

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

Директор

института высоких технологий




 Е.А. Анциферов


«» 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



 В.В. Смирнов

«» 2023 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания
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

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 характерах 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. Полядерные 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, энтальпия, 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 ротатор – 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 – Энскога.

Раздел 4. Растворы

Фазовые равновесия. Различные типы растворов. Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент растворов. Симметричная и несимметричная системы отсчета. Коллигативные свойства растворов.

Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Зонная плавка. Осмотические явления. Парциальные молярные 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 Лэнгмюра. 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 каталитических 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. Тепловой 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. Электродперенос 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 межмолекулярного взаимодействия. Понятие активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Теория Дебая – Гюккеля. Расчет энергии межмолекулярного 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 каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций. Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов. Основные промышленные каталитические процессы.

Основная литература

- Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высш. шк. 2009.
- Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. М.: Metallurgy. 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.

Скорчеллетти В. В. Теоретическая электрохимия / В. В. Скорчеллетти, 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.

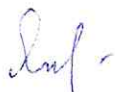
Электрохимия в решении проблем экологии : сб. науч. тр. / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т химии твердого тела и перераб. минер. сырья, 1990. – 162 с.

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:



А.А. Яковлева, профессор кафедры химии и биотехнологии им. В.В. Тугуриной