

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Б1.Б.11.01    Неорганическая и аналитическая химия

**Направление подготовки 36.03.02 Зоотехния**

**Профиль подготовки:** Технология производства продуктов животноводства

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Форма обучения** заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п .	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельно изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Основные понятия и законы химии. Стехиометрические законы	-	-	1	1	2
2	Строение атома и периодический закон	-	-	1	1	-
3	Химическая связь. Строение вещества	-	-	1	1	-
4	Энергетика и направление химических процессов	-	-	1	1	-
5	Химическая кинетика. Катализ.	-	-	1	1	-
6	Химическое равновесие. Факторы, влияющие на смещение равновесия	-	-	1	1	-
7	Общая характеристика растворов. Растворимость веществ. Способы выражения концентрации растворов.	-	-	1	1	2
8	Теория электролитической диссоциации.	-	-	1	1	2
9	Ионное произведение воды, рН. Методы определения рН.	-	-	2	2	2
10	Гидролиз солей	-	-	1	1	-
11	Окислительно-восстановительные реакции.	-	-	1	1	3
12	Классификация ионов на аналитические группы. Качественные реакции на катионы и анионы	-	-	1	1	-
13	Титриметрический анализ. Метод кислотно-основного титрования	-	-	2	2	-
14	Окислительно-восстановительное титрование. Перманганатометрия		-	7	7	7
15	Комплексные соединения.	-	-	8	8	8

	Комплексонометрическое титрование. Определение общей жесткости воды					
--	--	--	--	--	--	--

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме контрольной работы.

### 2.1 Темы индивидуальных домашних заданий

1. ИДЗ-1. Классификация оксидов. Графические формулы оксидов.
2. ИДЗ-2. Диссоциация кислот и оснований.
3. ИДЗ-3. Способы получения средних, кислых и основных солей. Номенклатура солей.
4. ИДЗ-4. Расчет молярной массы эквивалента солей.
5. ИДЗ-5. Расчет объема газообразного вещества.
6. ИДЗ-6. Расчеты термодинамических величин по закону Гесса.
7. ИДЗ-7. Расчеты по кинетическому уравнению и уравнению Вант-Гоффа.
8. ИДЗ-8. Факторы, влияющие на смещение равновесия.
9. ИДЗ-9. Расчет концентраций солей.
10. ИДЗ-10. Гидролиз солей.
11. ИДЗ-11. Расчет константы и степени гидролиза солей.
12. ИДЗ-12. Строение атома. Электронные конфигурации.
13. ИДЗ-13. Составление уравнений ОВР.
14. ИДЗ-14. Комплексные соединения.

### 2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий

1. Индивидуальное домашнее задание 1 (ИДЗ-1) Классификация оксидов. Графические формулы оксидов.

Из элементов, входящих в состав предложенных кислот и оснований, соответствующих номеру вашего варианта, составить формулы всех возможных оксидов. Указать валентность элементов в этих оксидах, их характер, составить структурные формулы.

2. Индивидуальное домашнее задание 2 (ИДЗ-2) Диссоциация кислот и оснований.

Напишите уравнения ступенчатой диссоциации этих веществ, формулу для выражения констант диссоциации.

3. Индивидуальное домашнее задание 3 (ИДЗ-3) Способы получения средних, кислых и основных солей. Номенклатура солей.

Из соединений задания № 1 все возможные соли (средние, кислые, основные). Назовите соли. Напишите уравнения реакций получения солей в молекулярном и ионном (полном и сокращенном) виде. Кислые и основные соли условно считать растворимыми. Укажите значение полученных солей.

4. Индивидуальное домашнее задание 4 (ИДЗ-4) Расчет молярной массы эквивалента солей.

Для всех солей из задания № 3 рассчитать молярную массу эквивалента и количество вещества эквивалента, если масса соли 20 г.

5. Индивидуальное домашнее задание 5 (ИДЗ-5) Расчет объема газообразного вещества.

Из задания № 1 выбрать газообразные оксиды и рассчитать (в соответствии с номером своего варианта) для них количество вещества, объем и количество молекул, если масса его равна:

6. Индивидуальное домашнее задание 6 (ИДЗ-6) Расчеты термодинамических величин по закону Гесса.

Вычислить стандартные изменения энталпии, энтропии, энергии Гиббса в соответствующей реакции ( $\Delta H_{обр}^0$ ,  $S_{298}^0$  в табл.). Определить температуру, при которой устанавливается химическое равновесие реакции, и сделать вывод о возможности протекания реакции в прямом направлении (из расчетных либо графических данных).

7. Индивидуальное домашнее задание 7 (ИДЗ-7) Расчеты по кинетическому уравнению и уравнению Вант-Гоффа.

Напишите уравнения возможных реакций получения газообразных соединений из исходных простых веществ, образованных элементами, входящих в состав кислот и оснований.

1. Как изменится скорость реакции, если: 1) концентрации реагирующих веществ уменьшить в 3 раза; 2) концентрации реагирующих веществ уменьшить в 2 раза; 3) концентрации реагирующих веществ увеличить в 2 раза; 4) концентрации реагирующих веществ увеличить в 3 раза; 5) концентрацию одного из реагирующих веществ уменьшить в 3 раза; 6) концентрацию одного из реагирующих веществ увеличить в 2 раза; 7) концентрацию одного из реагирующих веществ уменьшить в 2 раза; 8) концентрацию одного из реагирующих веществ увеличить в 3 раза?

