

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



УТВЕРЖДАЮ

Директор института высоких
технологий



(Signature) Е.А. Анциферов

Ин«13»января

2025 г.

Проректор по учебной работе

(Signature)

В.В. Смирнов

«16»января 2025 г.

**ПРОГРАММА
вступительного испытания
по специальной дисциплине
для поступающих на обучение по образовательным программам
высшего образования – программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИРНИТУ**

**Научная специальность:
1.4.4. Физическая химия**

Иркутск – 2025 г.

Тема №1. Строение вещества

Раздел 1. Основы классической теории химического строения

Основные положения классической теории химического строения. Структурная формула и граф молекулы. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул.

Раздел 2. Физические основы учения о строении молекул

Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Методы молекулярной механики и молекулярной динамики при анализе строения молекул. Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шредингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры. Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой. Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения. Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация. Электронная корреляция в атомах и молекулах. Ее проявления в свойствах молекул. Метод конфигурационного взаимодействия. Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Различные методы выделения атомов в молекулах. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул. Индексы реакционной способности. Теория граничных орбиталей.

Раздел 3. Симметрия молекулярных систем

Точечные группы симметрии молекул. Понятие о представлениях групп и характеристиках представлений. Общие свойства симметрии волновых функций и потенциальных поверхностей молекул. Классификация квантовых состояний атомов и молекул по симметрии. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей, сигма- и пи-орбитали. Электронное приближение. Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение. Орбитальные корреляционные диаграммы. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.

Раздел 4. Электрические и магнитные свойства

Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Химический сдвиг.

Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.

Раздел 5. Межмолекулярные взаимодействия

Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-Ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

Раздел 6. Основные результаты и закономерности в строении молекул

Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

Раздел 7. Строение конденсированных фаз

Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры. Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней. Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слоистые структуры. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Особенности строения полимерных фаз. Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Поверхность Ферми. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы. Жидкости. Мгновенная и колебательно-усредненная структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Мицеллообразование и строение мицелл. Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).

Раздел 8. Поверхность конденсированных фаз

Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

Основная литература

Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк. 2017.

Глинка Н.К. Общая химия. М.: Юрайт. 2018.

Коровин Н.В. Общая химия. М.: Академия. 2015.

Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высш. шк. 2009.

Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. М.: Металлургия. 2011.

- П. Эткинс, Дж. де Паула. Физическая химия. М.: Мир. 2014.
- Барановский В.И. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Академия. 2012.
- Шиврин Г.Н. Прикладная квантовая химия. Рязань: Голос губернии. 2009.
- Пентин Ю.А., Вилков А.В. Физические методы исследования в химии. М.: Мир. 2009.

Дополнительная литература

- Гэри К. Аналитическая химия. В 2 Т. М.: Бином. 2009.
- Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Феникс. 2015.
- Химия: Справ. изд. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлеер, Х. Бибрак и др. М.: Мир. 2010.
- Жарский И.М., Новиков Г.И. Физические методы исследования в неорганической химии. М.: Высш. шк. 2018.
- Глинка. Н.Л. Общая химия. М.: Интеграл-Пресс. 2018 - 727с.; М.: Юрайт.
- Гэри К. Аналитическая химия в 2 т. М.: Бином. 2009.
- Шрайвер Д. Неорганическая химия. В 2 Т. М.: Мир. 2009.
- Никитин Е.Е. Теория элементарных атомно-молекулярных процессов в газах. М.: Наука. 2009.
- Лундин А.Г., Федин Э.И. Ядерный магнитный резонанс. Основы и применение. Новосибирск. Наука. Сибирское отд. 2008.
- Керрингтон. Н., Мак-Лечлан. Магнитный резонанс и его применение в химии. М.: Мир. 2017.

Тема № 2. Химическая термодинамика

Раздел 1. Основные понятия и законы термодинамики

Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энталпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно – Клаузиуса. Различные шкалы температур. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Уравнения Максвелла. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы. Химическое равновесие.

Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и ее использование для расчетов химических равновесий. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы.

