

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра физической химии**

Авторы-составители: **Шеин Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**  
Код УМК 86230

Утверждено  
Протокол №6  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физическая химия

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в Блок « Блок1.А.00 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **04.06.01** Химические науки  
направленность Аналитическая химия

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Физическая химия** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**04.06.01** Химические науки (направленность : Аналитическая химия)

**ПК.1** Владеет фундаментальными знаниями в области химических наук в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

#### **Индикаторы**

**ПК.1.5** Владеет фундаментальными знаниями в области физической химии в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	04.06.01 Химические науки (направленность: Аналитическая химия)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Физическая химия

#### Химическая термодинамика

Излагаются основы классической общей и химической термодинамики, анализируются законы термодинамики, дается понятие о фазовом и химическом равновесии, фазовых переходах, приводятся примеры расчетов в термохимии, химических равновесий.

**Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Зависимость теплоты процесса от температуры. Уравнения Кирхгофа. Теплоемкость. Второй закон термодинамики. Характеристические функции.**

Излагается введение в дисциплину «Физическая химия». Приводятся основные понятия и определения в классической общей и химической термодинамике. На основе понятий энергии, теплоты, работы формулируется Первый закон термодинамики, объясняется его значение. Вводится понятие энтальпии как функции состояния. Формулируется закон Гесса, приводятся примеры практических расчетов с его использованием в термохимии. Вводится понятие теплоемкости, выводятся уравнения Кирхгофа и объясняется их применимость в термохимических расчетах.

Формулируется Второй закон термодинамики, объясняется его роль в классической термодинамике. Объясняются обратимый и необратимый циклы Карно. Вводится понятие энтропии в равновесных и неравновесных процессах. Объясняется значение энтропии как критерия направления процессов и равновесия в изолированных системах. Вводятся понятия энергии Гельмгольца и энергии Гиббса, объясняется их значение как термодинамических потенциалов и характеристических функций, их важность для описания процессов в открытых системах.

**Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого и второго рода. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Закон смещения равновесия.**

Обсуждаются фазовые переходы первого рода (плавление, испарение, возгонка). Выводится фундаментальное уравнение фазовых переходов (уравнение Клапейрона-Клаузиуса). Дается понятие фазовых переходов второго рода, объясняется их отличие от переходов первого рода. Формулируется и объясняется принцип смещения равновесия в физических и химических процессах (Ле-Шателье – Брауна).

**Термодинамика многокомпонентных систем. Химические потенциалы. Уравнения Гиббса-Дюгема.**

Вводится понятие химического потенциала. Выводятся и анализируются уравнения Гиббса-Дюгема. Обсуждается их значение для химической термодинамики.

**Гетерогенные фазовые равновесия. Фазы и компоненты, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Двухкомпонентные системы.**

Обсуждаются гетерогенные фазовые равновесия. Вводятся понятия фазы, компонента, степени свободы. Формулируется правило фаз Гиббса, выводятся уравнения Гиббса. Обсуждаются и анализируются конкретные примеры применения правила фаз Гиббса для расчетов фазовых равновесий в однокомпонентных (диаграммы воды, серы) и двухкомпонентных системах. Даются понятия эвтектики, перитектики.

**Химическое равновесие в газах и растворах. Закон действия масс. Изобарный потенциал химической реакции. связь изобарного потенциала с константой равновесия реакции.**

Обсуждается химическое равновесие в гомогенных системах. Выводится закон действующих масс, устанавливается связь между изобарным потенциалом химической реакции и константой равновесия.

Вводится понятие стандартного изобарного и изохорного потенциалов, объясняется их значение для расчетов различных химических равновесий.

### **Гомогенные и гетерогенные химические равновесия. Влияние температуры на химическое равновесие. Уравнение изобары и изохоры процесса.**

Обсуждаются гомогенные равновесия в газах и жидкостях. Выводится закон действующих масс для гетерогенных равновесий. Выводятся уравнения изобары и изохоры процессов. Анализируется взаимосвязь и зависимость изобарного потенциала реакции и константы равновесия от температуры. Приводятся методы расчета химических равновесий и конкретные примеры.

