

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«28» \_\_\_ 06 \_\_\_ 2022 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.21** Физическая химия

Учебный план: 2022-2023 18.03.01 ИПХиЭ ХБИНВМ ОЗО №1-2-95.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: очно-заочная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся |                   |              | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |                             |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
|                           | Лекции                        | Практ.<br>занятия | Лаб. занятия |                |                   |                          |                                      |                             |
| 5                         | УП                            | 17                | 34           | 17             | 85                | 27                       | 5                                    | Экзамен                     |
|                           | РПД                           | 17                | 34           | 17             | 85                | 27                       | 5                                    |                             |
| 6                         | УП                            | 17                | 17           | 17             | 102               | 27                       | 5                                    | Экзамен, Курсовая<br>работа |
|                           | РПД                           | 17                | 17           | 17             | 102               | 27                       | 5                                    |                             |
| Итого                     | УП                            | 34                | 51           | 34             | 187               | 54                       | 10                                   |                             |
|                           | РПД                           | 34                | 51           | 34             | 187               | 54                       | 10                                   |                             |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 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 химических волокон и композиционных материалов на их основе, а также в процессах модификации, крашении и отделки волокнистых материалов.

### 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

|  |
|--|
| <b>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</b>  |
| <b>Знать:</b> 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.  |
| <b>Уметь:</b> 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.                  |
| <b>Владеть:</b> навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики.   |
| <b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности</b>   |
| <b>Знать:</b> законы физической химии, закономерности протекания и равновесия отдельных классов химических реакций и связь этих закономерностей с особенностями внутреннего строения молекул отдельных групп химических соединений.  |
| <b>Уметь:</b> 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. |
| <b>Владеть:</b> 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<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная работа |               |                | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|--|------------------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|  |                              | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) | Лаб.<br>(часы) |              |                              |                               |
| Раздел 1. Основы химической термодинамики  | 5                            |                   |               |                |              |                              | Л,К                           |
| 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. Лабораторная работа. Введение в лабораторный практикум. Инструктаж по ТБ. Техника лабораторных работ.   |                              | 1                 |               | 2              | 6            |                              |                               |
| 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. Лабораторная работа. Калориметрия. Определение интегральной теплоты растворения соли. Практические занятия. Расчет тепловых эффектов в различных химических процессах.   |                              | 1                 | 8             | 4              | 6            |                              |                               |
| 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). Лабораторная работа: «Расчёт стандартных термодинамических параметров химической реакции при заданной температуре» Практические занятия. Расчет изменения энтропии в различных процессах. Коллоквиум по теме: Основы химической термодинамики. |                              | 1                 | 4             | 2              | 10           | АС                           |                               |
| Раздел 2. Методы равновесной термодинамики. Химическое равновесие  |                              |                   |               |                |              |                              | Л,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. Интерактивная лабораторная работа. Исследование химического равновесия в газовой системе, содержащей N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и NO<sub>2</sub>.</p> | 1 | 2 | 6 | AC |   |
| <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>  | 2 |   | 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. Практические занятия. Расчет констант равновесий. Контрольная работа.</p>                              | 1 | 8 | 8 |    |   |
| <p>Раздел 3. Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов)</p>   |   |   |   |    |   |
| <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. Интерактивная лабораторная работа. Изучение равновесия жидкость - пар в однокомпонентной системе.</p>  | 2 | 2 | 6 | AC | 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. Лабораторная работа. Криометрия. Интерактивная лабораторная работа. Осмометрия.</p>   | 2 | 2 | 6 | AC |   |

|  |   |   |   |   |    |       |
|--|---|---|---|---|----|-------|
| <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. Практические занятия. Расчет фазовых равновесий.</p>   | 2 | 8 |   | 6 |    |       |
| <p>Раздел 4. Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей</p>   |   |   |   |   |    |       |
| <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. Интерактивная лабораторная работа. Перегонка летучих смесей. Интерактивная лабораторная работа. Анализ диаграмм кипения бинарных систем.</p> | 1 |   | 3 | 6 | АС | Л,О,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>                                   | 2 |   |   | 8 |    |       |