Раздел 2. Элементы статистической термодинамики

Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые Γ - и μ -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микроканоническое и каноническое распределения. Расчет числа состояний в квазиклассическом приближении. Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Приближение «жесткий ротор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоемкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа. Распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Вырожденный идеальный газ. Электроны в металлах. Уровень Ферми. Статистическая теория Эйнштейна идеального кристалла, теория Дебая. Точечные дефекты кристаллических решеток. Равновесные и неравновесные дефекты. Вычисление сумм по состояниям для кристаллов с различными точечными дефектами. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

Раздел 3. Элементы термодинамики необратимых процессов

Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потоки и силы. Скорость производства энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Соотношения взаимности Онсагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина. Термодиффузия и ее описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена – Энского.

Раздел 4. Растворы

Фазовые равновесия. Различные типы растворов. Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидкого растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение. Стандартные состояния при определении

химических потенциалов компонент растворов. Симметричные и несимметричные системы отсчета. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Зонная плавка. Осмотические явления. Парциальные мольные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса – Дюгема. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса – Коновалова. Азеотропные смеси. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

Раздел 5. Адсорбция и поверхностные явления

Адсорбция. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Лэнгмиора. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра – Эмета – Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента. Хроматография, различные ее типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.). Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Изменение поверхностного натяжения на границе жидкость – пар в зависимости от температуры. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости и другими свойствами вещества. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии. Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса – Оствальда – Фрейндлиха).

Раздел 6. Электрохимические процессы

Растворы электролитов. Ион-дипольное взаимодействие как основной процесс, определяющий устойчивость растворов электролитов. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая – Хюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая сила, ее выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса – Гельмгольца для равновесной

электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала. Определение коэффициентов активности на основе измерений ЭДС гальванического элемента. Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

Основная литература

- Пригожин И. Химическая термодинамика / И. Пригожин, Р. Дефэй, 2010. - 533.
- Мюнстер А. Химическая термодинамика / А. Мюнстер; под ред. Я. И. Герасимова; пер. с нем. Е. П. Агеева, 2010. - 295.
- Салем, Р.Р. Физическая химия. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Р. Салем. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2004. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59271>.
- Морачевский, А.Г. Термодинамические расчеты в химии и металлургии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Морачевский, И.Б. Сладков, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104851>.

Дополнительная литература

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство : учебное пособие для хим.-технол. специальностей вузов / под ред. Никольского Б. П., 1987. – 880 с.
2. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / К. С. Краснов и др., 2001. – 511 с.
3. Стромберг А. Г. Физическая химия : учеб. для вузов по хим. специальностям / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2006. – 526 с.
4. Эткинс. Физическая химия Равновесная термодинамика, 2007. – 494 с.
5. Пригожин И. Р. Химическая термодинамика / И. Р. Пригожин, Р. Дефэй, 2009. – 533 с.
6. Гамбург, Ю.Д. Химическая термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / Ю.Д. Гамбург. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90244>.
7. Лефедова, О.В. Химическая термодинамика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / О.В. Лефедова, Ю.Е. Романенко. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2016. — 82 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96106>.
8. Морачевский А. Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций : учебное пособие для вузов по направлению подготовки магистров "Техническая физика" / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова, 2015. – 100 с.

Тема № 3. Кинетика химических реакций

Раздел 1. Химическая кинетика

Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка.

Раздел 2. Феноменологическая кинетика сложных химических реакций

Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна – Темкина. Кинетика гомогенных катализитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса – Ментен. Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения, период индукции. Термовой взрыв.

Раздел 3. Реакции в потоке

Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции.

Раздел 4. Гетерогенные реакции

Макрокинетика. Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области, области внешней и внутренней диффузии).

Раздел 5. Зависимость скорости реакции от температуры

Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Обмен энергией (поступательной, вращательной и колебательной) при столкновениях молекул. Время релаксации в молекулярных системах.

Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца – Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости.

Раздел 6. Различные типы химических реакций

Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана – Христиансена. Теория РРКМ. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры. Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Эксимеры и эксиплексы.

Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.

Раздел 7. Равновесная электрохимия

Теория электролитов. Электроперенос в электролитах. Равновесия в растворах электролитов. Образование растворов электролитов. Сильные и слабые электролиты. Теория электролитической диссоциации. Термохимические эффекты в растворах электролитов. Электролитическая диссоциация воды. Теории межионного взаимодействия. Понятие активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Теория Дебая – Гюкеля. Расчет энергии межионного взаимодействия и коэффициентов активности. Основные механизмы переноса тока в растворах, расплавах и твердых электролитах. Электрическая проводимость растворов, вывод основных соотношений. Методы экспериментального измерения электрической проводимости электролитов. Подвижность ионов, ее зависимость от температуры, природы иона и вязкости растворителя. Числа переноса и методы их определения. Теории электрической проводимости в растворах электролитов. Диффузия в растворах электролитов. Законы Фика. Электрокапиллярные явления и двойной электрический слой. Равновесие на границе электрод–раствор (расплав).

