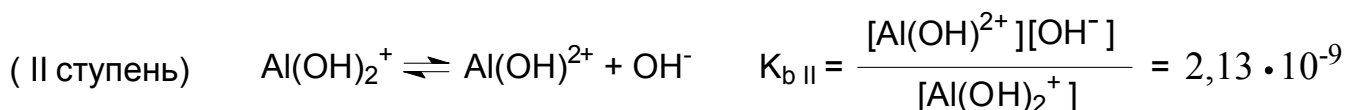
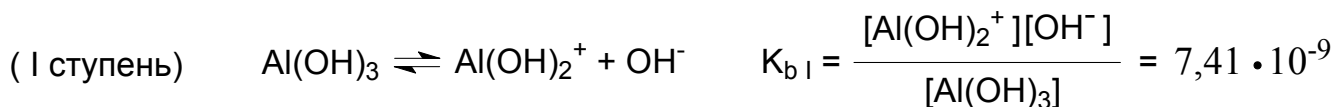
Напишем уравнение диссоциации гидроксида калия KOH, выражение константы диссоциации и найдем ее численное значение по таблице 3 приложения:



Напишем уравнения ступенчатой диссоциации гидроксида цинка Zn(OH)₂, выражения констант диссоциации и их численные значения:



Напишем уравнения ступенчатой диссоциации гидроксида алюминия Al(OH)₃, выражения констант диссоциации и их численные значения:



Сравним значения констант диссоциации оснований по первой ступени:



Таким образом, из трех рассмотренных оснований наиболее сильным является гидроксид калия, а наиболее слабым гидроксид алюминия.

Задание 4

Определение условий образования малорастворимых веществ

Пример 1: Определите, выпадет ли осадок соли при сливании равных объемов растворов AgNO_3 и NaBr с молярными концентрациями $0,0004$ моль/дм³. Степени диссоциации AgNO_3 и NaBr принять равными единице.

Дано:

$$c_{\text{AgNO}_3} = 0,0004 \text{ моль/дм}^3$$

$$c_{\text{NaBr}} = 0,0004 \text{ моль/дм}^3$$

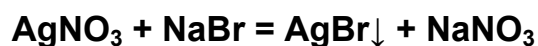
$$\alpha_{\text{AgNO}_3} = 1$$

$$\alpha_{\text{NaBr}} = 1$$

Выпадет ли осадок - ?

Решение:

1. Запишем уравнение реакции нитрата серебра с бромидом натрия и уравнием его:



Следовательно, необходимо будет определить, выпадет ли осадок $\text{AgBr}\downarrow$.

2. Известно, что осадок выпадает, если выполняется условие:

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-] > \text{ПР}_{\text{AgBr}}$$

То есть, если произведение концентраций ионов малорастворимого соединения больше, чем значение произведения растворимости данного соединения.

3. Найдем концентрации веществ после разбавления. Так, как по условию известно, что сливают равные объемы растворов AgNO_3 и NaBr , то для простоты решения задачи возьмем по 1 дм^3 каждого раствора. Общий объем увеличится и станет равным:

$$V = V_{\text{AgNO}_3} + V_{\text{NaBr}} = 1 \text{ дм}^3 + 1 \text{ дм}^3 = 2 \text{ дм}^3.$$

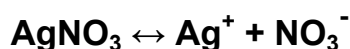
При увеличении объема смеси происходит уменьшение соответственно концентраций исходных растворов.

Найдем концентрации растворов AgNO_3 и NaBr после разбавления:

$$c'_{\text{AgNO}_3} = \frac{c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{V} = \frac{0,0004 \text{ моль/дм}^3 \cdot 1 \text{ дм}^3}{2 \text{ дм}^3} = 0,0002 \text{ моль/дм}^3$$

$$c'_{\text{NaBr}} = \frac{c_{\text{NaBr}} \cdot V_{\text{NaBr}}}{V} = \frac{0,0004 \text{ моль/дм}^3 \cdot 1 \text{ дм}^3}{2 \text{ дм}^3} = 0,0002 \text{ моль/дм}^3$$

4. Найдем концентрации ионов $[\text{Ag}^+]$ и $[\text{Br}^-]$. Так как, степени диссоциации исходных веществ $\alpha = 1$, то данные соединения в растворе диссоциируют полностью:



Из уравнения следует, что из одного моль нитрата серебра образуется 1 моль ионов серебра, тогда:

$$[\text{Ag}^+] = c'_{\text{AgNO}_3} = 0,0002 \text{ моль/дм}^3 = 2,00 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3.$$

Аналогично рассуждая, запишем уравнение диссоциации бромида натрия:



Так как из одного моль бромида натрия образуется 1 моль бромид-ионов, следовательно:

$$[\text{Br}^-] = c'_{\text{NaBr}} = 0,0002 \text{ моль/дм}^3 = 2,00 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3.$$

5. Значение произведения растворимости бромида серебра найдем по таблице 4 приложения: $\text{PP}_{\text{AgBr}} = 5,30 \cdot 10^{-13}$.

6. Сравним значения произведения концентраций ионов $[\text{Ag}^+]$ и $[\text{Br}^-]$ и произведения растворимости бромида серебра:

$$2,00 \cdot 10^{-4} \cdot 2,00 \cdot 10^{-4} \text{ и } 5,30 \cdot 10^{-13} \\ 4,00 \cdot 10^{-8} > 5,30 \cdot 10^{-13}$$

Ответ: Осадок выпадет, так как произведение концентраций ионов Ag^+ и Br^- в растворе больше, чем PP_{AgBr} .

Пример 2: Определите, при какой концентрации гидроксид-ионов OH^- начинается выпадение осадка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ из раствора ZnCl_2 с молярной концентрацией $0,0003 \text{ моль/дм}^3$. Степень диссоциации ZnCl_2 принять равной единице.

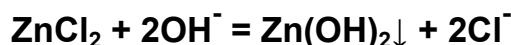
Дано:

$$c_{\text{ZnCl}_2} = 0,0003 \text{ моль/дм}^3 \\ \alpha_{\text{ZnCl}_2} = 1$$

$[\text{OH}^-]$ - ?

Решение:

1. Запишем уравнение реакции хлорида цинка с гидроксид-ионами:



2. Запишем выражение произведения растворимости для процесса диссоциации гидроксида цинка:

$$\text{PP}_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = [\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2,$$

В данное равенство входят минимальные концентрации $[\text{Zn}^{2+}]$ и $[\text{OH}^-]$ при которых начинается образование осадка гидроксида цинка.

3. Найдем концентрацию ионов цинка $[\text{Zn}^{2+}]$. Так как, степень диссоциации хлорида цинка $\alpha = 1$, то данное соединения в растворе диссоциирует полностью:



Из уравнения следует, что из одного моль хлорида цинка образуется 1 моль ионов цинка, тогда:

$$[\text{Zn}^{2+}] = c_{\text{ZnCl}_2} = 0,0003 \text{ моль/дм}^3 = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3.$$

4. Значение произведения растворимости гидроксида цинка найдем по таблице 4 приложения: $\text{PP}_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,20 \cdot 10^{-17}$.

5. Вычислим концентрацию гидроксид-ионов $[\text{OH}^-]$, необходимую для образования $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{\text{ПР}_{\text{Zn}(\text{OH})_2}}{[\text{Zn}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{1,20 \cdot 10^{-17}}{3,00 \cdot 10^{-4}}} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$$

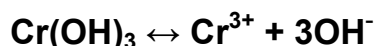
Ответ: $[\text{OH}^-] = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$.