### **Химическая кинетика и катализ**

Излагаются основы химической кинетики и катализа, анализируются законы и методы расчета скорости, порядка и молекулярности химических реакций, обсуждаются основные теории гомогенного и гетерогенного катализа.

### **Скорость химической реакции. Молекулярность и порядок реакции. Кинетическая классификация реакций. Сложные реакции. Методы определения порядка реакции. Влияние температуры на скорость реакции.**

Даются понятия и определения скорости химической реакции, молекулярности и порядка реакции, объясняются различия между данными понятиями. Приводится кинетическая классификация реакций. Обсуждаются необратимые реакции первого, второго, N-го и нулевого порядков, приводятся конкретные примеры. Анализируются сложные реакции: обратимые, параллельные, последовательные. Приводятся и обсуждаются методы определения порядка реакций. Анализируется влияние температуры на скорость реакций: рассматриваются правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса, энергия активации и ее экспериментальное определение.

### **Теория активных столкновений. Применение теории столкновений к бимолекулярным реакциям. Теория активного комплекса (переходного состояния).**

Излагаются основы теории активных столкновений, обсуждается ее применение к рассмотрению бимолекулярных реакций. Детально рассматривается и анализируется теория активного комплекса.

### **Мономолекулярные и тримолекулярные реакции. Реакции в растворах. Методы изучения кинетики сложных реакций.**

Вводится понятие цепных реакций, приводятся конкретные примеры. Излагается теория простых и разветвленных цепей. Обсуждается теория взрывов и воспламенений. Дается понятие теплового взрыва. Рассматриваются сопряженные реакции. Анализируются фотохимические реакции. Приводятся и обсуждаются основные законы фотохимии. Рассматриваются типы фотохимических процессов. Дается понятие о мономолекулярных и тримолекулярных реакций. Обсуждаются реакции в растворах. Рассматриваются различные методы изучения кинетики сложных реакций.

### **Общие сведения о катализе. Гомогенный катализ. Катализ кислотами и основаниями. Гетерогенный катализ. Теория промежуточных соединений. Теория активных центров в гетерогенном катализе. Мультиплетная теория катализа. Теория активных ансамблей**

Вводится понятие о катализе, даются общие сведения о катализе. Детально рассматривается и анализируется на конкретных примерах гомогенный катализ. Обсуждается катализ кислотами и основаниями. Вводится понятие и приводятся конкретные примеры гетерогенного катализа. Анализируется теория промежуточных соединений. Излагается и анализируется теория активных центров в гетерогенном катализе. Приводится и анализируется мультиплетная теория катализа.

Описывается теория активных ансамблей. Рассматриваются и обсуждаются электронные представления в гетерогенном катализе.

### **Электрохимия**

Излагаются основы теоретической электрохимии.

**Особенности электрохимической реакции. Электрохимическая система. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Недостатки теории Аррениуса и их причины. Причины диссоциации. Сольватация и гидратация.**

Излагается введение в раздел «Электрохимия». Дается понятие электрохимической системы, электрохимических реакций, описываются явления на границе раздела фаз «металл/электролит». Формулируются законы Фарадея. Излагаются основы теории электролитической диссоциации Аррениуса, анализируются ее достоинства и недостатки. Рассматривается закон разбавления Оствальда. Вводится понятие сольватации и гидратации.

**Активность и коэффициент активности электролитов. Ионная сила. Распределение ионов в растворе. Ионное равновесие в растворах электролитов.**

Дается понятие активности и коэффициента активности электролитов. Обсуждается понятие ионная сила. Рассматривается распределение ионов в растворе. Обсуждается и анализируется ионное равновесие в растворах электролитов: диссоциация воды, рН растворов, диссоциация слабых электролитов, гидролиз, буферные растворы. Излагаются основы теории электролитов Дебая и Гюккеля. Вводится понятие электропроводности (удельная и эквивалентная), обсуждается ее зависимость от концентрации и температуры, анализируются причины аномальной подвижности ионов водорода и гидроксила.