|   |   |   |  |    |  |  |
|---|---|---|--|----|--|--|
| <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. Практические занятия. Расчеты фазовых равновесий. Контрольная работа.</p> | 1 | 6 |  | 11 |  |  |
|---|---|---|--|----|--|--|

|   |   |     |    |    |      |     |
|---|---|-----|----|----|------|-----|
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)   |   | 17  | 34 | 17 | 85   |     |
| 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 гетерофазные). Молекулярность и порядок реакции. Кинетическая интерпретация закона действующих масс. Термодинамический и кинетический контроль. Лабораторная работа. Определение константы скорости омыления сложного эфира.</p>                                       | 6 | 2   | 2  | 6  |      | Л,К |
| <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. Лабораторная работа. Определение константы скорости инверсии сахарозы.</p> |   | 1   | 2  | 6  |      |     |

|   |   |  |   |   |    |   |
|---|---|--|---|---|----|---|
| <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.<br/>Лабораторная работа. Определение константы скорости мутаротации глюкозы. Контрольная работа.</p> | 2 |  | 2 | 8 | AC |   |
| <p>Раздел 6. Кинетические методы исследования химических процессов</p>  |   |  |   |   |    | 0 |

|  |   |   |  |   |    |   |
|--|---|---|--|---|----|---|
| <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>   | 1 |   |  | 6 | AC |   |
| <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. Практические занятия. Кинетические методы исследования химических процессов.</p> | 1 | 8 |  | 6 |    |   |
| <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>  | 1 |   |  | 6 | AC | 0 |



|  |   |  |  |   |  |   |
|--|---|--|--|---|--|---|
| 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.  | 1 |  |  | 6 |  |   |
| Раздел 8. Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации  |   |  |  |   |  |   |
| 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. | 1 |  |  | 6 |  | Л |

|   |   |   |   |   |    |   |
|---|---|---|---|---|----|---|
| 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. Интерактивная лабораторная работа. Границы применимости предельного закона Дебая. Практические занятия. Свойства растворов электролитов. | 1 | 4 | 2 | 8 | АС |   |
| Раздел 9. Константы диссоциации кислот в растворах  |   |   |   |   |    |   |
| 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 (раН+) в неводных средах. Лабораторная работа. Кондуктометрическое титрование.  | 1 |   | 2 | 6 | АС | 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. Лабораторная работа. Определение константы диссоциации слабого электролита.</p>  | 1 |   | 2 | 6 |  |       |
| <p>Раздел 10. Термодинамическая теория ЭДС</p>   |   |   |   |   |  |       |
| <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. Практические занятия. Термодинамика растворов электролитов и электрохимических систем.</p> | 1 | 5 |   | 6 |  | Л,К,К |

|  |   |  |   |   |  |  |
|--|---|--|---|---|--|--|
| <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. Лабораторная работа. Определение ЭДС гальванических элементов.</p> | 1 |  | 2 | 8 |  |  |
| <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. Контрольная работа.</p>         | 1 |  |   | 8 |  |  |

|  |     |    |    |      |    |  |
|--|-----|----|----|------|----|--|
| 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 в растворах и металлов в сплавах. Потенциометрическое титрование. Селективные электроды. Химические источники тока. Лабораторная работа. Потенциометрическое титрование. Лабораторная работа. Определение рН буферных водных растворов. Коллоквиум по теме: Термодинамическая теория ЭДС. | 1   |    | 3  | 10   | АС |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)  | 17  | 17 | 17 | 102  |    |  |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)   | 2,5 |    |    | 24,5 |    |  |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>  | 124 |    |    | 236  |    |  |