Пример 3: Определите концентрации каждого иона в насыщенном растворе $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Решение:

Раствор вещества, находящийся при данной температуре в динамическом равновесии с твердым растворяемым веществом (с твердой фазой этого вещества), называется насыщенным.

1. Запишем уравнение процесса диссоциации гидроксида хрома (III):



2. Запишем выражение произведения растворимости для процесса диссоциации гидроксида хрома (III):

$$\text{ПР}_{\text{Cr}(\text{OH})_3} = [\text{Cr}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3$$

3. Найдем концентрации ионов хрома $[\text{Cr}^{3+}]$ и гидроксид-ионов $[\text{OH}^-]$.

Пусть для получения насыщенного раствора перешло в раствор и подверглось диссоциации x моль/дм³ гидроксида хрома (III). Согласно уравнению реакции диссоциации из 1 моль гидроксида хрома (III) образуется 1 моль ионов хрома $[\text{Cr}^{3+}]$, тогда:

$$[\text{Cr}^{3+}] = c_{\text{Cr}(\text{OH})_3} = x \text{ моль/дм}^3,$$

из 1 моль гидроксида хрома (III) образуется 3 моль гидроксид-ионов $[\text{OH}^-]$, следовательно:

$$[\text{OH}^-] = 3 \cdot c_{\text{Cr}(\text{OH})_3} = 3x \text{ моль/дм}^3.$$

4. Подставим в выражение для произведения растворимости гидроксида хрома (III) равновесные концентрации ионов:

$$\text{ПР}_{\text{Cr}(\text{OH})_3} = x \cdot (3x)^3 = 27x^4.$$

5. Значение произведения растворимости гидроксида хрома найдем по таблице 4 приложения: $\text{ПР}_{\text{Cr}(\text{OH})_3} = 6,30 \cdot 10^{-31}$.

6. Вычислим концентрации ионов хрома $[\text{Cr}^{3+}]$ и гидроксид-ионов $[\text{OH}^-]$:

$$x = \sqrt[4]{\frac{\text{ПР}_{\text{Cr}(\text{OH})_3}}{27}} = \sqrt[4]{\frac{6,30 \cdot 10^{-31}}{27}} = \sqrt[4]{\frac{0,63 \cdot 10^{-32}}{27}} = 0,39 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$$

Следовательно, концентрации ионов $[\text{Cr}^{3+}]$ и $[\text{OH}^-]$ будут равны:

$$[\text{Cr}^{3+}] = x = 0,39 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3,$$

$$[\text{OH}^-] = 3x = 3 \cdot 0,39 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3 = 1,17 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3.$$

Ответ: $[\text{Cr}^{3+}] = 0,39 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$, $[\text{OH}^-] = 1,17 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$.

Задание 5

**Решение задач по уравнениям реакций,
в которых одно из исходных веществ дано в избытке**

Отличительные черты данного типа задач:

В первую очередь, должна присутствовать химическая реакция, потому что избыток одного вещества и недостаток другого реализуется только в конкретном взаимодействии. Вторым признаком задач такого типа служит наличие количественных данных по двум или более веществам, участвующим в одной химической реакции в качестве исходных реагентов

В задачах, где одно из исходных веществ дано в избытке, расчет продукта всегда ведут по веществу, которое расходуется ПОЛНОСТЬЮ. Вещество, взятое в избытке, расходуется лишь частично, поэтому вести расчет по нему нельзя.

Пример 1: Смешали 50 см³ раствора гидроксида натрия с массовой долей 20,00 % ($\rho = 1,220 \text{ г/см}^3$) и 50 см³ раствора азотной кислоты с массовой долей 39,00 % ($\rho = 1,240 \text{ г/см}^3$). Определите титр соли в полученном растворе.

Дано:

$$V_{\text{NaOH}} = 50 \text{ см}^3$$

$$\omega_{\text{NaOH}} = 20,00 \%$$

$$\rho_{\text{NaOH}} = 1,220 \text{ г/см}^3$$

$$V_{\text{HNO}_3} = 50 \text{ см}^3$$

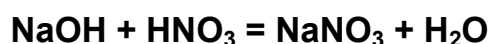
$$\omega_{\text{HNO}_3} = 39,00 \%$$

$$\rho_{\text{HNO}_3} = 1,240 \text{ г/см}^3$$

$T_{\text{соли}} - ?$

Решение:

1. Запишем уравнение реакции гидроксида натрия с азотной кислотой:



Из приведенного уравнения видно, что нитрат натрия (NaNO_3) – это соль, титр которой необходимо определить по условию задачи.

2. Титр NaNO_3 определяем по формуле:

$$T_{\text{NaNO}_3} = \frac{m_{\text{NaNO}_3}}{V_{\text{р-ра}}} \quad \text{г/см}^3,$$

где общий объем раствора $V_{p-pa} = V_{NaOH} + V_{HNO_3} = 50 \text{ см}^3 + 50 \text{ см}^3 = 100 \text{ см}^3$.

m_{NaNO_3} можно рассчитать по уравнению химической реакции по одному из исходных веществ.

Но прежде необходимо определить, какой из реагентов расходуется полностью, а какой в избытке. Так как, напомним, в данном типе задач расчет всегда ведется по соединению, которое расходуется полностью.

3. Определим количества гидроксида натрия и азотной кислоты:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

m_B найдем из формулы массовой доли:

$$\omega = \frac{m_B}{\rho \cdot V_{p-pa}} \cdot 100 \%$$

Следовательно,

$$m_{NaOH} = \frac{\rho_{NaOH} \cdot V_{NaOH} \cdot \omega_{NaOH}}{100 \%} = \frac{1,220 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 \cdot 20 \%}{100 \%} = 12,20 \text{ г}$$

$$m_{HNO_3} = \frac{\rho_{HNO_3} \cdot V_{HNO_3} \cdot \omega_{HNO_3}}{100 \%} = \frac{1,240 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 \cdot 39 \%}{100 \%} = 24,18 \text{ г}$$

Тогда,

$$n_{NaOH} = \frac{m_{NaOH}}{M_{NaOH}} = \frac{12,20 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,3050 \text{ моль}$$

где $M_{NaOH} = M_{Na} + M_O + M_H = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$,

$$n_{HNO_3} = \frac{m_{HNO_3}}{M_{HNO_3}} = \frac{24,18 \text{ г}}{63 \text{ г/моль}} = 0,3838 \text{ моль}$$

где $M_{HNO_3} = M_H + M_N + 3 \cdot M_O = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 63 \text{ г/моль}$.

Таким образом, смешали 0,3050 моль гидроксида натрия и 0,3838 моль азотной кислоты. Так как по уравнению реакции эти вещества взаимодействуют в

соотношении 1 : 1, то дальнейший расчет будем вести по гидроксиду натрия, так как он полностью прореагирует, а азотная кислота останется в избытке.

4. Определим количество NaNO_3 , образующееся в результате реакции нейтрализации. Из уравнения реакции следует, что из одного моль гидроксида натрия образуется 1 моль нитрата натрия, т. е.

$$n_{\text{NaNO}_3} = n_{\text{NaOH}} = 0,3050 \text{ моль.}$$

5. Вычислим массу нитрата натрия:

$$m_{\text{NaNO}_3} = n_{\text{NaNO}_3} \cdot M_{\text{NaNO}_3} = 0,3050 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 25,925 \text{ г,}$$

где $M_{\text{NaNO}_3} = M_{\text{Na}} + M_{\text{N}} + 3 \cdot M_{\text{O}} = 23 + 14 + 3 \cdot 16 = 85 \text{ г/моль.}$

6. Рассчитаем титр NaNO_3

$$T_{\text{NaNO}_3} = \frac{m_{\text{NaNO}_3}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{25,925 \text{ г}}{100 \text{ см}^3} = 0,25925 \text{ г/см}^3$$

Ответ: $T_{\text{NaNO}_3} = 0,25925 \text{ г/см}^3.$

Пример 2. Определите массовую долю избытка одного из реагентов в растворе после окончания реакции между 100,00 г раствора гидроксида натрия с массовой долей 10,00 % и 49,00 г раствора серной кислоты с массовой долей 20,00 %.

