

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор по
УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.21 Физическая химия

Учебный план: 2024-2025 18.03.01 ИПХиЭ ХБиНВМ ОО №1-1-95.plx

Кафедра: **44** Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки:
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая, био- и нанотехнологии волокнистых материалов
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

| Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся | | | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоёмкость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | Лекции | Практ. занятия | Лаб. занятия | | | | | |
| 4 | УП | 34 | 34 | 34 | 51 | 27 | 5 | Экзамен |
| | РПД | 34 | 34 | 34 | 51 | 27 | 5 | |
| 5 | УП | 34 | 17 | 34 | 66 | 29 | 5 | Экзамен, Курсовая работа |
| | РПД | 34 | 17 | 34 | 66 | 29 | 5 | |
| Итого | УП | 68 | 51 | 68 | 117 | 56 | 10 | |
| | РПД | 68 | 51 | 68 | 117 | 56 | 10 | |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

доктор химических наук, Профессор

Зевацкий Ю.Э.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии

Новоселов Николай
Петрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сашина Елена Сергеевна

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области знаний о физико-химических процессах, химических и фазовых превращениях, необходимых для организации, контроля и производственно-технологической деятельности при производстве композитов и биоматериалов.

1.2 Задачи дисциплины:

Раскрыть роль физической химии в химической технологии.

Показать теоретические и практические возможности физической химии для разработки прогрессивных технологических процессов и управления.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Физика

Общая и неорганическая химия

Математика

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| |
|---|
| ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов |
| Знать: основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии |
| Уметь: прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии. |
| Владеть: навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики. |
| ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности |
| Знать: законы физической химии, закономерности протекания и равновесия отдельных классов химических реакций и связь этих закономерностей с особенностями внутреннего строения молекул отдельных групп химических соединений. |
| Уметь: использовать законы физической химии, термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, определения тепловых эффектов реакций; определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации и использовать полученные результаты для решения задач профессиональной деятельности.. |
| Владеть: навыками анализа и расчета термодинамических параметров физико-химических процессов, методикой и техникой лабораторного эксперимента. |

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий | Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа | | | СР (часы) | Инновац. формы занятий | Форма текущего контроля |
|--|------------------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | Лек. (часы) | Пр. (часы) | Лаб. (часы) | | | |
| Раздел 1. Основы химической термодинамики | | | | | | | |
| Тема 1. Введение. Содержание и задачи курса. Теоретические методы физической химии: квантово-химический, термодинамический, кинетический. Основные положения квантово-химического метода. Экспериментальные методы физической химии. Интерпретация экспериментальных данных. Предмет химической термодинамики. Основные понятия. Практическое занятие: Выполнение упражнений. | | 2 | 2 | | 2 | ГД | |
| Тема 2. Уравнения состояния термодинамической системы. Экстенсивные и интенсивные параметры. Нулевое начало термодинамики. Функции процесса и состояния. Первое начало термодинамики. Теплоты образования простых веществ и соединений. Стандартное состояние. Расчет тепловых эффектов в различных химических процессах. Теплоемкость. Уравнение Кирхгофа. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторная работа: Инструктаж по технике безопасности. "Калориметрия. 1) Определение теплоты растворения соли. 2) Определение теплоты нейтрализации". | 4 | 2 | 2 | 8 | 4 | | ,Л |
| Тема 3. Процессы обратимые и необратимые, самопроизвольные и вынужденные. Энтропия как функция состояния термодинамической системы. II начало термодинамики. Расчет изменения энтропии в различных процессах. III начало термодинамики. Особенности термодинамических систем, содержащих высокомолекулярные соединения (ВМС) Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторное занятие: «Расчёт стандартных термодинамических параметров химической реакции при заданной температуре» | | 4 | 2 | 4 | 10 | | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|----|
| Раздел 2. Методы равновесной термодинамики. Химическое равновесие | | | | | | ,К |
|---|--|--|--|--|--|----|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|----|
| <p>Тема 4. Максимальная работа и химическое сродство. Термодинамические потенциалы. Критерии направленности химического процесса и мера работоспособности термодинамической системы. Характеристические функции и их свойства. Уравнения Гиббса – Гельмгольца, Гиббса – Дюгема, вывод фундаментальных уравнений Гиббса.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 3 | | 2 | ГД |
| <p>Тема 5. Изменение потенциалов Гиббса и Гельмгольца в различных процессах. Химический потенциал. Общее условие равновесия системы, закон действующих масс. Элементы статистической термодинамики. Вывод уравнения Больцмана – Планка и расчет химического потенциала с помощью положений статистической термодинамики.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 4 | | 6 | |
| <p>Тема 6. Константы равновесия. Фугитивности и активности. Термодинамическая константа равновесия и положение равновесия термодинамической системы. Уравнения изотермы химической реакции и Вант Гоффа. Сущность правил Ле Шателье. Константы газовых и гетерогенных равновесий. Методы расчета констант равновесий. Особенности термодинамики реакций полимеризации.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Интерактивная лабораторная работа: "Исследование химического равновесия в газовой системе, содержащей N₂O₄ и NO₂</p> <p>Контрольная работа по разделам: "Основы химической термодинамики" и "Методы равновесной термодинамики. Химическое равновесие".</p> | 2 | 4 | 6 | 2 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|----|---|
| Раздел 3. Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов) | | | | | | |
| <p>Тема 7. Примеры гетерогенных систем и процессов в них. Понятия фазы, поверхности раздела, независимого числа компонентов. Условия равновесия в гетерогенных термодинамических системах. Теорема Дюгема и правило фаз Гиббса. Анализ диаграмм состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона.</p> <p>Интерактивная лабораторная работа: "Изучение равновесия жидкость - пар в однокомпонентной системе".</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 3 | 2 | 4 | 4 | ГД | Л |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|
| <p>Тема 8. Общая характеристика растворов. Виды растворов. Химический потенциал компонента в идеальном растворе. Закон Рауля и анализ отклонений от него. Абсорбция. Растворы газов в жидкостях. Закон Генри. Влияние давления и температуры на растворимость газов в жидкостях и растворах. Насыщенные растворы.</p> <p>Лабораторная работа. Криометрия.</p> | 3 | | 4 | 4 | | |
| <p>Тема 9. Сольватация, гомо- и гетероассоциация в растворах. Химический потенциал предельно разбавленных и реальных растворов. Коллигативные свойства растворов и их количественное описание. Вычисление активностей растворителя и растворенного соединения по экспериментальным значениям снижения давления паров, осмотического давления, понижения температуры замерзания и повышения температуры кипения растворов.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 4 | 3 | | 4 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|----|------|
| Раздел 4. Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей | | | | | | |
| <p>Тема 10. Бинарные растворы с неограниченной растворимостью компонентов. Методы физико-химического анализа. Диаграммы состав-свойство. Законы Коновалова. Простая перегонка. Правила Вревского. Принцип ректификации. Бинарные системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов, ВКТР и НКТР. Особенности систем с ВМС, спинодали. Перегонка с водяным паром, с гетероазеотропом и без гетероазеотропа.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторная работа: «Фазовое равновесие жидкость-пар. Определение состава жидкой и паровой фаз».</p> <p>2.Интерактивная лабораторная работа: "Перегонка летучих смесей".</p> <p>3.Интерактивная лабораторная работа: "Анализ диаграмм кипения бинарных систем".</p> <p>Выполняется одна работа по выбору преподавателя.</p> | 3 | 3 | 4 | 2 | ГД | Л,,К |

| | | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|--|
| <p>Тема 11. Равновесия «кристаллы – жидкость» в бинарных системах. Термический анализ, кривые охлаждения, диаграммы плавкости. Системы с неограниченной и ограниченной растворимостью в кристаллическом состоянии, с образованием химических соединений, плавящихся конгруэнтно и инконгруэнтно, с простой эвтектикой. Принципы охлаждения и размораживания. Особенности систем ВМС –растворитель, влияние температуры и молекулярной массы полимера на растворимость. Высокоэластичное состояние полимера, пластификация.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 4 | 4 | | 9 | | |
|--|---|---|--|---|--|--|

| | | | | | | | |
|---|---|-----|----|----|------|----|--|
| <p>Тема 12. Равновесия в трехкомпонентных системах. Треугольники Гиббса и Розенбума, системы с ограниченной взаимной растворимостью. Коэффициент распределения растворенного соединения между двумя конденсированными фазами. Экстракция. Зависимость физико-механических свойств систем полимер – полимер-растворитель от состава и строения ВМС. Принципы хроматографического разделения на примере ТСХ и мембранных методов разделения на примере использования обратного осмоса. Общая характеристика методов разделения.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Контрольная работа по разделам : "Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов) и Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей".</p> | | 3 | 5 | 4 | 2 | | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | | 34 | 34 | 34 | 51 | | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен) | | 2,5 | | | 24,5 | | |
| Раздел 5. Основы химической кинетики. Теория активированного комплекса | | | | | | | |
| <p>Тема 13. Понятие о движущей силе и скорости неравновесных процессов. Феноменологическая (формальная) кинетика. Кинетические измерения и обработка кинетических кривых. Задачи формальной и молекулярной кинетик. Терминология химической кинетики. Типы реакций (обратимые и необратимые, гомо- и гетерогенные, гомо- и гетеролитические, гомо- и гетерофазные). Молекулярность и порядок реакции. Кинетическая интерпретация закона действующих масс. Термодинамический и кинетический контроль.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 5 | 4 | 1 | | 2 | ГД | |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|----|-------|
| <p>Тема 14. Общность и различие термодинамического и кинетического описания химических реакций. Зависимость скорости реакций от температуры. Уравнение Аррениуса и его обоснование с помощью уравнения изобары Вант Гоффа. Энергия активации и предэкспоненциальный множитель. Теория активных столкновений, понятие о сечении реакции (процесса). Теория активированного комплекса Эйринга и Поляни. Основные положения. Вывод выражения для константы скорости реакции в общем виде. Энтальпия и энтропия активации.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 1 | | 2 | | |
| <p>Тема 15. Принцип линейности свободных энергий как следствие теории активированного комплекса. Использование этого принципа для: объяснения влияния растворителя и солевых эффектов на кинетику и термодинамику процессов в растворах; для установления связи между строением и реакционной способностью соединений на примере уравнений Гаммета и Тафта; объяснения электрофильных и нуклеофильных механизмов реакций; стерических эффектов. Механизмы и кинетика реакций с участием ионов. Гидролиз.</p> | 2 | | | 3 | | |
| <p>Раздел 6. Кинетические методы исследования химических процессов</p> | | | | | | |
| <p>Тема 16. Прямая и обратная задача кинетических исследований. Примеры решений. Признаки простых и сложных реакций. Примеры механизмов цепных, сопряженных, фотохимических реакций. Методы определения лимитирующей стадии. Процессы диффузии в газах и конденсированных средах. Законы Фика, статистическая и термодинамическая интерпретация. Быстрые реакции. Кинетика и механизм реакций полимеризации</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторное занятие: Определение константы скорости реакции по экспериментальным данным.</p> | 2 | 2 | 4 | 4 | ГД | РГР,Л |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|----|-----|
| <p>Тема 17. Методы определения порядков в простых и сложных реакциях. Дифференциальные и интегральные методы определения энергии активации. Определение лимитирующей стадии гетерогенного процесса по величине энергии активации. Вычисление энтропии и энтальпии активации. Взаимосвязь значений этих величин с вероятным механизмом реакции на примерах. Микроволновая активация. Оптимизация химических процессов.</p> <p>Лабораторная работа: "Исследование кинетики реакции каталитического разложения пероксида водорода".</p> <p>Лабораторная работа: "Определение константы скорости инверсии сахарозы."</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 2 | 8 | 4 | | |