#### 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  |
|-----------------|---|---|
| ПК-1            | <p>Дает определение основных понятий и законов химической термодинамики;<br/>излагает методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;<br/>характеризует растворы электролитов и электрохимические системы с позиции термодинамики;<br/>поясняет принципы и уравнения формальной кинетики и кинетики сложных цепных, гетерогенных и фотохимических реакций с помощью уравнений;<br/>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;<br/>ориентируется в формулах, выбирает необходимые и рассчитывает параметры системы;<br/>анализирует результаты расчетов и делает вывод о состоянии системы и возможных изменениях в ней.</p> | <p>Вопросы для устного собеседования</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.</p> <p>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</p>  | <p>Обучающийся владеет профессиональной терминологией, показывает требуемый</p>   |

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
|                         | <p>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>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 непринципиальных ошибок. Может устранить их с помощью преподавателя.</p> <p>Студент показывает недостаточное понимание условия задачи, путается в выборе нужных законов и формул для ее решения.</p> <p>Неполный ответ, есть ошибки в изложении нескольких тем. Путается в терминах.</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>  |
| 2 (неудовлетворительно) | <p>Не может ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Многочисленные грубые ошибки.</p> <p>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.</p> <p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.</p>                                | <p>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.</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p>               |

## 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 5 |  |
| 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. Дальтонида и бертоллида. 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 6 |  |
| 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 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        | Терминология сложных реакций. Примеры механизмов сопряженных, цепных, фотохимических реакций. Особенности и методы исследования. Микроволновая активация.  |
| 51        | Молекулярность и порядок реакции. Примеры реакций с различными и с одинаковыми молекулярностью и порядком. Приведите объяснение в каждом примере с точки зрения статистической термодинамики.  |
| 52        | Кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной форме. Примеры для реакций с целым, дробным, нулевым и первым порядком.   |
| 53        | Общий и частный (по реагенту) порядки реакции. Способы определения порядков реакции по реагентам для различных типов реакций.  |
| 54        | Определение лимитирующей стадии гетерогенного процесса по величине энергии активации. Соотношение скоростей молекулярной и диффузионной стадии в процессе полимеризации в растворе мономера.   |
| 55        | Определение и свойства катализаторов. Примеры механизмов каталитического действия. Селективный и неселективный катализ. Ингибирование и инициирование каталитических реакций.  |
| 56        | Влияние катализаторов на кинетику и термодинамику химических процессов. Механизм воздействия на кинетику реакции на примере кислотно-основного катализа. Специфический и общий катализ.  |
| 57        | Виды гомогенного и гетерогенного катализа. Примеры количественного влияния на энергию активации различных химических процессов. Ферментативный и межфазный катализ.  |
| 58        | Факторы, влияющие на кинетику адсорбции. Вероятность акта и степень адсорбции. Примеры эмпирических изотерм адсорбции. Вывод изотермы Ленгмюра. Выражение для скорости гетерогенной каталитической реакции.                                    |
| 59        | Коллигативные свойства растворов электролитов. Изотонический коэффициент Вант Гоффа. Теория электролитической диссоциации Аррениуса и последовавшая за ней дискуссия.  |
| 60        | Механизм и термодинамика процесса сольватации по Измайлову. Цикл Борна - Хабера. Влияние строения и свойств растворителя на образование сольватов. Специфическая сольватация. Тесные ионные пары.  |
| 61        | Степень и константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.  |