8. Индивидуальное домашнее задание 8 (ИДЗ-8) Факторы, влияющие на смещение равновесия.

Напишите математическое выражение  $K_p$  (константы химического равновесия) для обратимых реакций и укажите направление смещения равновесия при изменении условий:

а) уменьшении парциального давления одного из исходных газообразных веществ;  
б) понижении давления; в) повышении температуры.

9. Индивидуальное домашнее задание 9 (ИДЗ-9) Расчет концентраций солей в растворах.

Рассчитать массовую долю (процентную концентрацию), молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, моляльную концентрацию и титр любой растворимой соли из задания № 3.

10. Индивидуальное домашнее задание 10 (ИДЗ-10) Гидролиз солей. Написать уравнения реакций гидролиза всех солей из задания № 3 в молекулярном и ионном виде, указать реакцию среды.

11. Индивидуальное домашнее задание 11 (ИДЗ-11). Расчет константы и степени гидролиза солей. Рассчитать константу гидролиза ( $K_g$ ) и pH раствора одной из гидролизуемых солей при концентрации соли 0,001 моль/л.

12. Индивидуальное домашнее задание 12 (ИДЗ-12) Строение атома. Электронные конфигурации элементов.

Укажите численные значения главного и орбитального квантовых чисел данных подуровней, рассчитайте последовательность их заполнения. Распределите по квантовым ячейкам валентные электроны, определите химический элемент и его положение в системе Д.И.Менделеева (номер периода, группа, подгруппа). Напишите электронные

формулы предложенных атомов и ионов, укажите положение их в системе Д.И.Менделеева (номер периода, группа, подгруппа)

13. Индивидуальное домашнее задание 13 (ИДЗ-13) Составление уравнений ОВР методом полуреакций.

Составьте электронно-ионные схемы и молекулярные уравнения реакций. Укажите окислитель и восстановитель. Две реакции (**а,б**) для каждого варианта.

14. Индивидуальное домашнее задание 14 (ИДЗ-14) Комплексные соединения.

Заполните таблицу по образцу. Составьте формулы комплексных солей из элементов-комплексообразователей своего задания. Дайте им название. Запишите уравнение диссоциации комплексного соединения.

### **2.3. Порядок выполнения заданий**

Индивидуальные работы по химии оформляются в специальных тетрадях - тонкая тетрадь в клеточку, толщиной 12 - 18 листов. От предыдущей работы отступают 3-4 клетки и записывают дату выполнения работы и далее посередине следующей строки номер выполняемой работы. Далее, каждый раз с новой строки записывают тему, задания. После строки «Ход работы» коротко поэтапно приводится описание выполнения индивидуальной работы.

Оформление должно быть лаконичным: приводятся описания задания, уравнения химических реакций, условия проведения реакций, рисунки, ответы на вопросы, выводы. Важным является знание и умение приводить записи уравнений химических реакций. При этом необходимо приводить химические формулы и названия всех реагентов и продуктов реакции, упоминание о которых ведется при выполнении работы.

Если в ходе выполнения работы необходимо ответить на вопросы для выяснения понимания сущности процесса, то записывается ответ, если требуется оформить рисунок, заполнить таблицу, то соответственно выполняется рисунок или заполняется таблица.

Таблицы заполняются четко и аккуратно, при этом таблица должна занимать всю ширину тетрадной страницы.

Все рисунки должны иметь обозначения составных частей, оборудования, названия реагентов и продуктов реакции. Рисунки должны располагаться на левой стороне тетрадного листа, подписи к рисункам – (с правой стороны или снизу).

Рисунки с изображением моделей приборов, схем выполнения химического эксперимента должны быть крупными и четкими, выполненными простым карандашом (допускается использование цветных карандашей), содержать только главные, наиболее характерные особенности.

В конце каждого задания обязательно записывается вывод по итогам выполненной работы.

При выставлении оценки за индивидуальную работу по химии учитываются такие компоненты: самостоятельное выполнение, объем и качество выполненной работы, правильность написания уравнений химических реакций и выводов. На снижение оценки должны повлиять ошибки, допущенные в процессе выполнения работы, отсутствие аккуратности в работе.

Также оценивается качество ведения записей: аккуратность, выполнение схем, рисунков и таблиц и т.д. Если требования не выполняются, то оценка снижается.

### **2.4 Пример выполнения задания**

#### **ИДЗ-1. Классификация оксидов. Графические формулы оксидов**

Из элементов, входящих в состав предложенных кислот и оснований, соответствующих номеру вашего варианта, составить формулы всех возможных оксидов. Указать валентность элементов в этих оксидах, их характер, составить структурные формулы.

**Например:** Даны вещества  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  (кремниевая кислота),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (серная кислота),  $\text{NaOH}$  (гидроксид натрия),  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  (гидроксид цинка). Элементы образуют следующие оксиды:

Формула	Характер оксида	Графическая формула
II $\text{SiO}$	Несолеобразующий (безразличный, индифферентный)	$\text{Si} = \text{O}$
IV $\text{SiO}_2$	Кислотный	$\text{O} = \text{Si} = \text{O}$
IV $\text{SO}_2$	Кислотный	$\text{O} = \text{S} = \text{O}$
VI $\text{SO}_3$	Кислотный	$\text{O} = \text{S} = \text{O}$    O
II $\text{ZnO}$	Амфотерный	$\text{Zn} = \text{O}$
I $\text{Na}_2\text{O}$	Основный	$\text{Na} - \text{O} - \text{Na}$

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

#### 3.1. Несолеобразующие оксиды.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на то, что несолеобразующими всегда являются оксиды неметаллов. Они не способны взаимодействовать с кислотами или с основаниями с образованием солей.