Дано:

$$m_{\text{NaOH р-ра}} = 100,00 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{NaOH}} = 10,00 \%$$

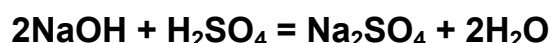
$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ р-ра}} = 49,00 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 20,00 \%$$

$$\omega_{\text{изб}} - ?$$

Решение:

1. Запишем уравнение реакции гидроксида натрия с серной кислотой:



2. Определим количества гидроксида натрия и серной кислоты:

$$n_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$$

m_{B} найдем из формулы массовой доли:

$$\omega = \frac{m_{\text{B}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$$

Следовательно,

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH р-ра}} \cdot \omega_{\text{NaOH}}}{100 \%} = \frac{100 \text{ г} \cdot 10 \%}{100 \%} = 10,00 \text{ г}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ р-ра}} \cdot \omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{100 \%} = \frac{49 \text{ г} \cdot 20 \%}{100 \%} = 9,80 \text{ г}$$

Тогда,

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{10,00 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

где $M_{\text{NaOH}} = M_{\text{Na}} + M_{\text{O}} + M_{\text{H}} = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$,

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{9,80 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,10 \text{ моль}$$

где $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot M_{\text{H}} + M_{\text{S}} + 4 \cdot M_{\text{O}} = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ г/моль}$.

3. Определим, какое из исходных веществ в реакции, и в каком количестве находится в избытке:

Из стехиометрических коэффициентов уравнения реакции следует, что:

на нейтрализацию **1 моль** H_2SO_4 расходуется **2 моль** NaOH ,
следовательно, на **0,10 моль** H_2SO_4 потребуется **0,2 моль** NaOH .

Определим количество непрореагировавшего (избыток) гидроксида натрия:

$$n_{\text{NaOH изб}} = 0,25 \text{ моль} - 0,20 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль}.$$

4. Вычислим массу избытка NaOH :

$$m_{\text{NaOH изб}} = n_{\text{NaOH изб}} \cdot M_{\text{NaOH}} = 0,05 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 2,00 \text{ г},$$

5. Вычислим массовую долю избытка гидроксида натрия в конечном растворе, учитывая, что масса раствора при смешении реагентов увеличилась:

$$\omega_{\text{NaOH изб}} = \frac{m_{\text{NaOH изб}}}{m_{\text{р-ра общ}}} \cdot 100 \% = \frac{2 \text{ г}}{149 \text{ г}} \cdot 100 \% = 1,34 \%$$

где $m_{\text{р-ра общ}} = m_{\text{NaOH р-ра}} + m_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ р-ра}} = 100 \text{ г} + 49 \text{ г} = 149 \text{ г}$,

Ответ: $\omega_{\text{NaOH изб}} = 1,34 \%$.

Пример 3. Определите массу соли в растворе, приготовленном смешением 1,00 дм³ раствора гидроксида калия и 400 см³ раствора соляной кислоты с молярными концентрациями соответственно 0,1 моль/дм³ и 0,2 моль/дм³.

Дано:

$$V_{\text{KOH}} = 1,00 \text{ дм}^3$$

$$c_{\text{KOH}} = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

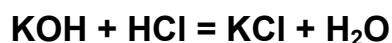
$$V_{\text{HCl}} = 400 \text{ см}^3 = 0,40 \text{ дм}^3$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ моль/дм}^3$$

$m_{\text{соли}} - ?$

Решение:

1. Запишем уравнение реакции гидроксида натрия с азотной кислотой и уравняем его:



Следовательно, хлорид калия (KCl) – это соль, массу которой необходимо определить по условию задачи.

m_{KCl} можно рассчитать по уравнению химической реакции по одному из исходных веществ, но прежде необходимо определить, какой из реагентов расходуется полностью, а какой останется в избытке. Так как в данном типе задач расчет всегда ведется по соединению, которое расходуется полностью.

2. Определим количества гидроксида калия и соляной кислоты из формулы молярной концентрации:

$$c_{\text{в}} = \frac{n_{\text{в}}}{V_{\text{р-ра}}}$$

Тогда,

$$n_{\text{KOH}} = c_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} = 0,1 \text{ моль/дм}^3 \cdot 1 \text{ дм}^3 = 0,10 \text{ моль},$$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,4 \text{ дм}^3 = 0,08 \text{ моль},$$

Таким образом, в реакционной смеси 0,10 моль гидроксида калия и 0,08 моль соляной кислоты, а так как по уравнению реакции эти вещества взаимодействуют в соотношении 1 : 1, то дальнейший расчет будем вести по соляной кислоте, которая полностью израсходуется в реакции, а гидроксид калия останется в избытке.

3. Определим количество KCl, образующееся в результате взаимодействия гидроксида калия и соляной кислоты. Из уравнения реакции следует, что из одного моль соляной кислоты образуется 1 моль хлорида калия, т. е.

$$n_{\text{KCl}} = n_{\text{HCl}} = 0,08 \text{ моль}.$$

4. Вычислим массу хлорида калия:

$$m_{\text{KCl}} = n_{\text{KCl}} \cdot M_{\text{KCl}} = 0,08 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} = 5,96 \text{ г},$$

где $M_{\text{KCl}} = M_{\text{K}} + M_{\text{Cl}} = 39 + 35,5 = 74,5 \text{ г/моль}$.

Ответ: $m_{\text{KCl}} = 5,96 \text{ г}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочный материал

Таблица 1* - Растворимость веществ в воде (в том числе при подавлении гидролиза)

Катионы Анионы	H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Be ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
ОН ⁻	Р	Р	Р	Р	Р*	Н	Н	М	М	Р	Н	Н
Сl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SCN ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CN ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	г	г	Р	Р	М	г	Н
CO ₃ ²⁻	М*	М	Р	Р	Р	М	М ^г	Н	Н	Н	г	г
HCO ₃ ⁻	М*	Р*	Р	Р	Р	-	Р*	Р	Р	Р	-	-
SiO ₃ ²⁻	Н	Р	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
NO ₂ ⁻	Р*	Р	Р	Р	Р	г	Р	Р	Р	Р	г	г
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М*	Р	Р	Р	Р	М	Р
HCOO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
AsO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	М	Н	Н
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	г	М ^г	М	Р	Р	г	г
SO ₃ ²⁻	Р*	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Н	М	г	г
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Р	Р
SeO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р		М	М	М		г	г
SeO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р		Н	М	Р	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CrO ₄ ²⁻	Р*	Р	Р	Р	Р		Р	Р	М	Н		

Р – вещество растворимо в воде (более 1 г на 100 г раствора)

М - вещество малорастворимо в воде (0,001 – 1 г на 100 г раствора)

Н - вещество нерастворимо в воде (менее 0,01 г на 100 г раствора)

Н^г, М^г – вещество образует осадок основных солей вследствие гидролиза

М*, Р* - при выделении из раствора вещество разлагается

г – вещество необратимо гидролизует

Д – вещество диспропорционирует при контакте с водой

? – существование вещества сомнительно

- - вещество не существует

□ – данные отсутствуют

* Используются данные Тугашева К.