|    |  |
|----|--|
| 62 | Коэффициент активности в растворах сильных электролитов. Средний ионный коэффициент активности и его расчет на основе первых трех приближений теории Дебая - Хюккеля.  |
| 63 | Измерения электропроводности растворов электролитов. Вид концентрационной зависимости удельной и удельной молярной проводимости для слабых и сильных электролитов на конкретных примерах.                          |
| 64 | Предельная удельная молярная проводимость растворов электролитов. Уравнения Аррениуса и Кольрауша. Метод обработки фореограмм для нахождения константы диссоциации электролита в растворе.                         |
| 65 | Практическое применение кондуктометрического титрования. Вид кривой кондуктометрического титрования в зависимости от силы кислотности или основности титранта и реагента. Определение точки эквивалентности.       |
| 66 | Общая характеристика безбуферных и буферных методов исследования протолитических равновесий в растворах электролитов. Активность протона в различных средах. Понятие о шкале кислотности в неводных растворителях. |
| 67 | Кислотные и основные свойства соединений, амфолиты. Таутомерия, цвиттер-ионы.  |
| 68 | Диссоциация кислот и оснований в водно-органических смесях. Протолитические равновесия в организованных растворах.   |
| 69 | Механизм возникновения тока в проводниках II рода. Законы Фарадея. Реакции на катоде и аноде. Примеры электродных реакций при смене полярности на проводнике.  |
| 70 | Электрохимический эквивалент энергии Гиббса. Электродвижущая сила. Правила записи электрохимических систем. Расчет термодинамических функций и констант электрохимических реакций.                                 |
| 71 | Стандартный потенциал электрода. Стандартный водородный электрод. Ряд напряжений элементов. Правила записи электрохимических систем.   |
| 72 | Экспериментальное измерение и термодинамическое вычисление ЭДС гальванического элемента. Правило использования стандартных потенциалов в уравнении Нернста.  |
| 73 | Вывод уравнения Нернста из изотермы Вант Гоффа. Равновесные и неравновесные электрохимические процессы. Потенциал перенапряжения. Уравнение Тафеля.  |
| 74 | Применение потенциометрии для определения термодинамических функций и констант электрохимических равновесий. Зависимость ЭДС от температуры. Особенность стандартного элемента Вестона.                            |
| 75 | Классификация электрохимических систем как следствие из уравнения Нернста. Химические цепи. Примеры с использованием электродов первого рода, обратимых относительно катиона и аниона.                             |
| 76 | Область применения потенциометрического титрования. Особенности потенциометрического титрования в водных и неводных средах. Рекомендации IUPAC.  |
| 77 | 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)

Типовые практико-ориентированные задания находятся в приложении.

## 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  |
|---|---|---|-------------|---|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>  |   |   |             |   |
| Смирнова А.И.,<br>Суравова Т.А., Липин<br>В.А.  | Физическая химия. Часть 1   | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                                      | 2019        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20195045">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20195045</a>   |
| Ибрагимова Р. И.,<br>Пеганова Н. В.,<br>Холохонова Л. И.,<br>Новоселов Н. П.  | Физическая химия.<br>Кинетика и катализ.<br>Кинетические<br>исследования химических<br>процессов  | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                                      | 2021        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168</a>       |
| Гребенников С. Ф.,<br>Ибрагимова Р. И.  | Физическая химия. Курс<br>лекций  | СПб.: СПбГУПТД  | 2018        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222</a>     |
| Смирнова А.И.,<br>Ишанходжаева М.М.   | Физическая химия. Часть 2   | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                                      | 2018        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20185043">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20185043</a>   |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>  |   |   |             |   |
| Ибрагимова Р. И.,<br>Гребенников С. Ф.,<br>Зайцева Е.И.   | Физическая химия.<br>Курсовая работа  | СПб.: СПбГУПТД  | 2017        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017191">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017191</a>     |
| Ибрагимова Р. И.,<br>Гребенников С. Ф.,<br>Новоселов Н. П.,<br>Зайцева Е. И.,<br>Холохонова Л. И.                           | Физическая химия.<br>Органическая химия.<br>Интерактивное<br>лабораторное занятие   | СПб.: СПбГУПТД  | 2017        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192</a>     |
| Степановских, Е. И.,<br>Виноградова, Т. В.,<br>Брусницына, Л. А.,<br>Алексеева, Т. А.,<br>Маскаева, Л. Н.,<br>Марков, В. Ф. | Физическая химия. Теория и<br>практика выполнения<br>расчетных работ. Часть 2.<br>Химическое и фазовое<br>равновесие                    | Екатеринбург:<br>Уральский<br>федеральный<br>университет, ЭБС АСВ | 2016        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/66612.html">http://www.iprbookshop.ru/66612.html</a>   |
| Ибрагимова Р. И.,<br>Гребенников С. Ф.,<br>Зайцева Е. И.  | Физическая химия.<br>Химическая термодинамика   | СПб.: СПбГУПТД  | 2014        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1994">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1994</a>           |
| Смирнова А.И.,<br>Суравова Т.А., Липин<br>В.А.  | Физическая химия.<br>Электрохимия   | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                                      | 2020        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059</a>   |
| Михаилиди А. М.   | Физическая химия. Ч 2   | СПб.: СПбГУПТД  | 2016        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3585">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3585</a>           |
| Михаилиди А. М.   | Физическая химия. Ч 1   | СПб.: СПбГУПТД  | 2016        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3584">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3584</a>           |
| Ишанходжаева М.М.,<br>Смирнова А.И.   | Физическая химия.<br>Примеры решения типовых<br>задач по курсу физической<br>химии  | Санкт-Петербург: ВШТЭ<br>СПбГУПТД                                 | 2017        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201913185">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201913185</a> |
| Лысова С. С.,<br>Скрипникова Т. А.,<br>Зевацкий Ю. Э.   | Аналитическая химия и<br>физико-химические методы<br>анализа. Физическая химия.<br>Потенциометрия.<br>Потенциометрическое<br>титрование | СПб.: СПбГУПТД  | 2017        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017201">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017201</a>     |
| Мчедлов-Петросян Н.<br>О., Зевацкий Ю. Э.,<br>Самойлов Д. В.  | Физическая химия.<br>Кислотно-основные<br>равновесия в водных<br>растворах  | СПб.: СПбГУПТД  | 2018        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201803">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201803</a>       |
| Степановских, Е. И.,<br>Виноградова, Т. В.,<br>Брусницына, Л. А.,<br>Алексеева, Т. А.,<br>Маскаева, Л. Н.,<br>Марков, В. Ф. | Физическая химия. Теория и<br>практика выполнения<br>расчетных работ. Часть 1.<br>Экстенсивные свойства<br>гомогенных систем            | Екатеринбург:<br>Уральский<br>федеральный<br>университет, ЭБС АСВ | 2016        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/66611.html">http://www.iprbookshop.ru/66611.html</a>   |