#### 3.2. Пероксиды.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание, что существуют вещества – соединения элемента с кислородом, которые по составу относясь к классу оксидов, по строению и свойствам относятся к классу солей. К таким относятся, в частности, пероксиды активных металлов.

#### 3.3. Двойные и смешанные соли.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание, что соли, образованные двумя металлами и одной кислотой, называются двойными ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  – сульфат калия-алюминия), соли, образованные одним металлом и двумя кислотными остатками – смешанными ( $\text{CaCl}(\text{OCl})$  – хлорид-гипохлорит кальция)

#### 3.4. Закон постоянства состава. Нестехиометрические соединения. Дальтониды и бертоллиды.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на то, что многие элементы, соединяясь друг с другом, могут образовывать разные вещества постоянного состава. Но это справедливо только для соединений с ковалентным типом связи. Такие вещества называются дальтониды. Для веществ кристаллических (в частности сплавов) состав может зависеть от способов получения. Такие вещества называются бертоллиды.

#### 3.5. Газовые законы. Парциальное давление газа. Уравнение Менделеева-Клапейрона.

При изучении данного вопроса обратить внимание, что к газовым законам относится закон объемных отношений, закон Авогадро. С помощью уравнения Менделеева-Клапейрона можно определить молярную массу газов при условиях, отличных от нормальных.

#### 3.6. Внутренняя энергия системы.

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что внутренняя энергия тела складывается из кинетической энергии молекул тела и их структурных единиц

(атомов, электронов, ядер), энергии взаимодействия атомов в молекулах и т. д. Во внутреннюю энергию не входит энергия движения тела как целого и потенциальная энергия.

### **3.7. Свободная и связанная энергия системы.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на то, что свободная энергия есть та работа, которую могло бы совершить тело в обратимом изотермическом процессе, или свободная энергия есть максимальная возможная работа, которую может совершить система, обладая каким-то запасом внутренней энергии. Внутренняя энергия системы  $U$  равна сумме свободной ( $F$ ) и связанной энергии ( $TS$ ):

$$U = F + TS$$

*Связанная энергия – та часть внутренней энергии, которая не может быть превращена в работу, – это обесцененная часть внутренней энергии.*

При одной и той же температуре связанная энергия тем больше, чем больше энтропия.

Таким образом, энтропия системы есть мера обесцененности ее энергии (т.е. мера той энергии, которая не может быть превращена в работу).

### **3.8. Порядок и молекулярность реакции.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание: Для характеристики механизма химических реакций в кинетике применяют такие понятия, как порядок и молекулярность реакции.

Порядком химической реакции называют сумму показателей степеней в уравнении скорости реакции. Различают реакции нулевого, первого, второго и дробного порядков.

Под молекулярностью реакции понимают число частиц (атомов, молекул, ионов), которые принимают участие в элементарном акте взаимодействия. Если в процессах разложения или изомеризации веществ в элементарном акте взаимодействия принимает участие одна молекула, то такие реакции называют мономолекулярными.

### **3.9. Цепные и фотохимические реакции.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на следующее:

Цепные реакции играют важную роль во многих отраслях химии, в частности, в фотохимии, в органической химии, в процессах получения ядерной энергии. Сгорание топлива в двигателях внутреннего сгорания, крекинг углеводородного сырья, процессы полимеризации – все это процессы, протекающие по цепному механизму. Характерной особенностью цепных реакций является участие в них активных частиц (свободных атомов, радикалов, возбужденных молекул и др.), которые сталкиваясь с молекулами исходных веществ, образуют конечные продукты и новые активные частицы, которые вновь вступают в реакцию и т.д. Цепные реакции протекают обычно с большой скоростью и часто имеют характер взрыва.

Фотохимическими называются реакции, протекающие под действием света. При фотохимических реакциях энергия, необходимая для поддержания реакции или ее возбуждения, подводится в форме электромагнитных колебаний. К фотохимическим реакциям относятся фотосинтез (синтез углеводов из диоксида углерода и воды в растениях), фотографический процесс, выцветание красок, люминесценция и др. К фотохимическим реакциям относится и взаимодействие водорода с хлором, рассмотренное выше.

### **3.10. Автокатализ.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на то, что автокаталитическое ускорение реакции, обусловленное накоплением конечного или промежуточного продукта, обладающего катализитическим действием в данной реакции. В более широком смысле автокаталитическое действие – это способность некоторого вещества ускорять свою же реакцию.

3 - самоускорение реакции, вызванное к.-л. изменением в системе из-за протекания химической реакции. Автокатализ. наблюдается, например, при гидролизе с ложных эфиров из-за накопления кислоты.

### **3.11. Ферментативный катализ.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что ферментативный катализ (биокатализ) – это ускорение биохимических реакций при участии белковых макромолекул. Механизм действия биокатализаторов (ферментов) такой же как и нерганических катализаторов.