продолжение

Таблицы 1 - Растворимость веществ в воде (в том числе при подавлении гидролиза)

Катионы Анионы	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	In ³⁺
ОН ⁻	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н
Сl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р
Г	Р	Р	Д	Р	Р	Д	Р	Р	Н	М	М	Р
SCN ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	М	Р	Р
CN ⁻	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Р	Н	М	г	Н
CO ₃ ²⁻	Н	Н	г	Н ^г	Н ^г	Н ^г	Н ^г	Н	Н	Н	г	г
HCO ₃ ⁻	Р*	Р*	-	Р*	Р*		Р*	Р*		Р*	-	-
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	г	Н
NO ₂ ⁻	Р	Р	г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	г	
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р		Р
HCOO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Н	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
AsO ₄ ³⁻	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н
S ²⁻	Н	Н	Д	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO ₃ ²⁻	Н	М	Д	Н	Н	Н	М	М	М	Н	г	
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Р
SeO ₃ ²⁻	Н		Н	Н	М	М	М	М	Н	Н		
SeO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р		Н	Р	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р
CrO ₄ ²⁻	Н			Н	Н	М	М	Н	Н	Н		

Р – вещество растворимо в воде (более 1 г на 100 г раствора)

М - вещество малорастворимо в воде (0,001 – 1 г на 100 г раствора)

Н - вещество нерастворимо в воде (менее 0,01 г на 100 г раствора)

Н^г, М^г – вещество образует осадок основных солей вследствие гидролиза

М*, Р* - при выделении из раствора вещество разлагается

г – вещество необратимо гидролизует

Д – вещество диспропорционирует при контакте с водой

? – существование вещества сомнительно

- - вещество не существует

□ – данные отсутствуют

Таблица 2 - Константы диссоциации кислот

Кислота	Формула	K_a (K_K)	pK_a (pK_K)
Азотистая	HNO_2	$5,13 \cdot 10^{-4}$	3,29
Азотная	HNO_3	$2,69 \cdot 10$	-1,43
Алюминиевая	AlO_2	$4,00 \cdot 10^{-13}$	12,40
Борная (мета)	HBO_2	$7,50 \cdot 10^{-10}$	9,12
Борная (орто)	H_3BO_3	(I) $5,80 \cdot 10^{-10}$	9,24
		(II) $1,80 \cdot 10^{-13}$	12,74
		(III) $1,60 \cdot 10^{-14}$	13,80
Тетраборная	$H_2B_4O_7$	(I) $1,00 \cdot 10^{-4}$	4,00
		(II) $1,00 \cdot 10^{-9}$	9,00
Бромноватая	$HBrO_3$	$2,00 \cdot 10^{-1}$	0,70
Бромноватистая	$HBrO$	$2,06 \cdot 10^{-9}$	8,70
Бромоводородная	HBr	$1,00 \cdot 10^9$	-9,00
Вода	H_2O	$1,82 \cdot 10^{-16}$	15,74
Водорода пероксид	H_2O_2	$2,40 \cdot 10^{-12}$	11,62
Германиевая	H_2GeO_3	(I) $1,86 \cdot 10^{-9}$	8,73
		(II) $1,91 \cdot 10^{-13}$	12,72
Йодная (мета)	HIO_4	$2,30 \cdot 10^{-2}$	1,64
Йодная (орто)	H_5IO_6	(I) $2,82 \cdot 10^{-2}$	1,55
		(II) $5,37 \cdot 10^{-9}$	8,27
		(III) $1,05 \cdot 10^{-15}$	14,98
Йодноватая	HIO_3	$1,69 \cdot 10^{-1}$	0,77
Йодноватистая	HIO	$2,29 \cdot 10^{-11}$	10,64
Йодоводородная	HI	$1,00 \cdot 10^{11}$	-11,00
Кремниевая (мета)	H_2SiO_3	(I) $2,20 \cdot 10^{-10}$	9,66
		(II) $1,60 \cdot 10^{-12}$	11,80
Кремниевая (орто)	H_4SiO_4	(I) $1,58 \cdot 10^{-10}$	9,80
		(II) $1,86 \cdot 10^{-12}$	11,73
		(III) $1,00 \cdot 10^{-12}$	12,00
		(IV) $2,00 \cdot 10^{-14}$	13,70
Марганцовая	$HMnO_4$	$2,00 \cdot 10^2$	-2,30
Марганцовистая	H_2MnO_4	(I) $7,08 \cdot 10^{-11}$	10,15
Молибденовая	H_2MoO_4	(II) $1,00 \cdot 10^{-6}$	6,00
Муравьиная	$HCOOH$	$1,78 \cdot 10^{-4}$	3,75
Мышьяковая (орто)	H_3AsO_4	(I) $5,50 \cdot 10^{-3}$	2,26
		(II) $1,07 \cdot 10^{-7}$	6,97
		(III) $3,02 \cdot 10^{-12}$	11,52
Мышьяковистая (орто)	H_3AsO_3	(I) $5,89 \cdot 10^{-10}$	9,23
		(II) $7,41 \cdot 10^{-13}$	12,13
		(III) $3,89 \cdot 10^{-14}$	13,41

Продолжение *таблицы 2 - Константы диссоциации кислот*

Кислота	Формула	K_a (K_K)	pK_a (pK_K)
Мышьяковистая (мета)	$HAsO_2$	$6,03 \cdot 10^{-10}$	9,22
Оловинная	H_2SnO_3	$4,00 \cdot 10^{-10}$	9,40
Оловянистая	H_2SnO_2	$6,00 \cdot 10^{-18}$	17,20
Роданистоводородная	$HSCN$	$1,41 \cdot 10^{-1}$	0,85
Свинцовистая	H_2PbO_2	$2,00 \cdot 10^{-16}$	15,70
Селенистая	H_2SeO_3	(I) $2,45 \cdot 10^{-3}$	2,61
		(II) $4,79 \cdot 10^{-9}$	8,32
Селеновая	H_2SeO_4	(I) $1,00 \cdot 10^3$	-3,00
		(II) $1,19 \cdot 10^{-2}$	1,66
Селеноводородная	H_2Se	(I) $1,55 \cdot 10^{-4}$	3,81
		(II) $1,00 \cdot 10^{-11}$	11,0
Серная	H_2SO_4	(I) $1,00 \cdot 10^3$	-3,00
		(II) $1,12 \cdot 10^{-2}$	1,95
Сернистая	H_2SO_3	(I) $1,58 \cdot 10^{-2}$	1,80
		(II) $6,31 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сероводородная	H_2S	(I) $1,05 \cdot 10^{-7}$	6,98
		(II) $1,23 \cdot 10^{-13}$	12,91
Сурьмяная (орто)	H_3SbO_4	$4,00 \cdot 10^{-5}$	4,40
Сурьмянистая (мета)	$HSbO_2$	$1,00 \cdot 10^{-11}$	11,00
Теллуристая	H_2TeO_3	(I) $1,35 \cdot 10^{-4}$	3,87
		(II) $2,00 \cdot 10^{-11}$	10,70
Теллуровая (мета)	H_2TeO_4	(I) $2,29 \cdot 10^{-8}$	7,64
		(II) $6,46 \cdot 10^{-12}$	11,19
Теллуровая (орто)	H_6TeO_6	(I) $1,90 \cdot 10^{-8}$	7,72
		(II) $1,10 \cdot 10^{-11}$	10,96
		(III) $1,00 \cdot 10^{-15}$	15,00
Теллуроводородная	H_2Te	(I) $2,29 \cdot 10^{-3}$	2,64
		(II) $6,76 \cdot 10^{-13}$	12,17
Тиосерная	$H_2S_2O_3$	(I) $2,51 \cdot 10^{-1}$	0,60
		(II) $1,91 \cdot 10^{-2}$	1,72
Угольная	H_2CO_3	(I) $4,27 \cdot 10^{-7}$	6,37
		(II) $4,68 \cdot 10^{-11}$	10,33
Уксусная	CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Фосфористая	H_3PO_3	(I) $1,00 \cdot 10^{-2}$	2,00
		(II) $2,57 \cdot 10^{-7}$	6,59
Фосфорная (орто)	H_3PO_4	(I) $7,24 \cdot 10^{-3}$	2,14
		(II) $6,17 \cdot 10^{-8}$	7,21
		(III) $4,57 \cdot 10^{-13}$	12,34
Фосфорноватистая	H_3PO_2	$7,94 \cdot 10^{-2}$	1,10