## 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 потециометрического 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                              |

## Приложение

рабочей программы дисциплины \_\_\_\_\_ Физическая химия \_\_\_\_\_  
наименование дисциплины

по направлению подготовки: 18.03.01 Химическая технология  
 наименование ОП (профиля): Химическая, био- и нанотехнологии волокнистых материалов

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

| № п/п | Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)   |
|-------|--|
| 1     | <p>По определению теплоемкости при постоянном объеме</p> $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V \quad (1)$ <p>Следует ли из этого, что</p> $dU = C_V dT \quad ? \quad (2)$ <p>Обоснуйте свой ответ. При каких условиях выражение (2) справедливо?</p>   |
| 2     | <p>При 60 °С константа скорости процесса крашения прямым красителем увеличилась на 10 % по отношению к значению константы скорости процесса при t=30 °С. Оцените увеличение значения указанной константы при 90 °С. Исходя из технологических соображений имеет ли смысл проводить данное крашение при кипячении?</p>  |
| 3     | <p>Вязкозный шелк красили при температурах 50 и 100 °С. При этом измерили константы скорости процесса, значения которых составили 0,235 и 5,34 соответственно. Вычислить энергию активации и определить лимитирующую стадию процесса крашения. Определить тепловой эффект крашения при кипячении, если <math>\Delta H^0(298 \text{ K}) = - 5 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}</math> и <math>\Delta C_p^{\text{оп}} = 17 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}</math>.</p> |
| 4     | <p>На дне озера (глубина 9 м) образовался пузырек газа небольшого размера и начал всплывать. Оцените как изменится диаметр этого пузырька на поверхности озера, если на дне температура воды 7 °С, а на поверхности 15 °С.</p>   |
| 5     | <p>Термодинамические параметры полимеризации циклопентана имеют значения <math>\Delta H_n^0(298 \text{ K}) = - 18 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}</math> и <math>\Delta S_n^0(298 \text{ K}) = - 52 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}</math>. Рассчитайте величины констант равновесия при T = 10 °С и 20 °С. Повышение или понижение температуры способствует лучшему выходу полимера? Можно ли ответить на этот вопрос, не прибегая к расчетам?</p>                 |
| 6     | <p>Опираясь на определения теплоемкости при постоянном объеме</p> $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$ <p>и при постоянном давлении</p> $C_P = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P,$ <p>а также используя выражения для полного дифференциала внутренней энергии</p>  |