### **3.12. Ингибиторы химического процесса.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что ингибиторы – общее название веществ, подавляющих или задерживающих течение физиологических и физико-химических (главным образом ферментативных) процессов. Действие ингибиторов характерно для каталитических и цепных реакций, протекающих с участием активных центров или частиц. Торможение или предотвращение реакции обусловлено тем, что ингибитор блокирует активные центры катализатора или реагирует с активными частицами с образованием малоактивных радикалов. Ингибитор вводится в систему в намного меньшей концентрации, чем концентрация реагентов.

### **3.13. Фазовые равновесия.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что фазовое равновесие (равновесие фаз) – состояние, при котором фазы в термодинамической системе находятся в состоянии теплового, механического и химического равновесия.

Тепловое равновесие означает, что все фазы вещества в системе имеют одинаковую температуру.

Механическое равновесие означает равенство давлений по разные стороны границы раздела соприкасающихся фаз. Строго говоря, в реальных системах эти давления равны лишь приближенно, разность давлений создается поверхностным натяжением.

Химическое равновесие выражается в равенстве химических потенциалов всех фаз вещества.

### **3.14. Обратимые реакции в биологических системах.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на то, что живые организмы с точки зрения термодинамики – открытые системы. Между системой и окружающей средой возможен обмен энергией, который происходит в соответствии с законами термодинамики.

Направление химической реакции определяется значением  $\Delta G$ . Если эта величина отрицательна, то реакция протекает самопроизвольно и сопровождается уменьшением свободной энергии. Такие реакции называют экз ergоническими. Если при этом абсолютное значение  $\Delta G$  велико, то реакция идет практически до конца, и её можно рассматривать как необратимую.

Если  $\Delta G$  положительно, то реакция будет протекать только при поступлении свободной энергии извне; такие реакции называют энд ergоническими.

Если абсолютное значение  $\Delta G$  велико, то система устойчива, и реакция в таком случае практически не осуществляется. При  $\Delta G$ , равном нулю, система находится в равновесии.

### **3.15. Буферные системы**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что Буферные системы буферные растворы, буферные смеси, системы, поддерживающие определённую концентрацию ионов водорода  $H^+$ , то есть определённую кислотность среды. Кислотность буферных растворов почти не изменяется при их разбавлении или при добавлении к ним некоторых количеств кислот или оснований.

### **3.16. Значение гидролиза солей в природе, быту, сельскохозяйственном производстве.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что Гидролиз солей имеет и практическое, и биологическое значение. В настоящее время в быту мы используем мыло, стиральные порошки и другие моющие средства. Основной компонент мыла — это натриевые или калиевые соли высших жирных карбоновых кислот: стеарата, пальмитата, которые гидролизуются.

Если кислотность почвы недостаточная, у растений появляется болезнь — хлороз. Ее признаки - пожелтение или побеление листьев, отставание в росте и развитии. Если  $pH > 7,5$ , то в нее вносят удобрение сульфат аммония, которое способствует повышению кислотности, благодаря гидролизу по катиону, проходящему в почве.

### **3.17. История развития учения о строении атома. Первые модели атомов.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на предпосылки возникновения учения о строении атома (открытие радиоактивности, открытие электрона, опыты Резерфорда). Модель атома Дж. Томсона, планетарная модель атома Резерфорда.

### **3.18. Атомные спектры. Постулаты Бора.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что постулаты Бора позволили ему теоретически рассчитать энергетический спектр атома водорода и водородоподобных атомов – атомов, состоящих из ядра с зарядом  $Z \neq 1$  и одного электрона, движущегося вокруг ядра. Используя теорию Бора и схему энергетических уровней атома, легко объяснить процессы испускания и поглощения излучения атомом.

### **3.19. Предпосылки возникновения периодического закона. Значение открытия периодического закона.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что до Д.И Менделеева были предприняты попытки разными учеными (Доберейнер, Берцелиус и др.) систематизировать элементы, а также развивалось учение о валентности химических элементов. Периодический закон открыл путь к познанию строения атомов и их ядер, практическим результатом чего было овладение внутриатомной энергией.

### **3.20. Окислительно-восстановительные процессы в природе. Фотосинтез, дыхание, брожение.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что окислительно-восстановительные реакции играют важную роль в природе и технике. В качестве примеров окислительно-восстановительных процессов, протекающих в природных биологических системах, можно привести реакцию фотосинтеза у растений и процессы дыхания у животных и человека.

### **3.21.Окислительно-восстановительные процессы в промышленности: электролиз. Законы электролиза.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что процессы горения топлива, протекающие в топках котлов тепловых электростанций и в двигателях внутреннего сгорания и реактивных двигателях ракет, являются примером технически важных ОВР.

Окислительно-восстановительные процессы, протекающие в природе и технике, нередко наносят огромный ущерб природе и человеку. В качестве примеров таких процессов могут служить коррозия металлов, лесные пожары, окисление азота при сжигании топлива, образование чрезвычайно токсичных диоксинов.

При помощи ОВР получают металлы, органические и неорганические соединения, проводят анализ различных веществ, очищают многие вещества, природные и сточные воды, газовые выбросы электростанций и заводов и т. п.