Продолжение **таблицы 2** - Константы диссоциации кислот

Кислота	Формула	K_a (K_K)	pK_a (pK_K)
Пирофосфорная	$H_4P_2O_7$	(I) $1,41 \cdot 10^{-1}$	0,85
		(II) $3,24 \cdot 10^{-2}$	1,49
		(III) $1,70 \cdot 10^{-6}$	5,77
		(IV) $6,03 \cdot 10^{-9}$	8,22
Фтороводородная (плавиковая)	HF	$6,67 \cdot 10^{-4}$	3,18
Хлорная	$HClO_4$	$1,00 \cdot 10^{10}$	-10,00
Хлорноватая	$HClO_3$	$1,00 \cdot 10$	-1,00
Хлористая	$HClO_2$	$1,07 \cdot 10^{-2}$	1,97
Хлорноватистая	$HClO$	$2,82 \cdot 10^{-8}$	7,55
Хлороводородная (соляная)	HCl	$1,00 \cdot 10^7$	-7,00
Хромовая	H_2CrO_4	(I) 9,55	-0,98
		(II) $3,16 \cdot 10^{-7}$	6,50
Дихромовая	$H_2Cr_2O_7$	(I) 1,00	-1,00
		(II) $2,29 \cdot 10^{-2}$	1,64
Циановодородная (синильная)	HCN	$4,93 \cdot 10^{-10}$	9,31
Щавелевая	$H_2C_2O_4$	(I) $6,46 \cdot 10^{-2}$	1,19
		(II) $6,17 \cdot 10^{-5}$	4,21

Таблица 3 - Константы диссоциации оснований

Основание	Формула	K_b (K_o)	pK_b (pK_o)
Алюминия гидроксид	$Al(OH)_3$	(I) $7,41 \cdot 10^{-9}$	8,13
		(II) $2,13 \cdot 10^{-9}$	8,67
		(III) $1,05 \cdot 10^{-9}$	8,98
Аммиака гидрат	$NH_3 \cdot H_2O$	$1,78 \cdot 10^{-5}$	4,75
Бария гидроксид	$Ba(OH)_2$	(II) $2,30 \cdot 10^{-1}$	0,64
Бериллия гидроксид	$Be(OH)_2$	(I) $3,16 \cdot 10^{-7}$	6,50
		(II) $5,01 \cdot 10^{-9}$	8,30
Ванадия (III) гидроксид	$V(OH)_3$	(III) $8,32 \cdot 10^{-12}$	11,08
Висмута (III) гидроксид	$Bi(OH)_3$	(I) $3,09 \cdot 10^{-12}$	11,51
		(II) $1,00 \cdot 10^{-12}$	12,00
		(III) $3,72 \cdot 10^{-13}$	12,43
Вода	H_2O	$1,82 \cdot 10^{-16}$	15,74
Галлия гидроксид	$Ga(OH)_3$	(I) $1,05 \cdot 10^{-10}$	9,98
		(II) $3,24 \cdot 10^{-11}$	10,49
		(III) $6,46 \cdot 10^{-12}$	11,19
Железа (II) гидроксид	$Fe(OH)_2$	(I) $1,20 \cdot 10^{-2}$	1,92
		(II) $5,50 \cdot 10^{-8}$	7,26

продолжение **таблицы 3** - Константы диссоциации оснований

Основание	Формула	$K_b (K_o)$	$pK_b (pK_o)$
Железа (III) гидроксид	$Fe(OH)_3$	(I) $4,79 \cdot 10^{-11}$	10,32
		(II) $1,82 \cdot 10^{-11}$	10,74
		(III) $1,48 \cdot 10^{-12}$	11,83
Индия гидроксид	$In(OH)_3$	(I) $1,32 \cdot 10^{-9}$	8,88
		(II) $1,74 \cdot 10^{-10}$	9,76
		(III) $3,80 \cdot 10^{-11}$	10,42
Кадмия гидроксид	$Cd(OH)_2$	(I) $8,13 \cdot 10^{-4}$	3,09
		(II) $4,17 \cdot 10^{-7}$	6,38
Калия гидроксид	KOH	2,88	-0,46
Кальция гидроксид	$Ca(OH)_2$	(II) $5,89 \cdot 10^{-2}$	1,23
Кобальта (II) гидроксид	$Co(OH)_2$	(I) $7,94 \cdot 10^{-5}$	4,10
		(II) $7,94 \cdot 10^{-6}$	5,10
Лантана гидроксид	$La(OH)_3$	(III) $5,01 \cdot 10^{-4}$	3,30
Лития гидроксид	$LiOH$	$4,36 \cdot 10^{-1}$	0,36
Магния гидроксид	$Mg(OH)_2$	(II) $2,63 \cdot 10^{-3}$	2,58
Марганца (II) гидроксид	$Mn(OH)_2$	(II) $3,89 \cdot 10^{-4}$	3,41
Меди (II) гидроксид	$Cu(OH)_2$	(I) $2,19 \cdot 10^{-7}$	6,66
		(II) $6,61 \cdot 10^{-8}$	7,18
Натрия гидроксид	$NaOH$	1,51	-0,18
Никеля (II) гидроксид	$Ni(OH)_2$	(II) $8,32 \cdot 10^{-4}$	3,08
Олова (II) гидроксид	$Sn(OH)_2$	(I) $3,47 \cdot 10^{-10}$	9,46
		(II) $1,26 \cdot 10^{-12}$	11,90
Олова (IV) гидроксид	$Sn(OH)_4$	(I) $1,66 \cdot 10^{-13}$	12,78
		(II) $2,14 \cdot 10^{-14}$	13,67
Палладия гидроксид	$Pd(OH)_2$	(I) $2,04 \cdot 10^{-13}$	12,69
Ртути (II) гидроксид	$Hg(OH)_2$	(I) $1,12 \cdot 10^{-10}$	9,95
		(II) $3,80 \cdot 10^{-11}$	10,42
Свинца (II) гидроксид	$Pb(OH)_2$	(I) $5,01 \cdot 10^{-4}$	3,30
		(II) $1,41 \cdot 10^{-8}$	7,85
Серебра гидроксид	$AgOH$	$9,77 \cdot 10^{-3}$	2,01
Скандия гидроксид	$Sc(OH)_3$	(I) $3,16 \cdot 10^{-8}$	7,50
		(II) $5,01 \cdot 10^{-9}$	8,30
		(III) $4,07 \cdot 10^{-10}$	9,39
Стронция гидроксид	$Sr(OH)_2$	(II) $1,48 \cdot 10^{-1}$	0,83
Титана (IV) гидроксид	$Ti(OH)_4$	(I) $1,02 \cdot 10^{-11}$	10,99
		(II) $3,09 \cdot 10^{-13}$	12,51
Тория (IV) гидроксид	$Th(OH)_4$	(I) $3,55 \cdot 10^{-11}$	10,45
		(II) $2,40 \cdot 10^{-11}$	10,62
		(III) $1,99 \cdot 10^{-11}$	10,70
		(IV) $2,29 \cdot 10^{-12}$	11,64

