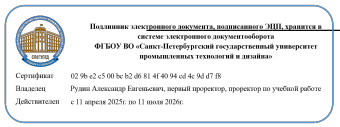
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор по УР


Подлинник электронного документа, подписанного ЭЦП, хранится в системе электронного документооборота ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
Сертификат 02 9b e2 c5 00 bc b2 d6 81 4f 40 94 cd 4e 9d d7 f8
Владелец Рудин Александр Евгеньевич, первый проректор, проректор по учебной работе
Действителен с 11 апреля 2025г. по 11 июля 2026г.

_____А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.21 Физическая химия

Учебный план: 2025-2026 18.03.01 ИПХиЭ ХТОиНВ ОЗО №1-3-94.plx

Кафедра: 44 Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки: (специальность) 18.03.01 Химическая технология

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

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				
2	УП	4	4		28		1	
	РПД	4	4		28		1	
3	УП	12	12	12	270	18	9	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	12	12	12	270	18	9	
Итого	УП	16	16	12	298	18	10	
	РПД	16	16	12	298	18	10	

Санкт-Петербург
2025

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	_____	Лапатин Николай Анатольевич
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	2						
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					2		
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".		1			3	ИЛ	
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»			1		2		

Раздел 2. Методы равновесной термодинамики. Химическое равновесие							К
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.					2		
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.					2		
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Интерактивная лабораторная работа: "Исследование химического равновесия в газовой системе, содержащей N2O4 и NO2. Выполняется самостоятельно на ПО Контрольная работа по разделам: "Основы химической термодинамики" и " Методы равновесной термодинамики. Химическое равновесие".		2	1		2	ИЛ	

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.		1			3	ИЛ	
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 упражнений.					3		
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.					3		

Раздел 4. Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей							
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторная работа: «Фазовое равновесие жидкость-пар. Определение состава жидкой и паровой фаз". 2.Интерактивная лабораторная работа: "Перегонка летучих смесей". 3.Интерактивная лабораторная работа: "Анализ диаграмм кипения бинарных систем". Выполняется самостоятельно на ПО. Выполняется одна работа по выбору преподавателя.			2		2	ГД	
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.					2		

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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Контрольная работа : "Фазовые равновесия и свойства растворов (неэлектролитов) и Термодинамика гетерогенных систем. Методы разделения смесей".					2		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4	4		28		
Консультации и промежуточная аттестация - нет		0					
Раздел 5. Основы химической кинетики. Теория активированного комплекса	3						
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		1	2		20	ИЛ	

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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		1	1		20		
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.					20		
Раздел 6. Кинетические методы исследования химических процессов							
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 Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторное занятие: Определение константы скорости реакции по экспериментальным данным.			1		20	ГД	Л

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. Лабораторная работа: "Исследование кинетики реакции каталитического разложения пероксида водорода". Лабораторная работа: "Определение константы скорости инверсии сахарозы. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		1	1	8	25		
Раздел 7. Катализ							
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		2			20	ИЛ	
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. Контрольная работа: " Кинетические методы исследования химических процессов".		1			20		
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		0,5	1		20	ИЛ	

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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторное занятие: Расчеты среднего ионного коэффициента по теории Дебая - Хюккеля. Границы применимости предельного закона Дебая.		0,5	1		20		
Раздел 9. Константы диссоциации кислот в растворах							Л
Тема 22. Подходы к экспериментальному определению констант диссоциации (pKa) в растворах. Определение значений pKa 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 (paH+) в неводных средах. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторная работа: на выбор 1."Кондуктометрическое титрование. 2."Определение константы диссоциации слабого электролита".			1	2	20	ИЛ	
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.					20		

Раздел 10. Термодинамическая теория ЭДС							Л
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		1	1		20	ИЛ	
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений.		1	1		4		
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. Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторная работа: "Определение ЭДС гальванических элементов.		2	1	2	10		

Тема 27. Стеклянный электрод, измерение pH. Шкала pH в воде и водно-органических смесях. Практическое использование потенциометрических измерений: определение произведения растворимости солей; констант гидролиза, диссоциации и равновесий редокс реакций; коэффициентов активности ионов Практическое занятие: Решение задач и выполнение упражнений. Лабораторная работа " Потенциометрическое титрование" Лабораторная работа "Определение pH буферных водных растворов". Контрольная работа по разделам: " Растворы электролитов. Теории электролитической диссоциации. Константы диссоциации кислот в растворах. Термодинамическая теория ЭДС".		1	1		11		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		12	12	12	270		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		5			13		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		49			311		

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

	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. 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.	Типовые практико-ориентированные задания Курсовая работа
ОПК-2	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. 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.	Вопросы для устного собеседования Типовые практико-ориентированные задания Курсовая работа