### **3.21. Исторические предпосылки развития теории строения вещества.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что в 1812 году итальянский физик и химик [Амедео Авогадро](#), изучая молекулярные веса газов ([водорода](#), [кислорода](#), [азота](#), [хлора](#)), выдвинул молекулярную гипотезу строения вещества. Однако работа Авогадро долгое время не получала признания, что тормозило развитие основных идей в области химического строения молекул. Лишь после убедительного

доклада [Станислao Канниццарo](#) на [первом международном съезде химиков в Карлсруэ](#) (1860) атомные веса, определённые с помощью закона Авогадро, стали общепринятыми. На съезде разграничили понятия «атом», «молекула», утвердили [атомно-молекулярное учение](#), основное положение которого «атомы при взаимодействии образуют молекулу».

Атомно-молекулярное учение послужило основой создания теории химического строения Бутлерова.

### **3.22. Свойства молекул с различным типом связи.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание, что соединения с различным типом связи имеют различное строение. Так, соединения с ковалентной связью – это чаще всего жидкие или газообразные вещества. Вещества с ионным типом связи – кристаллические, тугоплавкие вещества.

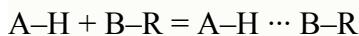
### **3.23. Типы кристаллических решеток.**

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на то, что в совокупности различные типы кристаллических решеток веществ представляют собой сетки с различной пространственной ориентацией, в узлах которых располагаются ионы, молекулы или атомы. Это стабильное геометрическое пространственное положение и называется кристаллической решеткой вещества. Расстояние между узлами одной кристаллической ячейки называется периодом идентичности. Пространственные углы, под которыми расположены узлы ячейки, называются параметрами. По способу построения связей кристаллические решетки могут быть простыми, базоцентрированными, гранецентрированными и объемно-центрированными. Если частицы вещества расположены лишь в углах параллелепипеда, такая решетка называется простой.

### **3.24. Водородная связь (внутримолекулярная и межмолекулярная).**

Химическая связь, образованная положительно заряженным водородом молекулы (или полярной группы) и электроотрицательным атомом другой или той же молекулы, называется [водородной связью](#).

Если водородная связь образуется между разными молекулами, она называется межмолекулярной, если связь образуется между двумя группами одной и той же молекулы, то она называется внутримолекулярной. Водородная связь между молекулами A–H и B–R обозначается тремя точками ⋯.



водород в данном случае образует две химические связи, причем они не равноценны.

Образование водородной связи обусловлено тем, что в полярных молекулах A – H или полярных группах –A – H поляризованный атом водорода обладает уникальными свойствами: отсутствием внутренних электронных оболочек, значительным сдвигом электронной пары к атому с малым размером. Поэтому водород способен глубоко внедряться в электронную оболочку соседнего отрицательно поляризованного атома.

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

### 4.1. ЛР-1. Основные понятия и законы химии. Стехиометрические законы

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

#### - Закон сохранения массы веществ

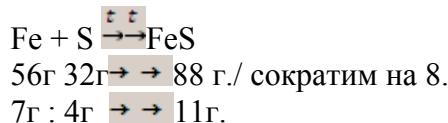
Этот закон открыт в 1756 г. русским ученым М.В. Ломоносовым.

« Масса веществ вступивших в химическую реакцию равна массе веществ получившихся в результате химической реакции».

М.В. Ломоносов прокаливал металлы в реторте (запаянный сосуд) и обнаружил, что вес веществ до и после реакции остался неизменным. Открытие этого закона способствовало развитию химии, как науки; утверждению атомно-молекулярного учения; на основании этого закона составляются уравнения химических реакций и по ним проводятся важные расчеты.

- Закон постоянства состава веществ. Открыт в 1779 г. Французским химиком Ж. Л. Прустом. «Состав любого химически чистого вещества постоянен независимо от способа получения и места нахождения».

Согласно этому закону вещества вступают в химические реакции в определенных массовых отношениях.



Берем 8г + 4г  $\rightarrow$  11г FeS и 1г Fe в остатке.

Берем 7г + 5г  $\rightarrow$  11г FeS и 1г S в остатке.

Этот закон дал химикам возможность выражать состав веществ при помощи химических формул: H<sub>2</sub>O вода, CO<sub>2</sub> углекислый газ и т.д. состав веществ определяется экспериментально.

#### - Закон Авогадро. Открыт итальянским ученым Авогадро.

«в равных объемах любых газов при одинаковых внешних условиях (температуре и давлении) содержится одинаковое число молекул.»

Следствие из закона Авогадра:

« 1 моль любого газа при постоянных условиях всегда занимает один и тот же объем».

«1 моль любого газа при нормальных условиях (0° С или 273° К и Р = 101,325 кПа) занимает объем 22,4 л.»

Постоянная  $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = 22,4$  л/моль называется молярным объемом газа при н.у.

Из закона Авогадро следует, что если объемы двух газов при постоянных условиях равны, то и равно число молекул двух газов.

$n_1 (1 \text{ газа}) = n_2 (2 \text{ газа})$  при постоянных условиях.

$n_1 (1 \text{ газа}) = n_2 (2 \text{ газа})$  при постоянных условиях. отсюда,

$$\frac{M_r(1 \text{ газа})}{M_r(2 \text{ газа})} = \frac{n_1}{n_2}$$

Д газа1 / газу2 =  $\frac{M_r(1 \text{ газа})}{M_r(2 \text{ газа})}$

Д – относительная плотность одного газа по второму. При расчетах чаще всего пользуются относительными плотностями газов по водороду D<sub>H2</sub> и по воздуху D<sub>воздуха</sub>, их определяют экспериментально и по ним вычисляют относительную молекулярную массу газа.