**Электродный потенциал. Водородная шкала потенциалов. Формула Нернста. Стандартный электродный потенциал. Классификация электродов. Электроды первого и второго рода. Электроды сравнения. Классификация электрохимических цепей.**

Дается понятие об электродном потенциале. Приводится водородная шкала потенциалов. Выводится и анализируется уравнение Нернста. Вводится понятие о стандартном электродном потенциале. Обсуждается его значение. Приводится и анализируется классификация электродов. Рассматриваются на конкретных примерах электроды первого и второго рода, электроды сравнения, газовые электроды, амальгамные электроды. Приводится классификация электрохимических цепей. Рассматриваются физические цепи. концентрационные цепи. химические цепи.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.



## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Физическая химия.[учебник] : в 2 кн./ред. К. С. Краснов.-Москва:Высшая школа,2001.Кн. 1.Строение вещества. Термодинамика.-2001.-512, ISBN 5-06-004025-9
2. Физическая химия.[учебник] : в 2 кн./ред. К. С. Краснов.-Москва:Высшая школа,2001.Кн. 2.Электрохимия. Химическая кинетика и катализ.-2001.-319, ISBN 5-06-004026-7
3. Стромберг А. Г.,Семченко Д. П. Физическая химия:учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим специальностям/А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко ; ред. А. Г. Стромберг.-Москва:Высшая школа,2006, ISBN 5-06-003627-8.-527.-Библиогр.: с. 511-515

### Дополнительная:

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство:учебное пособие для химических и химико-технологических специальностей вузов/ред. Б. П. Никольский.-2-е изд., перераб. и доп..- Ленинград:Химия,1987.-679.-Библиогр.: с. 861-862. - Предм. указ.: с. 863-870
2. Курс физической химии.учебное пособие для химических факультетов университетов/Я. И. Герасимов [и др.] ; ред. Я. И. Герасимов.-Москва:Химия,1969.Т. 1.-1969.-592.-Библиогр.: с. 558-563. - Предм. указ.: с. 577-592
3. Курс физической химии.учебное пособие для студентов химических факультетов университетов/Я. И. Герасимов [и др.] ; ред. Я. И. Герасимов.-Москва:Химия,1966.Т. 2.-1966.-656.-Библиогр.: с. 647-648

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html> Электронная библиотека химического факультета МГУ

<http://www.elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<http://www.chemport.ru> Химический портал

<http://www.xumuk.ru> Сайт о химии для химиков

<http://www.scopus.com> Научная электронная библиотека

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физическая химия** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия: Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия): Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Самостоятельная работа: Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Групповые (индивидуальные) консультации и текущий контроль: Аудитория для текущего контроля, консультаций, оснащенная проектором, экраном для проектора, доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физическая химия**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**Владеет фундаментальными знаниями в области химических наук в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.5</b> Владеет фундаментальными знаниями в области физической химии в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> Основные теоретические положения, описывающие физико-химические процессы; термодинамические аспекты физической химии; общие сведения о кинетике химических реакций, гомогенном и гетерогенном катализе; основные закономерности и факторы, определяющие протекание физико-химических процессов <b>УМЕТЬ:</b> проанализировать физико-химические процессы электрохимические и оценить характер влияния внешних и внутренних факторов на закономерности течения процессов. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основными экспериментальными методами физико-химических исследований и анализа</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Знания в области физической химии отсутствуют. Студент не знает теоретических основ дисциплины, необходимых для формирования компетенции. Отсутствуют умения сбора информации в области физической химии. Нет навыков экспериментальных исследований в области физической химии, достаточных для решения научно-исследовательских задач.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основ физической химии, алгоритма постановки и достижения цели, знает основные понятия и терминологию. Фрагментарное применение навыков мыслительной и экспериментальной деятельности для изучения физико-химических процессов.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основ физической химии, алгоритм постановки и достижения цели, терминологию и основные понятия, используемые в теории и практике физико-химических исследований. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков мыслительной и экспериментальной деятельности для изучения физико-химических процессов.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания в области физической химии, алгоритмов постановки и достижения цели, знает терминологию и основные понятия используемые в теории и практике физической химии. Успешное и систематическое применение навыков мыслительной и экспериментальной деятельности для изучения физико-химических процессов.</p>

### Оценочные средства

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Устное собеседование по вопросам

**Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации :**  
время отводимое на подготовку 2

### Показатели оценивания

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не демонстрирует знание основного содержания дисциплины;</li> <li>- Не владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.;</li> <li>– не умеет выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> </ul>	<b>Неудовлетворител</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Демонстрирует знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом;</li> <li>- Владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.;</li> <li>–показывает умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> <li>– выполняет расчеты с ошибками</li> </ul>	<b>Удовлетворительн</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ответ по вопросу или заданию аргументированный, демонстрирующий знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой;</li> <li>- демонстрирует понимание материала, приводит примеры;</li> <li>- Владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.;</li> <li>–показывает владение методологией дисциплины, умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> </ul>	<b>Хорошо</b>

– выполняет расчеты с ошибками	<b>Хорошо</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ответ по вопросу или заданию аргументированный, логически выстроенный, полный, демонстрирующий знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой;</li> <li>- демонстрирует полное понимание материала, выводы доказательны, приводит примеры;</li> <li>- свободное владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.;</li> <li>– - показывает владение методологией дисциплины, умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> <li>– выполняет расчеты без ошибок;</li> <li>- демонстрирует способность творчески применять знание теории к решению профессиональных практических задач</li> </ul>	<b>Отлично</b>

### **Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации**

#### Химическая термодинамика

1. Энергия, теплота, работа. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и энтальпия – функции состояния системы.
2. Термохимия. Теплоты химических реакций. Закон Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания..
3. Простейшие термодинамические процессы, протекающие в идеальном газе (изохорный, изобарный и др.).
4. Уравнение изотермы химической реакции. Стандартный изобарный потенциал реакции, его значение и связь с константой равновесия. Комбинирование равновесий. Стандартные величины  $\Delta_f G^\circ (A_i, 298)$  и их применение.
5. Термохимия. Теплоты химических реакций. Закон Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания.
6. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Обратимый цикл Карно. Формулировки 2-го закона термодинамики.
7. Некоторые термохимические закономерности: применение теплот разрыва связей, теплоты образования и сгорания органических соединений, теплоты нейтрализации, образования ионов, растворения и гидратации.
8. Гетерогенные химические равновесия. Вывод уравнения для расчета константы равновесия.
9. Зависимость теплоты процесса от температуры (уравнения Кирхгофа, их вывод и анализ).
10. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (2 случая).
11. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Обратимый цикл Карно. Формулировки 2-го закона термодинамики.
12. Энтропия в случае равновесных и неравновесных процессов. Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса. Условия равновесия в изолированной системе.
13. Вычисление энтропии. Постулат Планка.
14. Применение 3-го закона термодинамики для расчета химических равновесий. Приближения Улиха. Метод Темкина – Шварцмана.

15. Энергия Гельмгольца  $F$  и энергия Гиббса  $G$ .
  16. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с простой эвтектикой (бинарные сплавы, растворы солей).
  17. Характеристические функции. Критерии направления процесса и равновесия.
  18. Гетерогенные равновесия. Составляющие вещества системы, компоненты, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса, его вывод и анализ.
  19. Фазовые переходы 1-го рода для индивидуальных веществ. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса, его вывод, анализ и интегрирование. Фазовые переходы 2-го рода.
  20. Диаграммы состояния воды, серы, бензофенона.
  21. Уравнения для характеристических функций многокомпонентных систем, химические потенциалы. Уравнение Гиббса – Дюгема.
  22. Условия химического равновесия. Закон действующих масс (вывод, анализ). Различные формы выражения константы равновесия, связь между ними.
  23. Влияние температуры на химическое равновесие. Уравнения изохоры и изобары процесса, их вывод, анализ, интегрирование.
  24. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с химическими соединениями, плавящимися конгруэнтно и инконгруэнтно.
- Химическая кинетика и катализ. Электрохимия
1. Основные понятия химической кинетики. Кинетическая классификация реакций: по порядку и молекулярности, по природе частиц-участников элементарного акта, по степени сложности.
  2. Классификация электрохимических цепей:
    - a. физические цепи;
    - b. концентрационные цепи с переносом и без переноса;
    - c. химические цепи с переносом и без переноса.
  3. Необратимые реакции нулевого, первого, второго и третьего порядка. Вывод уравнений для расчёта констант скоростей. Период полупревращения.
  4. Классификация электродов: электроды первого, второго, третьего рода; редокси-электроды.
  5. Методы определения порядка реакции (метод изолирования Оствальда, интегральные и дифференциальные методы).
  6. Удельная и эквивалентная электрическая проводимость растворов электролитов. Зависимость их от концентрации (разведения) и температуры.
  7. Обратимые реакции первого и второго порядка. Определение констант скоростей прямой и обратной реакций.
  8. Определение констант скоростей параллельных реакций. Последовательные реакции. График изменения количества реагирующих веществ со временем для последовательных реакций первого порядка.
  9. Методы изучения кинетики сложных реакций: метод Боденштейна, метод лимитирующей стадии. Примеры.
  10. Индикаторные водородные электроды. Потенциометрическое титрование. Потенциометрическое определение активности и коэффициента активности.
  11. Влияние температуры на скорость реакции. Правило Вант - Гоффа. Уравнение Аррениуса, его термодинамический вывод, анализ.
  12. Теория Дебая и Гюккеля. Понятие об ионной атмосфере. Расчёт коэффициента активности. Первое, второе и третье приближения теории Дебая и Гюккеля.
  13. Применение теории столкновений к реакциям в жидких растворах. “Нормальные”, “быстрые” и