Окончание *таблицы 3 - Константы диссоциации оснований*

Основание	Формула	K_b (K_o)	pK_b (pK_o)
Хрома (II) гидроксид	$Cr(OH)_2$	(II) $3,98 \cdot 10^{-8}$	7,40
Хрома (III) гидроксид	$Cr(OH)_3$	(II) $3,55 \cdot 10^{-9}$	8,45
		(III) $8,91 \cdot 10^{-11}$	10,05
Цинка гидроксид	$Zn(OH)_2$	(I) $1,32 \cdot 10^{-5}$	4,88
		(II) $4,90 \cdot 10^{-7}$	6,31
Циркония (IV) гидроксид	$Zr(OH)_4$	(I) $6,46 \cdot 10^{-14}$	13,19
		(II) $1,62 \cdot 10^{-14}$	13,79

Таблица 4 – Произведение растворимости

Соединение	ПР	pПР	Соединение	ПР	pПР
AgBr	$5,30 \cdot 10^{-13}$	12,28	Ba(OH) ₂	$5,00 \cdot 10^{-3}$	2,30
AgBrO ₃	$5,50 \cdot 10^{-5}$	4,26	Ba ₃ (PO ₄) ₂	$6,00 \cdot 10^{-39}$	38,22
AgCN	$1,40 \cdot 10^{-16}$	15,84	BaSO ₃	$8,00 \cdot 10^{-7}$	6,10
Ag ₂ CO ₃	$1,20 \cdot 10^{-12}$	11,09	BaSO ₄	$1,10 \cdot 10^{-10}$	9,97
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75	BaSeO ₄	$5,00 \cdot 10^{-8}$	7,30
AgClO ₂	$2,00 \cdot 10^{-4}$	3,70	Be(OH) ₂	$6,30 \cdot 10^{-22}$	21,20
AgClO ₃	$5,00 \cdot 10^{-2}$	1,30	BiAsO ₄	$2,80 \cdot 10^{-10}$	9,36
Ag ₂ CrO ₄	$1,10 \cdot 10^{-12}$	11,95	BiI ₃	$8,10 \cdot 10^{-19}$	18,09
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$1,00 \cdot 10^{-10}$	10,00	BiPO ₄	$1,30 \cdot 10^{-23}$	22,90
AgI	$8,30 \cdot 10^{-17}$	16,08	Bi ₂ S ₃	$1,00 \cdot 10^{-97}$	97,00
AgIO ₃	$3,00 \cdot 10^{-8}$	7,52	Ca ₃ (AsO ₄) ₂	$6,80 \cdot 10^{-19}$	18,17
AgMnO ₄	$1,60 \cdot 10^{-3}$	2,79	CaCO ₃	$3,80 \cdot 10^{-9}$	8,42
Ag ₂ MoO ₄	$2,80 \cdot 10^{-12}$	11,55	CaCrO ₄	$7,10 \cdot 10^{-4}$	3,15
AgNO ₂	$6,00 \cdot 10^{-4}$	3,22	CaF ₂	$4,00 \cdot 10^{-11}$	10,40
Ag ₃ PO ₄	$1,30 \cdot 10^{-20}$	19,89	Ca(IO ₃) ₂	$7,00 \cdot 10^{-7}$	6,15
AgReO ₄	$7,95 \cdot 10^{-5}$	4,10	Ca(OH) ₂	$5,50 \cdot 10^{-6}$	5,26
Ag ₂ S	$2,00 \cdot 10^{-50}$	49,70	Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,00 \cdot 10^{-29}$	28,70
AgSCN	$1,10 \cdot 10^{-12}$	11,97	CaSO ₃	$3,20 \cdot 10^{-7}$	6,50
Ag ₂ SO ₃	$1,50 \cdot 10^{-14}$	13,82	CaSO ₄	$2,50 \cdot 10^{-5}$	4,60
Ag ₂ SO ₄	$1,60 \cdot 10^{-5}$	4,80	CaSeO ₃	$4,70 \cdot 10^{-6}$	5,53
Ag ₂ SeO ₃	$9,80 \cdot 10^{-16}$	15,01	Cd(CN) ₂	$1,00 \cdot 10^{-8}$	8,00
Ag ₂ SeO ₄	$5,60 \cdot 10^{-8}$	7,25	CdCO ₃	$1,00 \cdot 10^{-12}$	12,00
Al(OH) ₃	$1,00 \cdot 10^{-32}$	32,00	Cd(OH) ₂	$2,20 \cdot 10^{-14}$	13,66
AlPO ₄	$5,75 \cdot 10^{-19}$	18,24	CdS	$1,60 \cdot 10^{-28}$	27,80
AuBr	$5,00 \cdot 10^{-17}$	16,30	CdSeO ₃	$5,00 \cdot 10^{-9}$	8,30
AuBr ₃	$4,00 \cdot 10^{-36}$	35,40	CdWO ₄	$2,00 \cdot 10^{-6}$	5,70
AuCl	$2,00 \cdot 10^{-13}$	12,70	CoCO ₃	$1,05 \cdot 10^{-10}$	9,98
AuCl ₃	$3,20 \cdot 10^{-25}$	24,50	Co(IO ₃) ₂	$1,00 \cdot 10^{-4}$	4,00
AuOH	$7,90 \cdot 10^{-20}$	19,10	Co(OH) ₂	$6,30 \cdot 10^{-15}$	14,20
Au(OH) ₃	$5,50 \cdot 10^{-46}$	45,26	Co(OH) ₃	$4,00 \cdot 10^{-45}$	44,40
AuI	$1,60 \cdot 10^{-23}$	22,80	CoS α	$4,00 \cdot 10^{-21}$	20,40
AuI ₃	$1,00 \cdot 10^{-46}$	46,00	CoSeO ₃	$1,60 \cdot 10^{-7}$	6,80
Ba ₃ (AsO ₄) ₂	$7,80 \cdot 10^{-51}$	50,11	CrAsO ₄	$7,80 \cdot 10^{-21}$	20,11
Ba(BrO ₃) ₂	$5,50 \cdot 10^{-6}$	5,26	Cr(OH) ₂	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
BaCO ₃	$4,00 \cdot 10^{-10}$	9,40	Cr(OH) ₃	$6,30 \cdot 10^{-31}$	30,20
BaCrO ₄	$1,20 \cdot 10^{-10}$	9,93	CrPO ₄	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
BaF ₂	$1,10 \cdot 10^{-6}$	5,98	CsBrO ₃	$2,00 \cdot 10^{-2}$	1,70
Ba(IO ₃) ₂	$1,50 \cdot 10^{-9}$	8,82	CsClO ₃	$4,00 \cdot 10^{-2}$	1,40
BaMnO ₄	$2,50 \cdot 10^{-10}$	9,60	CsClO ₄	$4,00 \cdot 10^{-3}$	2,40