#### - Закон эквивалентов.

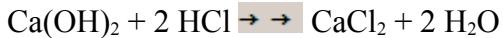
« Массы элементов и веществ, участвующих в химических реакциях, относятся друг к другу, как их эквиваленты».

Математическое выражение закона эквивалентов:  $m_1 : m_2 = \text{Э}_1 : \text{Э}_2$  или  $m_1 : \text{Э}_1 = m_2 : \text{Э}_2$ .

Отсюда: 1) элементы и вещества участвуют в химических реакциях в одинаковых количествах их эквивалентов; 2) масса элемента или вещества в граммах, численно равная эквиваленту, называется грамм-эквивалентом.

Величина эквивалента зависит от типа и характера химической реакции, в которой участвует данный элемент или вещество.

Эквивалентом вещества называется некоторая условная частица этого вещества, которая в данной реакции соединяется с одним атомом или ионом водорода либо замещает его.



В этой реакции одному иону водорода эквивалентна условная частица, равная  $\frac{1}{2} \text{Ca(OH)}_2$ . Это и будет эквивалентом гидроксида кальция. Число  $\frac{1}{2}$  носит название фактора эквивалентности:  $f$  эквивалента.  $[\text{Ca(OH)}_2] = \frac{1}{2}$

Молярная масса эквивалента вещества вычисляют по формуле:

$$M \text{ эквивалента. } [\text{Ca(OH)}_2] = f \text{ экв.} * M = \frac{1}{2} * 74 \text{ г/моль} = 37 \text{ г/моль.}$$

Количество вещества эквивалента – это отношение массы вещества к молярной массе эквивалента вещества.

$$N \text{ экв. (в-ва)} = \frac{m \text{ (в-ва)}}{M \text{ экв. (в-ва)}} \cdot \frac{m \text{ (в-ва)}}{M \text{ экв. (в-ва)}}, \text{ если } m [\text{Ca(OH)}_2] = 100 \text{ г,}$$

$$\frac{100 \text{ г}}{\frac{37 \text{ г}}{\text{моль}}} \cdot \frac{100 \text{ г}}{\frac{37 \text{ г}}{\text{моль}}} = 2,7 \text{ моль.}$$

## 42. ЛР-2. Общая характеристика растворов. Растворимость веществ. Способы выражения концентрации растворов.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Раствором называется гомогенная система переменного состава, состоящая из двух или более компонентов, которые раздроблены до размеров атомов, ионов или молекул.

Раствор состоит из растворенных веществ и растворителя, т.е. среды, в которой эти вещества равномерно распределены в виде молекул или ионов. обычно растворителем считают тот компонент, который в чистом виде существует в таком же агрегатном состоянии, что и полученный раствор(например, в случае водного раствора соли растворителем конечно, является вода). Если же оба компонента до растворения находились в одинаковом агрегатном состоянии (например, спирт и вода), то растворителем считается компонент, находящийся в большем количестве.

По агрегатному состоянию растворы бывают жидкые, твердые и газообразные. Примером жидких растворов могут быть растворы солей в воде; примером твердых – сплав никеля и меди (из которых делают разменную монету) или сплав серебра и золота ; примером газообразных – смеси газов, воздух. Наибольшее значение имеют жидкые (водные) растворы.

Методы выражения концентрации растворов	Обозначение и размерность применяемых величин
<i>Массовая доля растворенного вещества – это отношение массы растворенного вещества к общей массе раствора:</i>	$\omega$ – массовая доля растворенного вещества, безразмерная величина
	$m_B$ – масса растворенного вещества, г
	$m_{P-PA}$ – масса раствора, г
	$V$ – объем раствора, мл
	$\rho$ – плотность раствора, г/мл

<i>Процентная концентрация:</i>	$C_{\%} = \frac{m_B}{m_{P-PA}} \cdot 100\%$	$C_{\%}$ – процентная концентрация, %
		$m_B$ – масса растворенного вещества, г
		$m_{P-PA}$ – масса раствора, г
<i>Молярная концентрация, молярность, – число растворенного вещества в 1 дм<sup>3</sup> (1 литр) раствора:</i>	$C_M = \frac{\nu}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$	$C_M$ – молярная концентрация, или молярность; иногда обозначают $M$
		$\nu$ – количество (число моль) растворенного вещества, моль
		$V$ – объем раствора, дм <sup>3</sup> (л)
		$m_B$ – масса растворенного вещества, г
		$M_B$ – молярная масса растворенного вещества, г/моль

#### 4.3. ЛР-3. Теория электролитической диссоциации.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

*Электролитами* называют вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток.

К электролитам относятся неорганические кислоты, а также основания, амфотерные гидроксиды и соли. Они распадаются в водных растворах и расплавах на катионы ( $K^{n+}$ ) и анионы ( $A^{m-}$ ).

Процесс распада молекул электролитов на ионы в среде растворителя получил название *электролитической диссоциации (или ионизации)*.