| <p>Раздел 7. Катализ</p> | | | | | | |
| <p>Тема 18. Определение и свойства катализаторов. Влияние катализаторов на кинетику и термодинамику химических процессов. Механизм катализа в рамках теории активированного комплекса. Селективный и неселективный катализ. Ингибирование и инициирование каталитических реакций. Виды гомогенного катализа. Кислотно-основный (специфический и общий) катализ.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 1 | | 4 | | К |
| <p>Тема 19. Ферментативный катализ, области применения. Гетерогенный катализ. Влияние катализатора на энергию активации лимитирующей стадии гетерогенного процесса. Факторы, влияющие на кинетику адсорбции. Изотерма Ленгмюра. Скорость гетерогенной каталитической реакции. Межфазный катализ.</p> <p>Контрольная работа по разделу : "Кинетические методы исследования химических процессов".</p> | 2 | | 4 | 9 | ГД | |
| <p>Раздел 8. Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации</p> | | | | | | |
| <p>Тема 20. Аномалии коллигативных свойств в растворах электролитов. Изотонический коэффициент. Теория Аррениуса и последующая дискуссия. Обоснование электролитической диссоциации: цикл Борна – Хабера, проводимость и сольватохромный эффект в растворах электролитов. Сильные и слабые электролиты. Закон разбавления Оствальда, степень диссоциации.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 1 | | 4 | ГД | РГР |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|----|----|
| <p>Тема 21. Расчеты термодинамических параметров в растворах электролитов. Теплоты образования и сольватации (гидратации) ионов. Химический потенциал иона. Основные положения, приближения и следствия теории Дебая – Хюккеля для растворов сильных электролитов, соответствие эксперименту. Активность и коэффициент активности электролитов. Сольватация, гомо- и гетероассоциация ионов в растворах электролитов.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторное занятие: Расчеты среднего ионного коэффициента по теории Дебая - Хюккеля. Границы применимости предельного закона Дебая.</p> | 2 | 1 | 4 | 4 | | |
| <p>Раздел 9. Константы диссоциации кислот в растворах</p> | | | | | | |
| <p>Тема 22. Подходы к экспериментальному определению констант диссоциации (рКа) в растворах. Определение значений рКа кислот и оснований в водных растворах. Характеристики и особенности органических растворителей. Кондуктометрия и потенциометрия в неводных средах. Особенности спектрофотометрического определения в органических растворителях. Стандартизация шкал кислотности (рaH+) в неводных средах.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторная работа: 1."Кондуктометрическое титрование. 2."Определение константы диссоциации слабого электролита".</p> | 2 | 1 | 6 | 4 | ГД | Л, |
| <p>Тема 23. Кислотные и основные свойства соединений, амфолиты. Таутомерия, цвиттер-ионы. Кристаллическое состояние электролитов в виде солей и со-кристаллов. Многоступенчатые протолитические равновесия. Диссоциация кислот и оснований в водно- органических смесях. Протолитические равновесия в организованных растворах.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 1 | | 4 | | |

| Раздел 10. Термодинамическая теория ЭДС | | | | | | ,Л,К |
|--|---|---|---|---|----|------|
| <p>Тема 24. Природа тока в проводниках II рода. Электрохимическая ячейка, электролиз. Законы и постоянная Фарадея. Нарушение обратимости, редокс-процессы на электродах. Обозначения в электрохимических схемах. Катод и анод. Элемент Даниеля – Якоби. Работа электрохимического процесса. Электрохимический эквивалент энергии Гиббса общей редокс реакции на электродах элемента.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 4 | 1 | | 4 | ГД | |
| <p>Тема 25. Правила записи электрохимических схем (IUPAC 1953 г.). Водородный электрод. Ряд стандартных напряжений электродов. Термодинамика электрохимических систем. Уравнения Нернста (2 варианта). Зависимость ЭДС от температуры. Вычисление константы равновесия и определение изменения энтальпии, энтропии, внутренней энергии электродных реакций электрохимического элемента.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> | 2 | 2 | | 4 | | |
| <p>Тема 26. Классификация электродов как следствие уравнений Нернста. Электроды I рода (металлические и газовые). Свинцовый аккумулятор как пример химической цепи. Электроды II рода (амальгамный, хлорсеребряный, каломельный, хингидронный). Концентрационные цепи. Элемент Вестона. Неравновесные электрохимические процессы. Потенциал перенапряжения. Уравнение Тафеля. Принцип электрохимической очистки растворов.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторная работа: "Определение ЭДС гальванических элементов."</p> | 2 | 2 | 4 | 6 | | |