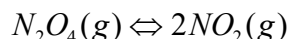
$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV,$$

доказать, что для любой термодинамической системы справедливо равенство:

$$C_p - C_v = \left( P + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \right) \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

7

При 300 К константа равновесия  $K_F$  реакции



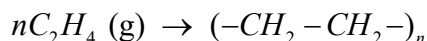
равна 0,174. Каким будет наблюдаемый молекулярный вес равновесной смеси, полученной при диссоциации чистой  $N_2O_4$  при этой температуре под атмосферным давлением?

8

При растворении 1 ммоль йодида натрия в 1 литре воды выделилось 7,5 Дж тепла. Увеличение или уменьшение температуры будет способствовать процессу растворения указанной соли в воде? При добавлении в полученный раствор такой же навески NaI калориметрические измерения тепла процесса дали значение 7,4 Дж. Оцените интегральную теплоту растворения йодида натрия в пределе бесконечного разбавления в воде.

9

Энтальпия полимеризации этилена



при стандартных условиях имеет значение  $\Delta H_{298}^0 = -89$  кДж/моль. Оцените тепловой эффект этой реакции, если её проводить в реакторе постоянного объёма.

10

Определить порядок реакции крашения шерсти, если изменение концентрации красителя в ванне составило:

|                        |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $\square$ , сек        | 0,0  | 184  | 319  | 526  | 867  | 1000 |
| C, моль/м <sup>3</sup> | 2,33 | 2,08 | 1,91 | 1,67 | 1,36 | 1,11 |

11

При нормальных условиях атмосфера состоит из 78,1% (об.)  $N_2$  и 21,0% (об.)  $O_2$ . Вычислите при этих условиях парциальные давления азота и кислорода.

12

Для какого (или для каких) из нижеприведенных процессов справедливо:

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T} \quad ?$$

- а) процесс, при котором  $\square n=0$ ;
- б) процесс, при котором  $\square C_p=0$ ;
- в) процесс при постоянном давлении;
- г) адиабатический процесс;
- д) изотермический обратимый фазовый переход.

13

Определить тепловой эффект обратимого химического процесса, если при увеличении температуры от 50 до 70 °С константа равновесия уменьшилась в 1,3 раза. Скорость прямой стадии процесса увеличилась в 3,5 раза. Чему равна ее энергия активации? Чем лимитирована данная стадия - диффузией или химическим взаимодействием?

14

Определить энергию активации нейтрализации сточных вод с помощью извести, если измерения констант скорости процесса при температурах 30°С и 50 °С дали значения 3,3 и 8,7 соответственно. Что определяет кинетику процесса: молекулярная или диффузионная стадии?

15

С помощью уравнений Гельмгольца – Гиббса и соотношения:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