Для количественной характеристики силы электролита используют понятие степени электролитической диссоциации (ионизации) –  $\alpha$ , которая равна отношению числа молекул, распавшихся на ионы ( $n$ ), к общему числу молекул электролита, введенных в раствор ( $N$ ):

$$\alpha = n / N.$$

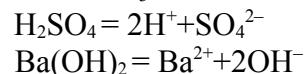
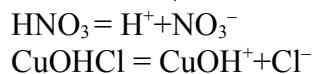
Таким образом,  $\alpha$  выражают в долях единицы.

По степени диссоциации электролиты условно подразделяют на сильные ( $\alpha \approx 1$ ) и слабые ( $\alpha < 0,3$ ).

#### Сильные электролиты

- Соли (средние, кислые, основные):  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $CuOHCl$ .
- Неорганические кислоты:  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $H_I$ ,  $HClO_4$ . и др.
- Гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов:  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $Ba(OH)_2$  и др.

Сильные электролиты диссоциируют в водном растворе практически нацело:  
 $Al_2(SO_4)_3 = 2Al^{3+} + 3 SO_4^{2-}$        $NaHCO_3 = Na^+ + HCO_3^-$



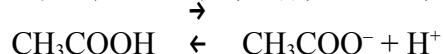
#### Слабые электролиты

- Почти все органические кислоты:  $CH_3COOH$ ,  $H_2C_2O_4$  и др..
  - Некоторые неорганические кислоты:  $H_2CO_3$ ,  $H_2S$ ,  $HCN$ ,  $H_2SiO_3$ ,  $HNO_2$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HClO$  и др.
- Гидроксиды металлов основного характера (кроме щелочных и щелочноземельных) и гидроксид аммония  $NH_4OH$ .

- Амфотерные гидроксиды:  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  и др.

Для слабых электролитов диссоциация – обратимый процесс, для которого справедливы общие законы равновесия.

Диссоциацию слабых электролитов характеризует константа равновесия, называемая *константой диссоциации (ионизации)  $K_D$*  (табл.П.3):



$$K_D = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

#### 4.4. ЛР-4 Ионное произведение воды. рН. Методы определения рН.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Вода является слабым электролитом

и диссоциирует по уравнению:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Выражение для

$$\text{константы диссоциации имеет вид: } K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+]_{\text{рав.}} [\text{OH}^-]_{\text{рав.}}}{[\text{H}_2\text{O}]_{\text{рав.}}} = 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Значение  $K_{\text{дис}}$  воды определили экспериментально по измерению удельной электропроводности при  $T = 25^\circ\text{C}$ . Чистая вода практически не проводит электрический ток, т.е.  $\alpha_{\text{дис}}(\text{H}_2\text{O}) \ll 1$ , поэтому можно принять, что

$[\text{H}_2\text{O}]_{\text{рав.}} = [\text{H}_2\text{O}]_{\text{нач.}}$ . Рассчитаем молярную концентрацию чистой воды, зная, что 1 л воды весит 1 кг ( $\rho = 1\text{ кг/л}$ ):

$$C_m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 55,6 \text{ моль/л.}$$

Подставим полученное значение  $C_m(\text{H}_2\text{O})$  в уравнение для  $K_{\text{рав.}}$ :

$$K_{\text{рав.}} \cdot 55,6 = K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ где } K_w \text{ – ионное произведение воды.}$$

В чистой воде  $[\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$ , тогда  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль/л}$ .

В водных растворах кислот  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  или  $[\text{H}^+] > 7 \text{ моль/л}$ , среда кислая.

В водных растворах щелочей и оснований  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ ,  $[\text{H}^+] < 7 \text{ моль/л}$ , среда основная или щелочная.

При растворении в воде любых по природе веществ остается неизменным –  $[\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$ .

Гидролиз солей – это реакция обмена ионов соли с водой, в результате которой изменяется кислотность раствора. Гидролиз – процесс обратный реакции нейтрализации. Если реакция нейтрализации процесс экзотермический и необратимый, то гидролиз – процесс эндотермический и обратимый.

При гидролизе смещается равновесие диссоциации воды вследствие связывания одного из ее ионов ( $\text{H}^+$ или  $\text{OH}^-$ ) в слабый электролит соли. При связывании ионов  $\text{H}^+$  в растворе накапливаются ионы  $\text{OH}^-$ , реакция среды будет щелочная, а при связывании ионов  $\text{OH}^-$  накапливаются ионы  $\text{H}^+$  – среда будет кислая.

#### 4.5. ЛР-5. Окислительно-восстановительные реакции.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты

Окислительно – восстановительными называются такие реакции, в ходе которых у элементов, входящих в состав реагирующих веществ, у одного или нескольких элементов, изменяется степень окисления.

Окисление – это процесс отдачи электронов атомами или ионами химического элемента.

Восстановление – это процесс принятия электронов атомами или ионами химического элемента.

Вещество, в состав которого входит окисляющийся элемент, называется восстановителем.

Вещество в состав которого входит восстанавливющийся элемент, называется окислителем.

Степень окисления показывает число отденных электронов (положительная) и число принятых электронов (отрицательная) химическими элементами в ходе окислительно-восстановительной реакции.

Реакции окисления-восстановления могут протекать в различных средах (кислой, нейтральной и щелочной), при этом в зависимости от среды может изменяться характер протекания реакции между одними и теми же веществами.