| | | | | | | |
|---|----|-----|----|------|--|--|
| <p>Тема 27. Стекланный электрод, измерение рН. Шкала рН в воде и водно-органических смесях. Практическое использование потенциометрических измерений: определение произведения растворимости солей; констант гидролиза, диссоциации и равновесий редокс реакций; коэффициентов активности ионов</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p> <p>Лабораторная работа "Потенциометрическое титрование" Лабораторная работа "Определение рН буферных водных растворов".</p> <p>Контрольная работа по разделам: "Растворы электролитов. Теории электролитической диссоциации. Константы диссоциации кислот в растворах. Термодинамическая теория ЭДС".</p> | 2 | 1 | 4 | 8 | | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | 34 | 17 | 34 | 66 | | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа) | | 4,5 | | 24,5 | | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | | 194 | | 166 | | |

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Сформировать компетенции обучающегося в области физико-математических знаний о физико-химических процессах, химических и фазовых превращениях, необходимых для организации, контроля и производственно-технологической деятельности производств химической технологии; сформировать умения самостоятельного решения поставленной технологической задачи, а также умения и навыки оформления своего решения в математической форме, в виде графической зависимости и пояснительной записки.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): • Гетерогенный катализ (равновесие, кинетика)

- Адсорбция и разделение десорбата методом ректификации
- Абсорбция и разделение раствора методом ректификации
- Абсорбция и разделение, концентрирование раствора методом обратного осмоса
- Разделение растворов электролитов (вымораживание растворителя, выпаривание, кристаллизация)

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется индивидуально с использованием расчетного метода с обязательным теоретическим обоснованием.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 25-30 листов печатного текста, содержащего следующие обязательные элементы:

- Введение
- Расчеты процессов
- Теоретическое обоснование процессов
- Графические зависимости
- Аппаратурное оформление процесса (схема, рисунки с описанием)
- Заключение

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения | Наименование оценочного средства |
|-----------------|--|-----------------------------------|
| ОПК-1 | Дает определение основных понятий и законов химической термодинамики; излагает методы термодинамического описания химических и | Вопросы для устного собеседования |

| | | |
|-------|--|---|
| | <p>фазовых равновесий в многокомпонентных системах; характеризует растворы электролитов и электрохимические системы с позиции термодинамики; поясняет принципы и уравнения формальной кинетики и кинетики сложных цепных, гетерогенных и фотохимических реакций с помощью уравнений; раскрывает основные понятия теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа.</p> <p>Прогнозирует, оценивает и анализирует параметры состояния системы. Проводит выбор метода расчета и вычисляет кинетические параметры процессов; ориентируется в формулах, выбирает необходимые и рассчитывает параметры системы; анализирует результаты расчетов и делает вывод о состоянии системы и возможных изменениях в ней.</p> | <p>Типовые практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p> |
| ОПК-2 | <p>Объясняет законы протекания химических реакций во времени и законы химического равновесия, обосновывает зависимость свойств веществ от внешних условий проведения реакции. Оценивает влияние условий процесса на характер межмолекулярного взаимодействия.</p> <p>Анализирует строение соединений, смесей и их свойств, используя современные математические, физические, химические и физико-химические методы. Выполняет анализ химических соединений, сопоставляет результаты и делает выводы.</p> | <p>Вопросы для устного собеседования</p> <p>Типовые практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p> |