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный исчерпывающий ответ, показывающий понимание предмета. Ориентируется в основных терминах, знаком с дополнительной литературой, правильно отвечает на дополнительные вопросы. Студент показывает правильное понимание условия задачи, владеет навыками анализа условия, выбором нужных законов и формул для ее решения. Умеет правильно объяснить теоретические основы аналитических методов и правильно выбрать метод анализа.	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
4 (хорошо)	Стандартный ответ, лишенный индивидуальности. Допускает незначительные погрешности при ответе на вопросы. Студент показывает достаточное понимание условия задачи, владеет навыками анализа условия, путается в выборе нужных законов и формул для ее решения. Умеет правильно объяснить теоретические основы аналитических методов и правильно выбрать метод анализа. Неполный ответ, имеют место небольшие пробелы в знаниях. Допускает погрешности при ответе на вопросы.	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
3 (удовлетворительно)	Показывает знания учебного материала в минимальном объеме. Допускает большое количество непринципиальных ошибок. Может устранить их с помощью преподавателя.	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

	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
	Курс 3
1	Предмет исследования и теоретические методы физической химии: квантово-химический, термодинамический и кинетический.
2	Экспериментальные методы физической химии. Назначение физико-химических методов анализа. Примеры интерпретации экспериментальных данных.
3	Основные понятия химической термодинамики. Термодинамическая система, равновесие, теплота, внутренняя энергия, работа. Обоснуйте целесообразность использования указанных понятий.
4	Основные типы термодинамических систем. Примеры. Измеряемые величины, характеризующие состояние термодинамической системы. Экстенсивные и интенсивные величины. Уравнение состояния термодинамической системы в общем виде.
5	Понятие о термическом равновесии и термодинамическом процессе. Нулевое начало термодинамики. Понятие внутренней энергии в термодинамике. Функции состояния и их связь со свойствами полных дифференциалов на примере внутренней энергии.
6	Сущность и основные формулировки I начала термодинамики. Дифференциальная форма, свойства полных и неполных дифференциалов.
7	Теплота процесса при постоянном объеме или при постоянном давлении. Энтальпия как функция состояния. Закон Гесса и его следствия.
8	Зависимость теплового эффекта от температуры на примере анализа диаграммы изобарного и изохорного процессов. Вывод уравнения Кирхгоффа. Физический смысл дифференциальной теплоемкости.
9	Теплоемкость истинная и средняя при постоянных давлении или объеме. Методы оценки и экспериментального определения. Эмпирические зависимости теплоемкости для веществ и соединений в конденсированном состоянии. Интерполяционные уравнения для расчета теплоемкости.
10	Необратимые самопроизвольные процессы. Примеры. Термодинамически обратимые процессы. Работа обратимого и необратимого процессов. Энтропия как функция состояния.
11	Теплота и работа в обратимых и необратимых процессах. Примеры с использованием диаграмм состояния. Энтропия и температура. Сущность и аналитическое выражение II начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
12	III начало термодинамики и вычисление абсолютной энтропии.
13	Химическое равновесие, энтропия и химическое сродство. Критерии направления процесса. Примеры на диаграммах состояния. Термодинамические потенциалы Гиббса и Гельмгольца.
14	Вывод уравнения Гиббса – Дюгема и фундаментальных уравнений Гиббса. Физический смысл и примеры различных форм записи уравнений Гиббса.
15	Изменение энергий Гиббса и Гельмгольца в химических процессах. Зависимость энергии Гиббса от химической переменной. Общее условие равновесия. Закон действующих масс в формулировке Зоммерфельда.
16	Вывод уравнения Больцмана – Планка. Расчет химического потенциала компонента в смеси с помощью положений статистической термодинамики.

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

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				
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

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
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
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Гребенников С. Ф., Ибрагимова Р. И.	Физическая химия. Курс лекций	СПб.: СПбГУПТД	2018	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222
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
Михаилиди А. М.	Физическая химия. Ч 1	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3584
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
Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Зайцева Е. И.	Физическая химия. Химическая термодинамика	СПб.: СПбГУПТД	2014	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1994
Михаилиди А. М.	Физическая химия. Ч 2	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3585
Смирнова А.И., Суставова Т.А., Липин В.А.	Физическая химия. Электрохимия	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20205059
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
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф.	Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 2. Химическое и фазовое равновесие	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	http://www.iprbookshop.ru/66612.html
Ибрагимова Р. И., Гребенников С. Ф., Новоселов Н. П., Зайцева Е. И., Холохонова Л. И.	Физическая химия. Органическая химия. Интерактивное лабораторное занятие	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017192
Степановских, Е. И., Виноградова, Т. В., Брусницына, Л. А., Алексеева, Т. А., Маскаева, Л. Н., Марков, В. Ф.	Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 1. Экстенсивные свойства гомогенных систем	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	http://www.iprbookshop.ru/66611.html
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
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

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.su/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.su/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 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