Характерным свойством азотной кислоты является ее ярко выраженная окислительная способность. Азотная кислота — один из энергичнейших окислителей. Многие неметаллы легко окисляются ею, превращаясь в соответствующие кислоты.

#### **4.6 ЛР-6. Окислительно-восстановительное титрование. Перманганатометрия.**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты

Перманганатометрия — это окислительно-восстановительный метод объемного анализа, основанный на реакциях окисления, производимых раствором перманганата калия. В зависимости от условий проведения реакций, в частности в зависимости от среды, окислительная способность  $\text{KMnO}_4$  различна и по-разному протекают реакции взаимодействия его с восстановителями. Как известно, в кислой среде окислительная способность  $\text{KMnO}_4$  наивысшая и продуктом восстановления являются соли двухвалентного марганца.

В объемно-аналитических определениях чаще всего применяют титрование перманганатом калия в кислой среде, так как окислительная способность его в кислой среде выше, кроме того, образуются растворимые продукты реакции.

#### **4.7. ЛР-7. Комплексные соединения. Комплексонометрическое титрование.**

##### **Определение общей жесткости воды**

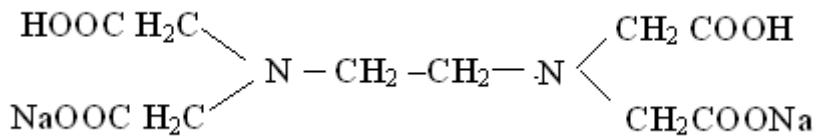
При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты

**Комплексные соединения** (*лат. complexus* — сочетание, обхват) или **координационные соединения** (*лат. со* — «вместе» *iordinatio* — «упорядочение») — частицы (нейтральные молекулы или [ионы](#)), которые образуются в результате присоединения к данному [иону](#) (или [атому](#)), называемому **комплексообразователем**, нейтральных молекул или других ионов, называемых [лигандами](#). Теория комплексных соединений (координационная теория) была предложена в 1893 г. [А. Вернером](#).

Комплексные соединения, имеющие [внешнюю сферу](#), в водном растворе полностью [диссоциируют](#) на комплексный малодиссоциирующий [катион](#) или [анион](#). Комплексные соединения без внешней сферы в воде нерастворимы (например, [карбонилы металлов](#))

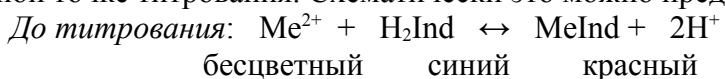
Природа связи между центральным ионом (атомом) и лигандами может быть двоякой. С одной стороны, связь обусловлена силами электростатического притяжения. С другой — между центральным атомом и лигандами может образоваться связь по [донорно-акцепторному механизму](#) по аналогии с ионом [аммония](#). Во многих комплексных соединениях связь между центральным ионом (атомом) и лигандами обусловлена как силами [электростатического притяжения](#), так и связью, образующейся за счёт неподеленных электронных пар комплексообразователя и свободных орбиталей лигандов.

Чаще других комплексонов применяется так называемый комплексон III или Трилон Б, который представляет собой динатриевую соль четырехосновной этилендиаминтетрауксусной кислоты ( $\text{Na}_2[\text{H}_2\text{Y}]$ )

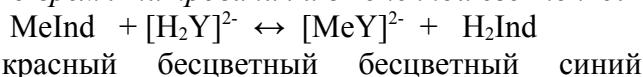


Характерной особенностью комплексонов является их способность давать с катионами многих металлов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  и т. д.) устойчивые, растворимые в воде, внутримолекулярные соли. При образовании соли металл замещает водород карбоксильных групп и связывается координационной связью с атомом аминогрупп.

Для комплексонометрических методов применяются специальные индикаторы — чаще всего органические красители мурексид, эриохром черный и др. Краситель, применяемый в качестве индикатора, тоже должен давать с определяемым ионом комплекс, но менее устойчивый, чем комплекс с комплексоном, и имеющий другую окраску. Вследствие этого в процессе титрования индикатор выделяется в свободном виде, что вызывает изменение окраски титруемого раствора, особенно заметное в конечной точке титрования. Схематически это можно представить следующим образом:



*Во время титрования и в конечной его точке:*



Так как реакция сопровождается выделением ионов  $\text{H}^+$  комплексообразование полнее идет в щелочной среде. При комплексонометрических определениях большое значение для получения правильных результатов имеет pH среды, которое создается добавлением к титруемому раствору буфера с нужным значением pH.

Общая жесткость воды обусловлена присутствием в воде катионов кальция и магния. Количественно этот показатель выражают суммой моль кальция и магния, содержащихся в 1дм<sup>3</sup> воды. (1 ммоль  $\text{Mg}^{2+}$  соответствует 12,16мг; 1 ммоль  $\text{Ca}^{2+}$  соответствует 20,04 мг). В зависимости от значения общей жесткости различают следующие типы вод: очень мягкие 1,5 ммоль/дм<sup>3</sup>, мягкие 1,5-3,0 ммоль/дм<sup>3</sup>, среднежесткие 3,0-7,0 ммоль/дм<sup>3</sup>, жесткие 7,0 - 10,0 ммоль/дм<sup>3</sup> очень жесткие – свыше 10,0 ммоль/дм<sup>3</sup>.