5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций | |
|-----------------------|--|---|
| | Устное собеседование | Письменная работа |
| 5 (отлично) | <p>Полный исчерпывающий ответ, показывающий понимание предмета. Ориентируется в основных терминах, знаком с дополнительной литературой, правильно отвечает на дополнительные вопросы.</p> <p>Студент показывает правильное понимание условия задачи, владеет навыками анализа условия, выбором нужных законов и формул для ее решения.</p> <p>Умеет правильно объяснить теоретические основы аналитических методов и правильно выбрать метод анализа.</p> | <p>Обучающийся владеет профессиональной терминологией, показывает высокий уровень применения знаний, умений и навыков в своей работе, дает обоснование предлагаемых решений; использует основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой, работа выполнена безукоризненно в отношении объема, оформления и представления, сдана в установленный срок. На защите представлен доклад, сопровождаемый презентацией, которые в полном объеме отражают выполненные задания, на все вопросы даны исчерпывающие ответы</p> |
| 4 (хорошо) | <p>Стандартный ответ, лишенный индивидуальности. Допускает незначительные погрешности при ответе на вопросы.</p> <p>Студент показывает достаточное понимание условия задачи, владеет навыками анализа условия, путается в выборе нужных законов и формул для ее решения.</p> <p>Умеет правильно объяснить теоретические основы аналитических методов и правильно выбрать метод анализа.</p> <p>Неполный ответ, имеют место небольшие пробелы в знаниях. Допускает погрешности при ответе на вопросы.</p> | <p>Обучающийся владеет профессиональной терминологией, показывает требуемый уровень применения знаний, умений и навыков в своей работе при некоторых погрешностях проработки заданий курсовой работы. Работа выполнена в полном объеме, но имеются ошибки в оформлении и представлении. Работа сдана в установленный срок. На защите представлен доклад, но презентация не в полном объеме отражает выполненные задания, на вопросы даны ответы разной степени полноты</p> |
| 3 (удовлетворительно) | <p>Показывает знания учебного материала в минимальном объеме. Допускает большое количество принципиальных ошибок. Может устранить их с помощью преподавателя.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует знания, умения и навыки в минимально допустимом объеме. Имеет место наличие ошибок; имеются погрешности в оформлении работы. Курсовая работа сдана с существенным запозданием</p> |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | Студент показывает недостаточное понимание условия задачи, путается в выборе нужных законов и формул для ее решения. Неполный ответ, есть ошибки в изложении нескольких тем. Путается в терминах. | |
| 2 (неудовлетворительно) | Не может ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Многочисленные грубые ошибки. Не понимает условие задачи, не может предложить варианты решения. Не знает теоретических основ аналитических методов и не может правильно выбрать метод анализа под конкретный объект. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека. | Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, задания выполнены в недопустимом объеме с грубыми ошибками, оформление работы не соответствует требованиям. Курсовая работа сдана с существенным запозданием. Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. |

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов |
|-----------|---|
| Семестр 4 | |
| 1 | Предмет исследования и теоретические методы физической химии: квантово-химический, термодинамический и кинетический. |
| 2 | Экспериментальные методы физической химии. Назначение физико-химических методов анализа. Примеры интерпретации экспериментальных данных. |
| 3 | Основные понятия химической термодинамики. Термодинамическая система, равновесие, теплота, внутренняя энергия, работа. Обоснуйте целесообразность использования указанных понятий. |
| 4 | Основные типы термодинамических систем. Примеры. Измеряемые величины, характеризующие состояние термодинамической системы. Экстенсивные и интенсивные величины. Уравнение состояния термодинамической системы в общем виде. |
| 5 | Понятие о термическом равновесии и термодинамическом процессе. Нулевое начало термодинамики. Понятие внутренней энергии в термодинамике. Функции состояния и их связь со свойствами полных дифференциалов на примере внутренней энергии. |
| 6 | Сущность и основные формулировки I начала термодинамики. Дифференциальная форма, свойства полных и неполных дифференциалов. |
| 7 | Теплота процесса при постоянном объеме или при постоянном давлении. Энтальпия как функция состояния. Закон Гесса и его следствия. |
| 8 | Зависимость теплового эффекта от температуры на примере анализа диаграммы изобарного и изохорного процессов. Вывод уравнения Кирхгоффа. Физический смысл дифференциальной теплоемкости. |
| 9 | Теплоемкость истинная и средняя при постоянных давлении или объеме. Методы оценки и экспериментального определения. Эмпирические зависимости теплоемкости для веществ и соединений в конденсированном состоянии. Интерполяционные уравнения для расчета теплоемкости. |
| 10 | Необратимые самопроизвольные процессы. Примеры. Термодинамически обратимые процессы. Работа обратимого и необратимого процессов. Энтропия как функция состояния. |
| 11 | Теплота и работа в обратимых и необратимых процессах. Примеры с использованием диаграмм состояния. Энтропия и температура. Сущность и аналитическое выражение II начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. |
| 12 | III начало термодинамики и вычисление абсолютной энтропии. |
| 13 | Химическое равновесие, энтропия и химическое сродство. Критерии направления процесса. Примеры на диаграммах состояния. Термодинамические потенциалы Гиббса и Гельмгольца. |
| 14 | Вывод уравнения Гиббса – Дюгема и фундаментальных уравнений Гиббса. Физический смысл и примеры различных форм записи уравнений Гиббса. |
| 15 | Изменение энергий Гиббса и Гельмгольца в химических процессах. Зависимость энергии Гиббса от химической переменной. Общее условие равновесия. Закон действующих масс в формулировке Зоммерфельда. |
| 16 | Вывод уравнения Больцмана – Планка. Расчет химического потенциала компонента в смеси с помощью положений статистической термодинамики. |