“медленные” реакции в растворах.

14. Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод – раствор.

15. Теория столкновений мономолекулярных реакций (теория Линдемана). Механизм активации.

Сходство и различие би- и мономолекулярных реакций с точки зрения теории столкновений.

16. Подвижности ионов; закон Кольрауша (вывод закона); аномальная подвижность ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в водных растворах электролитов.

17. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Активированный комплекс. Путь и координата реакции.

18. Электролиз. Законы Фарадея. Токи обмена. Идеально поляризуемые электроды.

19. Основное уравнение теории ПС (АК). Его анализ.

20. Активность и коэффициент активности электролитов. Средняя ионная активность, средний ионный коэффициент активности. Закон ионной силы.

21. Фотохимические реакции. Закон Эйнштейна. Квантовый выход. Различие в кинетике фотохимических и темновых реакций.

22. Числа переноса ионов. Экспериментальное определение чисел переноса по Гитторфу. Кажущиеся и истинные числа переноса.

23. Цепные реакции. Основные понятия и примеры. Кинетика неразветвлённых цепных реакций.

24. Зависимость подвижности ионов от концентрации и температуры; электрофоретический и релаксационный эффекты торможения; эффекты Вина и Дебая – Фалькенгагена; уравнение Онзагера.

25. Кинетика разветвлённых цепных реакций. Тепловой вызов. Теория воспламенений (работы Н.Н. Семёнова и сотрудников, Хиншельвуда).

26. Равновесие в электрохимической цепи; формула Нернста:

- эквивалентные правильно разомкнутые цепи;

- скачки потенциала в правильно замкнутой цепи

(цепь  $Ag|Pt, H_2|HCl|AgCl, Ag$ );

связь э.д.с. с изменением энергии Гиббса.

- Компенсационная схема измерения э.д.с.;

- Уравнение Нернста для э.д.с. электрохимической цепи.

27. Катализ. Общие сведения о катализе. Гомогенный катализ. Механизм действия гомогенного катализатора. Схема расчёта кинетики гомогенных каталитических реакций.

28. Уравнение Гиббса – Гельмгольца в применении к электрохимическим цепям/

29. Автокатализ в гомогенных реакциях. Кислотно – основной катализ. Теории кислот и оснований Бренстеда – Лоури и Льюиса.

30. Полярография. Уравнение Ильковича для диффузионного (предельного) тока. Уравнение полярографической волны Гейровского – Ильковича.

31. Методы изучения кинетики сложных реакций: метод Боденштейна, метод лимитирующей стадии. Примеры.

32. Окислительно – восстановительные полуреакции и понятие электродного потенциала:

a. современное понятие электродного потенциала;

b. величина э.д.с. электрохимической цепи как разность электродных потенциалов;

c. формула Нернста для расчёта электродного потенциала;

d. применение величин стандартных электродных потенциалов.