Раздел 8. Электрохимические системы

Химические источники тока. Электролизеры. Равновесные электродные потенциалы. Электроды электрохимических систем и их классификация. Типы электрохимических систем: физические, концентрационные, химические. Потенциометрия. Расчет термодинамических величин на основе измеренных обратимых ЭДС. Механизм образования ЭДС и природа электродного потенциала. Скачки потенциала в электрохимических системах. Электрокапиллярные явления. Строение двойного электрического слоя на границе электрод – раствор.

Раздел 9. Электродная поляризация

Лимитирующая стадия при поляризации электрода. Виды перенапряжения. Диффузионное перенапряжение. Кинетика электродного процесса. Кинетика электрохимических реакций. Кинетика электродных процессов. ЭДС поляризации и электродная поляризация. Классификация поляризационных явлений. Концентрационная поляризация. Теория диффузионного перенапряжения Нернста. Химическое (реакционное) перенапряжение. Роль химических стадий в кинетике электрохимических реакций. Общая характеристика фазового перенапряжения. Электрохимическое перенапряжение. Основы теории электрохимического перенапряжения. Теория замедленного разряда водорода. Элементы теории восстановления металлов в водных растворах. Электрохимические системы. Химические источники тока. Электролизеры. Электролиз. Особенности электрохимических реакций. Химическое действие электрического тока. Сущность законов Фарадея. Выход вещества по току.

Раздел 10. Катализ

Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ. Катализ металлокомплексными соединениями. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и механизмы. Ферментативный катализ. Адсорбционные и катализитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной катализитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных катализитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных катализитических реакций. Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов. Основные промышленные катализитические процессы.

Основная литература

- Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высш. шк. 2009.
Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. М.: Металлургия. 2011.
П. Эткинс, Дж. де Паула. Физическая химия. М.: Мир. 2014.
Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализ. М.: Академия. 2008.
Барановский В.И. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Академия. 2008.
Шиврин Г.Н. Прикладная квантовая химия. Рязань: Голос губернии. 2009.
Пентин Ю.А., Вилков А.В. Физические методы исследования в химии. М.: Мир. 2009.
Шпиллер В. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика. М.: Мир. 2008.
Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия : учеб. для хим. и химико-технол. спец. вузов / Лев Иванович Антропов, 1984. – 519 с.
Булидорова, Г.В. Электродные процессы. Электродвижущие силы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Булидорова, В.В. Осипова, В.П. Барабанов, Ю.Г. Галяметдинов. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2017. — 104 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102115>.
Дамаскин Б. Б. Электрохимия : учебное по направлению 510500 "Химия" и специальности "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина, 2008. – 669 с.

Дополнительная литература

Романовский Б.В. Основы химической кинетики. М.: Экзамен. 2006.

Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Феникс. 2009.

Химия: Справ. изд. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлеер, Х. Бибрак и др. М.: Мир. 2010.

Физическая химия : учеб. для вузов: В 2 кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / Под ред. К. С. Краснова, 1995. – 318 с.

Скорчеллetti B. B. Теоретическая электрохимия / B. B. Скорчеллetti, 1974. – 567 с.

Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. – 318 с.

Электрохимия в решении проблем экологии : сб. науч. тр. / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т химии твердого тела и перераб. минер. сырья, 1990. – 162 с.

Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки "Химическая технология" / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина, А. М. Тимонов, 2013. – 495 с.

Кайдриков, Р.А. Электрохимические методы исследования локальной коррозии пассивирующихся сплавов и многослойных систем [Электронный ресурс] : монография / Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев, С.С. Виноградова, Л.Р. Назмиева. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2013. — 144 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73497>.

Введенский, А.В. Сборник примеров и задач по электрохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, С.Н. Грушевская, С.А. Калужина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99205>.

Составитель:

Яковлева А.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры химии и биотехнологии им. В.В. Тутуриной