| | |
|-----------|--|
| 17 | Общее условие равновесия химического процесса. Константы равновесия. Примеры вычисления констант равновесия. Фугитивности и активности компонентов смеси. Термодинамическая константа равновесия. |
| 18 | Зависимость константы и положения химического равновесия от условий. Примеры. Сущность правил Ле Шателье и их термодинамическое обоснование. |
| 19 | Константы равновесия газовых реакций, вывод взаимных соотношений в общем виде. Гетерогенные равновесия. Примеры. Особенности термодинамики реакций полимеризации. |
| 20 | Численные методы расчета констант равновесий. Пример расчета для произвольной температуры. Принципы расчета констант равновесий в статистической термодинамике. |
| 21 | Термодинамические модели растворов. Идеальные, предельно разбавленные, атермальные и регулярные растворы. Энтропия смешения и химический потенциал идеального раствора. |
| 22 | Зависимость парциального давления компонента от состава раствора. Вывод закона Рауля из приближения идеального раствора. Примеры положительных и отрицательных отклонений от закона Рауля. |
| 23 | Вывод закона Генри из приближения предельно разбавленных растворов. Растворимость газов в жидкостях и ее зависимость от температуры. Примеры применения абсорбции на практике. Уравнение Сеченова. |
| 24 | Коллигативные свойства растворов. Вывод зависимостей снижения температуры плавления и повышения температуры кипения для идеальных растворов. |
| 25 | Вычисление коэффициентов активностей компонентов растворов по экспериментальным данным: снижения давления паров, повышения температуры кипения, снижения температуры плавления и по осмотическому давлению. Уравнение Вант Гоффа. |
| 26 | Примеры гетерогенных систем. Понятия фаза, поверхность раздела и фазовый переход. Условия термодинамического равновесия в гетерогенных системах. |
| 27 | Бинарные системы с неограниченной взаимной растворимостью компонентов. Расчет состава паровой и жидкой фаз по диаграммам «давление компонентов - состав раствора», «общее давление - состав», «температура кипения - состав», «состав раствора - состав пара». Законы Коновалова. Простая перегонка. |
| 28 | Демонстрация трех законов Вревского для азеотропных смесей на диаграммах «общее давление - состав». Практическое значение. Перегонка под вакуумом. |
| 29 | Принцип и модель ректификации. Понятие о теоретической тарелке и ее высоте. Расчет числа теоретических тарелок по диаграммам «температура кипения - состав». |
| 30 | Примеры ограниченной взаимной растворимости жидкостей на диаграммах «температура - состав». Бинодали. Системы с ВКТР и НКТР. Влияние температуры на растворимость. |
| 31 | Кипение взаимно нерастворимых жидкостей. Практическое применение перегонки с водяным паром. Материальный баланс очистки трудно кипящих соединений при перегонке с водяным паром. |
| 32 | Равновесие жидкость - кристаллы в бинарных системах. Методы физико-химического анализа конденсированных систем. Применение принципа непрерывности Курнакова к интерпретации кривых охлаждения. |
| 33 | Диаграмма состояния и кривые охлаждения бинарных систем, кристаллизующихся с эвтектикой. Принципы охлаждения и размораживания. Практические примеры для бинарных смесей. |
| 34 | Анализ диаграмм бинарных систем, плавящихся конгруэнтно и инконгруэнтно на конкретных примерах. Дальтониды и бертоллиды. Зависимость растворимости кристаллических веществ от температуры. |
| 35 | Бинарные системы полимер - растворитель. Особенности диаграмм состояния. Спинодали. Нарушение принципа соответствия. Давление паров над растворами полимеров. Получение ТВМ из растворов. |
| 36 | Устойчивость растворов полимеров к расслоению. Выражение для осмотического давления в растворах полимеров. Влияние температуры и молекулярной массы полимера на его растворимость. |
| 37 | Равновесия в трехкомпонентных системах. Свойства треугольников Гиббса и Розенбума. Прямоугольная диаграмма состояния трехкомпонентных систем. |
| 38 | Определение процесса экстракции, примеры. Требования к экстрагенту. Коэффициент распределения между фазами и степень экстракции. Процесс экстракции на диаграмме Гиббса. Состав и материальный баланс экстракта и рафината. |
| 39 | Общая характеристика процессов разделения, используемых в промышленности, области применения каждого из них. Принципы и основные виды хроматографического разделения многокомпонентных смесей. |
| Семестр 5 | |
| 40 | Феноменологическое описание неравновесных процессов. Кинетические измерения. Обработка кинетических кривых. Скорость химической реакции. Задачи формальной и молекулярной кинетик. |
| 41 | Терминология химической кинетики. Элементарная стадия, механизм, схема процесса, лимитирующая стадия. Примеры различных типов реакций (гомо- и гетерогенных, гомо- и гетеролитических, гомо- и гетерофазных). |
| 42 | Общность и различие термодинамического и кинетического описания химических реакций. Зависимость скорости химических реакций от температуры. |