выведите уравнение вида

$$\ln K = -\frac{\Delta H^0}{RT} + c,$$

|                           | где $c$ – постоянная интегрирования.  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
|---------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|-----|-----------|------|-------|-------|-------|-------|
| 16                        | Определить молекулярную массу соединения, если при испарении его навески 0,5 г при температуре 87 °С в объём 1 л давление в сосуде составило 35,2 кПа.  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 17                        | Кинетические измерения констант скорости ферментативного катализа при температурах 20 °С и 25 °С дали значения 5,8 с <sup>-1</sup> и 23,7 с <sup>-1</sup> соответственно. Вычислите энергию активации указанного процесса.  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 18                        | <p>При сгорании поликапролактама <math>[-(CH_2)_5 - CO - NH -]_n</math> выделяется тепло в количестве 5760 кДж из расчета на моль одного звена. Рассчитать энтальпию его образования по значениям теплот сгорания, приведенным в таблице.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Вещество</th> <th>C</th> <th>H<sub>2</sub></th> <th>N<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\Delta H_c^0</math>, кДж/моль</td> <td>393</td> <td>285</td> <td>275</td> </tr> </tbody> </table> | Вещество       | C              | H <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | $\Delta H_c^0$ , кДж/моль | 393 | 285       | 275  |       |       |       |       |
| Вещество                  | C   | H <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| $\Delta H_c^0$ , кДж/моль | 393   | 285            | 275            |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 19                        | <p>Определить порядок реакции крашения целлюлозного материала азотолом, если концентрация красителя в растворе изменялась следующим образом:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td><math>\tau</math>, мин</td> <td>0,0</td> <td>5,0</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>C, моль/л</td> <td>0,05</td> <td>0,045</td> <td>0,039</td> <td>0,035</td> <td>0,031</td> </tr> </tbody> </table>   | $\tau$ , мин   | 0,0            | 5,0            | 10             | 15                        | 20  | C, моль/л | 0,05 | 0,045 | 0,039 | 0,035 | 0,031 |
| $\tau$ , мин              | 0,0   | 5,0            | 10             | 15             | 20             |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| C, моль/л                 | 0,05  | 0,045          | 0,039          | 0,035          | 0,031          |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 20                        | <p>Оцените теплоту ионизации водного раствора <i>m</i>-хлорфенола на основе следующих данных:</p> $(l) \rightarrow (aq) \quad \Delta H^0 = 2820 \text{ Дж/моль}$ $(l) + OH^{(-)}(aq) \rightarrow (aq) + H_2O(l) \quad \Delta H^0 = -31,5 \text{ кДж/моль}$ $H_2O(l) \rightarrow H^{(+)}(aq) + OH^{(-)}(aq) \quad \Delta H^0 = 56,5 \text{ кДж/моль}$  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 21                        | <p>Докажите, что всегда справедливо равенство:</p> $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_H = -\frac{V}{T}$  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 22                        | <p>Докажите справедливость соотношения:</p> $\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P = \frac{T}{C_P} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$   |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |
| 23                        | <p>Вискозный шёлк окрашивают в хлоратине прочном зелёном 5ГГЛ. Крашение начинают при температуре 40 °С (значение константы скорости 11,4), а оканчивают при кипячении (значение увеличилось до 98,3). Определите энергию активации процесса. Энтальпия крашения при 100°С равна - 35,75 кДж·моль<sup>-1</sup>; энтропия 15 Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>. Вычислите при этой температуре значение константы скорости процесса,</p>  |                |                |                |                |                           |     |           |      |       |       |       |       |

