

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

«21» ___ 02 ___ 2023 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.21

Физическая химия

Учебный план: 2023-2024 18.03.01 ИПХиЭ ХТОиНВ ОЗО №1-2-94.plx

Кафедра: **44** Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки:
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая технология органических и неорганических веществ
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очно-заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
5	УП	17	34	17	85	27	5	Экзамен
	РПД	17	34	17	85	27	5	
6	УП	17	17	17	100	29	5	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	17	17	17	100	29	5	
Итого	УП	34	51	34	185	56	10	
	РПД	34	51	34	185	56	10	

Санкт-Петербург
2023

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):

кандидат химических наук, Доцент

Пеганова Наталья
Владимировна

доктор химических наук, Профессор

Зевацкий Юрий
Эдуардович

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	5						,Л,З
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	4		4	ИЛ	
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".		3	4	4	8		
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»		2	4		8		

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			8	ИЛ	
<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>				8		
<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	3	8		

Раздел 3. Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов)						
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". Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.	2	4		6		,Л

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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение уравнений.		4	6	4	АС	
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.				6		

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>	2	4	4	8		Л,,Ко

<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>	2	4		5	Т	
--	---	---	--	---	---	--

<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>Коллоквиум по разделам : "Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов) и Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей".</p>			2		12		
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 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>	6	2	1		8		,3

<p>Тема 14. Общность и различие термодинамического и кинетического описания химических реакций. Зависимость скорости реакции 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>	1	1		7	ГД	
<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>	1			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>	1	1		4		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	6	4	НИ	
<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 иницирование каталитических реакций. Виды гомогенного катализа. Кислотно-основный (специфический и общий) катализ.</p> <p>Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.</p>		1		8	ГД	Д,Ко
<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>			4	8	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>	1	1		4	ИЛ	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>	1	2		8		
<p>Раздел 9. Константы диссоциации кислот в растворах</p>						
<p>Тема 22. Подходы к экспериментальному определению констант диссоциации (рKa) в растворах. Определение значений рKa 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.</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	2	6		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>		1		8	ГД	

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>	1	1		8		
<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>	1	2		6	Т	
<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	3	8	Т	

Тема 27. Стекланный электрод, измерение рН. Шкала рН в воде и водно-органических смесях. Практическое использование потенциметрических измерений: определение произведения растворимости солей; констант гидролиза, диссоциации и равновесий редокс реакций; коэффициентов активности ионов						
Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.	2	1	2	10	НИ	
Лабораторная работа "Потенциметрическое титрование"						
Лабораторная работа "Определение рН буферных водных растворов".						
Контрольная работа по разделам: "Растворы электролитов. Теории электролитической диссоциации. Константы диссоциации кислот в растворах. Термодинамическая теория ЭДС".						
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	17	100		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		4,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		126		234		

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 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 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 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 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 инициирование 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 $-0,015^{\circ}\text{C}$.

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				
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
Ибрагимова 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
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусицына, 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
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
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусицына, 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
Смирнова А.И., Сустанов Т.А., Липин В.А.	Физическая химия. Электрохимия	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059
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
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
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
Михаилиди А. М.	Физическая химия. Ч 1	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3584
Смирнова А.И., Ишанходжаева М.М.	Физическая химия. Часть 2	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2018	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20185043
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
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
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 2	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3585

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, pH-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