Продолжение **таблицы 4** – Производство растворимости

Соединение	ПР	рПР	Соединение	ПР	рПР
CsIO ₃	$1,00 \cdot 10^{-2}$	2,00	Li ₂ CO ₃	$4,00 \cdot 10^{-3}$	2,40
CsIO ₄	$4,40 \cdot 10^{-3}$	2,36	LiF	$1,70 \cdot 10^{-3}$	2,77
CsMnO ₄	$9,10 \cdot 10^{-5}$	4,08	Li ₃ PO ₄	$3,20 \cdot 10^{-9}$	8,50
CsReO ₄	$4,00 \cdot 10^{-4}$	3,40	Mg ₃ (AsO ₄) ₂	$2,10 \cdot 10^{-20}$	19,68
CuCO ₃	$2,50 \cdot 10^{-10}$	9,60	MgCO ₃	$2,10 \cdot 10^{-5}$	4,67
CuCrO ₄	$3,60 \cdot 10^{-6}$	5,44	MgF ₂	$6,50 \cdot 10^{-9}$	8,19
Cu(IO ₃) ₂	$7,40 \cdot 10^{-8}$	7,13	Mg(IO ₃) ₂	$3,00 \cdot 10^{-3}$	2,50
Cu(OH) ₂	$2,20 \cdot 10^{-20}$	19,66	Mg(OH) ₂	$6,00 \cdot 10^{-10}$	9,22
CuS	$6,30 \cdot 10^{-36}$	35,20	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,00 \cdot 10^{-13}$	13,00
CuSe	$1,00 \cdot 10^{-49}$	49,00	MgSO ₃	$3,00 \cdot 10^{-3}$	2,50
CuSeO ₃	$1,70 \cdot 10^{-8}$	7,78	MgSeO ₃	$4,40 \cdot 10^{-6}$	5,36
FeAsO ₄	$5,80 \cdot 10^{-21}$	20,24	Mn ₃ (AsO ₄) ₂	$1,90 \cdot 10^{-29}$	28,72
FeCO ₃	$3,50 \cdot 10^{-11}$	10,46	MnCO ₃	$1,80 \cdot 10^{-11}$	10,74
Fe(OH) ₂	$8,00 \cdot 10^{-16}$	15,10	Mn(OH) ₂	$1,90 \cdot 10^{-13}$	12,72
Fe(OH) ₃	$6,30 \cdot 10^{-38}$	37,20	Mn(OH) ₃	$1,00 \cdot 10^{-36}$	36,00
FePO ₄	$1,30 \cdot 10^{-22}$	21,89	Mn(OH) ₄	$1,00 \cdot 10^{-56}$	56,00
FeS	$5,00 \cdot 10^{-18}$	17,30	MnS	$2,50 \cdot 10^{-13}$	12,60
FeSe	$1,00 \cdot 10^{-26}$	26,00	MnSeO ₃	$5,40 \cdot 10^{-8}$	7,27
Fe ₂ (SeO ₃) ₃	$2,00 \cdot 10^{-31}$	30,70	Mo(OH) ₄	$1,00 \cdot 10^{-50}$	50,00
Hg ₂ Br ₂	$5,80 \cdot 10^{-23}$	22,24	NaIO ₄	$3,00 \cdot 10^{-3}$	2,50
Hg ₂ CO ₃	$8,90 \cdot 10^{-17}$	16,05	Ni ₃ (AsO ₄) ₂	$3,10 \cdot 10^{-26}$	25,51
Hg ₂ Cl ₂	$1,30 \cdot 10^{-18}$	17,88	Ni(CN) ₂	$3,00 \cdot 10^{-23}$	22,50
Hg ₂ CrO ₄	$5,00 \cdot 10^{-9}$	8,70	NiCO ₃	$1,30 \cdot 10^{-7}$	6,87
Hg ₂ I ₂	$4,50 \cdot 10^{-29}$	28,35	Ni(ClO ₃) ₂	$1,00 \cdot 10^{-4}$	4,00
Hg ₂ (IO ₃) ₂	$2,45 \cdot 10^{-14}$	13,71	Ni(IO ₃) ₂	$1,40 \cdot 10^{-8}$	7,85
HgBr ₂	$3,00 \cdot 10^{-26}$	25,52	Ni(OH) ₂	$2,00 \cdot 10^{-15}$	14,89
HgS	$1,60 \cdot 10^{-52}$	51,80	NiS α	$3,20 \cdot 10^{-19}$	18,50
Hg ₂ S	$1,00 \cdot 10^{-47}$	47,00	NiSeO ₃	$1,00 \cdot 10^{-5}$	5,00
Hg ₂ (SCN) ₂	$3,00 \cdot 10^{-20}$	19,52	Pb ₃ (AsO ₄) ₂	$4,10 \cdot 10^{-36}$	35,39
Hg ₂ SO ₃	$1,00 \cdot 10^{-27}$	27,00	PbBr ₂	$9,10 \cdot 10^{-6}$	5,04
Hg ₂ SO ₄	$6,80 \cdot 10^{-7}$	6,17	Pb(BrO ₃) ₂	$8,00 \cdot 10^{-6}$	5,10
HgSe	$1,00 \cdot 10^{-59}$	59,00	PbCO ₃	$7,50 \cdot 10^{-14}$	13,13
Hg ₂ SeO ₃	$6,30 \cdot 10^{-15}$	14,20	PbCl ₂	$1,60 \cdot 10^{-5}$	4,79
In(IO ₃) ₃	$3,00 \cdot 10^{-3}$	2,50	PbCrO ₄	$1,80 \cdot 10^{-14}$	13,75
In(OH) ₃	$5,00 \cdot 10^{-34}$	33,30	PbF ₂	$2,70 \cdot 10^{-8}$	7,57
In ₂ S ₃	$5,75 \cdot 10^{-74}$	73,24	PbI ₂	$1,10 \cdot 10^{-9}$	8,98
IrS ₂	$1,00 \cdot 10^{-75}$	75,00	Pb(IO ₃) ₂	$2,60 \cdot 10^{-13}$	12,58
KClO ₄	$1,10 \cdot 10^{-2}$	1,97	Pb(OH) ₂	$5,00 \cdot 10^{-16}$	15,30
KIO ₄	$8,30 \cdot 10^{-4}$	3,08	Pb ₃ (PO ₄) ₂	$7,90 \cdot 10^{-43}$	42,10