|       |  |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | обратного крашению.  |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 24    | <p>В процессе полимеризации этилметакрилата определяли зависимость скорости полимеризации от концентрации мономера. Данные представлены в таблице. Определите константу скорости полимеризации, ее размерность и порядок реакции.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>lg(w)</td> <td>-0,387</td> <td>-0,495</td> <td>-0,602</td> <td>-0,699</td> <td>-0,854</td> </tr> <tr> <td>lg(C)</td> <td>1,305</td> <td>1,251</td> <td>1,198</td> <td>1,149</td> <td>1,073</td> </tr> </table>  | lg(w)  | -0,387 | -0,495 | -0,602        | -0,699 | -0,854 | lg(C) | 1,305 | 1,251 | 1,198 | 1,149 | 1,073 |
| lg(w) | -0,387   | -0,495 | -0,602 | -0,699 | -0,854        |        |        |       |       |       |       |       |       |
| lg(C) | 1,305  | 1,251  | 1,198  | 1,149  | 1,073         |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 25    | <p>Полиэтилен высокого давления получают компримированием этилена при температуре 20 °С от атмосферного давления до 1200 ат, затем поднимают температуру и вводят инициатор. Вычислите изменение химического потенциала этилена при компримировании, если значения его коэффициентов фугитивности <math>\phi = 1</math> при стандартных условиях и <math>\phi = 0,3</math> при давлении 1200 ат.</p>   |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 26    | <p>При потенциометрических измерениях водного раствора кислоты было обнаружено, что логарифм ионизационного отношения зависит от pH среды по закону:</p> $\lg \frac{\alpha}{1-\alpha} = 0,995\text{pH} - 3,15$ <p>Определить наблюдаемую константу диссоциации кислоты и сделать вывод о том, насколько она близка к термодинамической.</p>  |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 27    | <p>Известно значение стандартного потенциала меди (<math>E = +0,522</math> В) и произведение растворимости ее хлорида. <math>PP(\text{CuCl}) = 2,29 \cdot 10^{-7}</math> моль<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>. Запишите уравнение реакции на электроде:</p> $\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \quad \text{CuCl}(\text{s}) \quad \text{Cu}(\text{s})$ <p>К какому типу относится этот электрод? По отношению к стандартному водородному электроду этот электрод анод или катод? Рассчитайте стандартный потенциал этого электрода.</p>  |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 28    | <p>Одномолярный раствор соляной кислоты содержит 0,1 моль/л катионов одновалентного титана. Его оставили на воздухе при температуре 25 °С и атмосферном давлении на долгое время. Определить концентрацию окисленного кислородом воздуха <math>\text{Ti}^{3+}</math> и неокисленного <math>\text{Ti}^{+}</math>, если стандартный потенциал восстановления <math>\text{O}_2</math> в водных растворах</p> $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 4\text{e}^{-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ <p>равен +0,1129 В, а стандартный потенциал восстановления титана</p> $\text{Ti}^{3+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ti}^{+}$ <p>равен +0,125 В.</p> |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| 29    | <p>Мост Уинстона широко используется в потенциометрических и кондуктометрических измерениях растворов электролитов:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>R1</td> <td>R2</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\mu\text{A}</math></td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>R4</td> </tr> </table> <p>Докажите, что при его равновесии (<math>I = 0</math>) выполняется равенство:</p>   | R1     | R2     |        | $\mu\text{A}$ | R3     | R4     |       |       |       |       |       |       |
| R1    | R2   |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
|       | $\mu\text{A}$  |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |
| R3    | R4   |        |        |        |               |        |        |       |       |       |       |       |       |

|    |   |
|----|---|
|    | $\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$ .   |
| 30 | <p>Пользуясь законом разбавления Оствальда и уравнением Аррениуса</p> $\alpha = \frac{\Lambda}{\Lambda_0},$ <p>оцените удельную проводимость 0,1 М водного раствора уксусной кислоты. Её константа диссоциации <math>K=1,75 \cdot 10^{-5}</math> моль/л, предельная удельная молярная проводимость <math>\Lambda_0=390</math> См·см<sup>2</sup>/моль. Обратите внимание на размерности.</p> |
| 31 | <p>Константа диссоциации 2-тиофенкарбоновой кислоты равна <math>K=3,3 \cdot 10^{-4}</math> моль/л при 25 °С. Найдите стандартный потенциал реакции восстановления:</p> $C_4H_3SCOOH(aq) + \bar{e} \rightarrow C_4H_3SCOO^{(-)}(aq) + \frac{1}{2} H_2(g).$   |
| 32 | <p>В производстве белой кожи применяют формальдегидное дубление в водной слабощелочной среде. Потенциал хингидронного электрода в среде технологического раствора оказался равным +0,2 В. Чему равен рН среды?</p>  |
| 33 | <p>Рассчитайте средний ионный коэффициент активности однохромового бордо в 0,001 М водном растворе по эмпирическому уравнению Бренстеда.</p>  |
| 34 | <p>Чем следует титровать очень слабые электролиты при кондуктометрических измерениях? Изобразите предполагаемый вид кривой кондуктометрического титрования раствора бромида ксантенового красителя с помощью нитрата серебра.</p>   |
| 35 | <p>Определить степень первой ступени диссоциации угольной кислоты в водном растворе при равновесном содержании углекислого газа в воде <math>1,35 \cdot 10^{-5}</math> моль/л.</p>  |