| | |
|----|--|
| 43 | Уравнение Аррениуса и его обоснование для обратимой реакции с помощью уравнения изобары Вант Гоффа. Физический смысл энергии активации и предэкспоненциального множителя в константе скорости обратимой реакции. |
| 44 | Теория активных соударений на примере гомогенной бимолекулярной реакции. Сечение межмолекулярных столкновений. Понятие о сечении реакции (процесса). |
| 45 | Теория переходного состояния Эйринга и Поляни. Основные положения. Координата реакции, активированный комплекс, реагенты и продукты. Вывод выражения для константы скорости в общем виде. Энтальпия и энтропия активации. |
| 46 | Принцип линейности свободных энергий как следствие теории переходного состояния. Использование принципа линейности свободных энергий для объяснения влияния растворителя и солевых эффектов на кинетику и термодинамику процессов в растворах. |
| 47 | Применение принципа линейности свободных энергий для установления связи между строением и реакционной способностью соединений на примере уравнений Гаммета и Тафта. |
| 48 | Прямая и обратная задача кинетических исследований. Решение прямой задачи на примере кинетики обратимой, параллельной и последовательной реакций. Термодинамический и кинетический контроль. |
| 49 | Признаки простых и сложных реакций. Кинетическая интерпретация закона действующих масс. Методы определения лимитирующей стадии в сложных реакциях. |
| 50 | Процессы диффузии в газах и конденсированных средах. Примеры реакций, лимитированных диффузией. Законы Фика. Статистическая и термодинамическая интерпретация. Быстрые реакции. |
| 51 | Терминология сложных реакций. Примеры механизмов сопряженных, цепных, фотохимических реакций. Особенности и методы исследования. Микроволновая активация. |
| 52 | Молекулярность и порядок реакции. Примеры реакций с различными и с одинаковыми молекулярностью и порядком. Приведите объяснение в каждом примере с точки зрения статистической термодинамики. |
| 53 | Кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной форме. Примеры для реакций с целым, дробным, нулевым и первым порядком. |
| 54 | Общий и частный (по реагенту) порядки реакции. Способы определения порядков реакции по реагентам для различных типов реакций. |
| 55 | Определение лимитирующей стадии гетерогенного процесса по величине энергии активации. Соотношение скоростей молекулярной и диффузионной стадии в процессе полимеризации в растворе мономера. |
| 56 | Определение и свойства катализаторов. Примеры механизмов каталитического действия. Селективный и неселективный катализ. Ингибирование и иницирование каталитических реакций. |
| 57 | Влияние катализаторов на кинетику и термодинамику химических процессов. Механизм воздействия на кинетику реакции на примере кислотно-основного катализа. Специфический и общий катализ. |
| 58 | Виды гомогенного и гетерогенного катализа. Примеры количественного влияния на энергию активации различных химических процессов. Ферментативный и межфазный катализ. |
| 59 | Факторы, влияющие на кинетику адсорбции. Вероятность акта и степень адсорбции. Примеры эмпирических изотерм адсорбции. Вывод изотермы Ленгмюра. Выражение для скорости гетерогенной каталитической реакции. |
| 60 | Коллигативные свойства растворов электролитов. Изотонический коэффициент Вант Гоффа. Теория электролитической диссоциации Аррениуса и последовавшая за ней дискуссия. |
| 61 | Механизм и термодинамика процесса сольватации по Измайлову. Цикл Борна - Хабера. Влияние строения и свойств растворителя на образование сольватов. Специфическая сольватация. Тесные ионные пары. |
| 62 | Степень и константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда. |
| 63 | Коэффициент активности в растворах сильных электролитов. Средний ионный коэффициент активности и его расчет на основе первых трех приближений теории Дебая - Хюккеля. |
| 64 | Измерения электропроводности растворов электролитов. Вид концентрационной зависимости удельной и удельной молярной проводимости для слабых и сильных электролитов на конкретных примерах. |
| 65 | Предельная удельная молярная проводимость растворов электролитов. Уравнения Аррениуса и Кольрауша. Метод обработки фореограмм для нахождения константы диссоциации электролита в растворе. |
| 66 | Практическое применение кондуктометрического титрования. Вид кривой кондуктометрического титрования в зависимости от силы кислотности или основности титранта и реагента. Определение точки эквивалентности. |
| 67 | Общая характеристика безбуферных и буферных методов исследования протолитических равновесий в растворах электролитов. Активность протона в различных средах. Понятие о шкале кислотности в неводных растворителях. |
| 68 | Кислотные и основные свойства соединений, амфолиты. Таутомерия, цвиттер-ионы. |
| 69 | Диссоциация кислот и оснований в водно-органических смесях. Протолитические равновесия в организованных растворах. |

| | |
|----|---|
| 70 | Механизм возникновения тока в проводниках II рода. Законы Фарадея. Реакции на катоде и аноде. Примеры электродных реакций при смене полярности на проводнике. |
| 71 | Электрохимический эквивалент энергии Гиббса. Электродвижущая сила. Правила записи электрохимических систем. Расчет термодинамических функций и констант электрохимических реакций. |
| 72 | Стандартный потенциал электрода. Стандартный водородный электрод. Ряд напряжений элементов. Правила записи электрохимических систем. |
| 73 | Экспериментальное измерение и термодинамическое вычисление ЭДС гальванического элемента. Правило использования стандартных потенциалов в уравнении Нернста. |
| 74 | Вывод уравнения Нернста из изотермы Вант Гоффа. Равновесные и неравновесные электрохимические процессы. Потенциал перенапряжения. Уравнение Тафеля. |
| 75 | Применение потенциометрии для определения термодинамических функций и констант электрохимических равновесий. Зависимость ЭДС от температуры. Особенность стандартного элемента Вестона. |
| 76 | Классификация электрохимических систем как следствие из уравнения Нернста. Химические цепи. Примеры с использованием электродов первого рода, обратимых относительно катиона и аниона. |
| 77 | Область применения потенциометрического титрования. Особенности потенциометрического титрования в водных и неводных средах. Рекомендации IUPAC. |
| 78 | Принцип действия редокс-электродов. Ион-селективность электрода. Устройство и область применения хингидронного и стеклянного электродов. |

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Используя интегральное уравнение изобары химической реакции рассчитать термодинамическую константу равновесия некоторой реакции при заданной температуре 500 К, если известно, что при температуре 470 К константа равновесия этой реакции равна 0,0158, а при температуре 530 К равна 0,282.