Окончание **таблицы 4** – Произведение растворимости

Соединение	ПР	pПР		Соединение	ПР	pПР
PbS	$2,50 \cdot 10^{-27}$	26,60		Sr ₃ (AsO ₄) ₂	$1,30 \cdot 10^{-18}$	17,10
Pb(SCN) ₂	$2,00 \cdot 10^{-5}$	4,70		SrCO ₃	$1,10 \cdot 10^{-10}$	9,96
PbSO ₄	$1,60 \cdot 10^{-8}$	7,80		SrCrO ₄	$3,60 \cdot 10^{-5}$	4,44
PbS ₂ O ₃	$4,00 \cdot 10^{-7}$	6,40		SrF ₂	$2,50 \cdot 10^{-9}$	8,61
PbSe	$1,00 \cdot 10^{-38}$	38,00		Sr(IO ₃) ₂	$3,30 \cdot 10^{-7}$	6,48
PbSeO ₃	$3,00 \cdot 10^{-12}$	11,50		Sr(OH) ₂	$3,20 \cdot 10^{-4}$	3,50
PbSeO ₄	$1,45 \cdot 10^{-7}$	6,84		Sr ₃ (PO ₄) ₂	$1,00 \cdot 10^{-31}$	31,00
Pd(OH) ₂	$1,00 \cdot 10^{-31}$	31,00		SrSO ₃	$4,00 \cdot 10^{-8}$	7,40
Pd(OH) ₄	$6,50 \cdot 10^{-71}$	70,20		SrSO ₄	$3,20 \cdot 10^{-7}$	6,49
PtBr ₄	$3,00 \cdot 10^{-41}$	40,50		SrSeO ₃	$4,40 \cdot 10^{-6}$	5,36
PtCl ₄	$8,00 \cdot 10^{-29}$	28,10		SrWO ₄	$2,20 \cdot 10^{-10}$	9,77
Pt(OH) ₂	$1,00 \cdot 10^{-35}$	35,00		Ti(OH) ₄	$8,00 \cdot 10^{-54}$	53,10
PtS	$8,00 \cdot 10^{-73}$	72,10		Zn ₃ (AsO ₄) ₃	$1,30 \cdot 10^{-27}$	27,89
RbBrO ₃	$2,00 \cdot 10^{-2}$	1,70		Zn(CN) ₂	$2,60 \cdot 10^{-13}$	12,59
RbClO ₄	$2,50 \cdot 10^{-3}$	2,60		ZnCO ₃	$1,45 \cdot 10^{-11}$	10,84
RbIO ₄	$5,50 \cdot 10^{-4}$	3,26		Zn(IO ₃) ₂	$2,00 \cdot 10^{-8}$	7,70
RbMnO ₄	$2,90 \cdot 10^{-3}$	2,54		Zn(OH) ₂	$1,20 \cdot 10^{-17}$	16,92
RbReO ₄	$9,60 \cdot 10^{-4}$	3,02		Zn ₃ (PO ₄) ₂	$9,10 \cdot 10^{-33}$	32,04
SnI ₂	$8,30 \cdot 10^{-6}$	5,08		ZnS α	$1,60 \cdot 10^{-24}$	23,80
Sn(OH) ₂	$6,30 \cdot 10^{-27}$	26,20		ZnSe	$1,00 \cdot 10^{-31}$	31,00
Sn(OH) ₄	$1,00 \cdot 10^{-57}$	57,00		ZnSeO ₃	$1,90 \cdot 10^{-8}$	7,72
SnS	$2,50 \cdot 10^{-27}$	26,60				

Таблица 5 – Названия некоторых анионов

Анион	Тривиальное название	Номенклатурное название
AsO_2^-	Арсенит (мета)	Диоксоарсенат (III)
AsO_3^{3-}	Арсенит (орто)	Триоксоарсенат (III)
AsO_4^{3-}	Арсенат	Тетраоксоарсенат (V)
BO_2^-	Борат (мета)	Диоксоборат (III)
BO_3^{3-}	Борат (орто)	Триоксоборат (III)
$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	Борат (тетра)	Гептаоксотетраборат (III)
Br^-	Бромид	Бромид
BrO^-	Бромит	Оксобромат (I)
BrO_3^-	Бромат	Триоксобромат (V)
CH_3COO^-	Ацетат	Ацетат
Cl^-	Хлорид	Хлорид
ClO^-	Гипохлорит	Оксохлорат (I)
ClO_2^-	Хлорит	Диоксохлорат (III)
ClO_3^-	Хлорат	Триоксохлорат (V)
ClO_4^-	Перхлорат	Тетраоксохлорат (VII)
CN^-	Цианид	Цианид
CO_3^{2-}	Карбонат	Триоксокарбонат (IV)
CrO_4^{2-}	Хромат	Тетраоксохромат (VI)
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Дихромат (бихромат)	Гептаоксодихромат (VI)
F^-	Фторид	Фторид
HCO_3^-	Гидрокарбонат	Гидрокарбонат
HCOO^-	Формиат	Формиат
I^-	Иодид	Иодид
IO^-	Гипоиодит	Оксоиодат (I)
IO_3^-	Иодат	Триоксоиодат (V)
IO_4^-	Периодат (мета)	Тетраоксоиодат (VII)
IO_6^{5-}	Периодат (орто)	Гексаоксоиодат (VII)
MnO_4^{2-}	Манганат	Тетраоксоманганат (VI)
MnO_4^-	Перманганат	Тетраоксоманганат (VII)
NO_2^-	Нитрит	Диоксонитрат (III)
NO_3^-	Нитрат	Триоксонитрат (V)
OH^-	Гидроксид	Гидроксид
PO_3^{3-}	Фосфит	Триоксофосфат (III)
PO_4^{3-}	Фосфат (орто)	Тетраоксофосфат (V)
$\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	Пирофосфат	Гептаоксодифосфат (V)
S^{2-}	Сульфид	Сульфид
SCN^-	Роданид (тиоцианат)	Роданид (тиоцианат)
Se^{2-}	Селенид	Селенид
SeO_3^{2-}	Селенит	Триоксоселенат (IV)
SeO_4^{2-}	Селенат	Тетраоксоселенат (VI)

Продолжение *таблицы 5* – Названия некоторых анионов

Анион	Тривиальное название	Номенклатурное название
SiO_3^{2-}	Силикат (мета)	Триоксосиликат (IV)
SiO_4^{4-}	Силикат (орто)	Тетраоксосиликат (IV)
SO_3^{2-}	Сульфит	Триоксосульфат (IV)
SO_4^{2-}	Сульфат	Тетраоксосульфат (VI)
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (SO_3S^{2-})	Тиосульфат	Тиотриоксосульфат (VI)
Te^{2-}	Теллурид	Теллурид
TeO_3^{2-}	Теллурит	Триоксотеллурат (IV)
TeO_4^{2-}	Теллурат (мета)	Тетраоксотеллурат (VI)
TeO_6^{6-}	Теллурат (орто)	Гексаоксотеллурат (VI)

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольхин, В.В. Общая химия. Основной курс : учебное пособие [Текст] / В.В. Вольхин. – 2-е изд. - СПб. : Лань, 2008. – 464 с. – ISBN: 978-5-8114-0829-0.
2. Гельфман, М.И. Неорганическая химия : учебное пособие [Текст] / М.И. Гельфман, В.П. Юстратов. – 2-е изд. - СПб. : Лань, 2009. – 528 с. – ISBN: 978-5-8114-0730-9.
3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов [Текст] / Н.С. Ахметов. - 7-е изд. - М. : Высшая школа, 2008. - 743 с. - ISBN 978-5-06-003363-2.
4. Лидин, Р.А. Химия. Полный сборник задач [Текст] / Р.А. Лидин. – М. : Дрофа, 2007. – 606 с. – ISBN 978-5-358-01153-3.
5. Краткий справочник физико-химических величин [Текст] / под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – 10-е изд. - СПб. : «Иван Федоров», 2002. – 240 с. – ISBN: 5-81940-071-2.
6. Лидин, Р.А. Константы неорганических веществ : справочник [Текст] / Р.А. Лидин, Л.Л. Андреева, В.А. Молочко. – М. : Дрофа, 2006. – 685 с. – ISBN 978-5-7107-8085-5.

Учебное издание

Вдовина С.В.

кандидат химических наук

Черкина М.В.,

кандидат химических наук, доцент

РЕАКЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 03.06.2011.
Подписано в печать 28.10.2011.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2,75. Тираж 100.
Заказ №43.

НХТИ (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», г. Нижнекамск, 423570,
ул. 30 лет Победы, д. 5а.