2. Рассчитать молекулярную массу растворенного вещества, если водный раствор 1 г вещества в 50 мл воды замерзает при температуре $-0,015\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Разложение вещества происходит по уравнению реакции первого порядка с константой скорости $k=0,3$ мин⁻¹. Рассчитать время, в течение которого концентрация вещества А уменьшится в 3 раза. Рассчитать период полупревращения данного вещества.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

Условиями допуска обучающегося к промежуточной аттестации являются выполнение и защиты всех лабораторных работ согласно рабочей программе; положительные результаты выполнения контрольных работ, ответов на вопросы коллоквиумов.

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная + Письменная + Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами и калькулятором.

Время подготовки ответов на задания экзаменационного билета - 60 минут.

На защиту курсовой работы отводится не более 20 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

| Автор | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|---|--|------------------------------|-------------|---|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| Ибрагимов Р. И., Пеганова Н. В., Холохонова Л. И., Новоселов Н. П. | Физическая химия. Кинетика и катализ. Кинетические исследования химических процессов | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2021 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168 |

| | | | | |
|--|---|--|------|---|
| Еремин В. В. (и др.) | Основы физической химии (Электронный ресурс) : учебник : в 2 ч. Ч. 2 : Теория. — 5-е издание, перераб. и доп. (эл.). — (Учебник для высшей школы) | Москва: Лаборатория знаний | 2019 | https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=373280 |
| Еремин В. В. (и др.) | Основы физической химии (Электронный ресурс) : учебник : в 2 ч. Ч. 1 : Теория. — 5-е издание, перераб. и доп. (эл.). — (Учебник для высшей школы) | Москва: Лаборатория знаний | 2019 | https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=373279 |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| Мчедлов-Петросян Н. О., Зевацкий Ю. Э., Самойлов Д. В. | Физическая химия. Кислотно-основные равновесия в водных растворах | СПб.: СПбГУПТД | 2018 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201803 |
| Гребенников С. Ф., Ибрагимова Р. И. | Физическая химия. Курс лекций | СПб.: СПбГУПТД | 2018 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222 |
| Михаилиди А. М. | Физическая химия. Ч 1 | СПб.: СПбГУПТД | 2016 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3584 |
| Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Зайцева Е.И. | Физическая химия. Курсовая работа | СПб.: СПбГУПТД | 2017 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017191 |
| Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Зайцева Е. И. | Физическая химия. Химическая термодинамика | СПб.: СПбГУПТД | 2014 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1994 |
| Михаилиди А. М. | Физическая химия. Ч 2 | СПб.: СПбГУПТД | 2016 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3585 |
| Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф. | Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 1. Экстенсивные свойства гомогенных систем | Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ | 2016 | http://www.iprbookshop.ru/66611.html |
| Лысова С. С., Скрипникова Т. А., Зевацкий Ю. Э. | Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Физическая химия. Потенциометрия. Потенциометрическое титрование | СПб.: СПбГУПТД | 2017 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017201 |
| Ишанходжаева М.М., Смирнова А.И. | Физическая химия. Примеры решения типовых задач по курсу физической химии | Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД | 2017 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201913185 |
| Смирнова А.И., Суставова Т.А., Липин В.А. | Физическая химия. Часть 1 | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2019 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20195045 |
| Смирнова А.И., Суставова Т.А., Липин В.А. | Физическая химия. Электрохимия | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2020 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059 |
| Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф. | Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 2. Химическое и фазовое равновесие | Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ | 2016 | http://www.iprbookshop.ru/66612.html |
| Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Новоселов Н. П., Зайцева Е. И., Холохонова Л. И. | Физическая химия. Органическая химия. Интерактивное лабораторное занятие | СПб.: СПбГУПТД | 2017 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192 |

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Список физико-химических величин системы СИ с обозначениями и размерностью [Электронный ресурс].

URL: <http://old.iupac.org/reports/1993/homann/index.html>

Окислительно-восстановительные потенциалы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/handbook/redox/welcome.html>

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru>

Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://publish.sutd.ru>

База данных Термические Константы Веществ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html>

Бесплатный онлайн инструментарий по химии. ChemDB Web Interface Index. [Электронный ресурс]. URL: <http://cdb.ics.uci.edu/>

Банк данных радиационных и энергетических параметров двухатомных молекул [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/chinfo/raden/welcome.html>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированная физико-химическая лаборатория, которая оснащена: лабораторными столами, лабораторной посудой, аналитическими и техническими весами, сушильным шкафом, вытяжными шкафами, дистиллятором, водяной баней, рефрактометрами, поляриметрами, калориметрами, кондуктометрами, потенциометрами, рН-метром, ионометром, лабораторным комплексом «Химия», установкой для потенциометрического титрования, установкой для кондуктометрического титрования, установкой для криометрических измерений, установкой для изучения равновесия «жидкость-пар», установкой для изучения ЭДС гальванических элементов.

В лаборатории имеется доска, персональные компьютеры и мультимедийный экран для выполнения интерактивных работ и просмотра видеоматериалов.

| Аудитория | Оснащение |
|----------------------|---|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |
| Учебная аудитория | Специализированная мебель, доска |