

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

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 12 мая 25 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Химическая технология органических веществ

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Филатова Елена Геннадьевна
Дата подписания: 09.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 11.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Дьячкова
Светлана Георгиевна
Дата подписания: 10.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 25 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физическая химия» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-4 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК ОС-4.2, ОПК ОС-4.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-4.2	Выполняет термохимические расчеты химических реакций, расчеты химического и фазового равновесия, используя приемы обработки экспериментальных данных и методы расчета основных физико-химических характеристик процессов	Знать строение вещества, природу химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире. Уметь – выполнять термохимические расчеты химических реакций, расчеты химического равновесия; – использовать современные численные методы для решения задач по химии; – использовать справочную литературу для выполнения расчетов. Владеть приемами обработки экспериментальных данных, методами расчетов основных физико-химических характеристик процессов.
ОПК ОС-4.3	Выполняет определение скорости и механизма химических реакций, используя современные численные методы для физико-химических расчетов	Знать основные понятия химической кинетики и основные представления о механизме химических реакций. Уметь – выполнять кинетические расчеты с использованием дифференциальной и интегральной форм основного кинетического уравнения; – использовать расчетные и графические методы для решения задач. Владеть приемами обработки кинетических данных, методами расчетов основных кинетических характеристик процессов.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физическая химия» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Основы общей и неорганической химии», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Коллоидная химия нефтяных дисперсных систем», «Технологии очистки стоков и выбросов нефтехимических предприятий», «Процессы и аппараты химической технологии»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Аудиторные занятия, в том числе:	128	64	64
лекции	64	32	32
лабораторные работы	32	16	16
практические/семинарские занятия	32	16	16
Контактная работа, в том числе	0	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	88	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Зачет	Зачет	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Химическая	1	8	1, 2	4	1, 2,	10	1, 2,	44	Отчет по

	термодинамика					3, 4, 5		3		лабораторной работе
2	Химическое равновесие	2	8	3	4	6	2			Отчет по лабораторной работе
3	Фазовое равновесие и некоторые свойства растворов	3	8	4, 5	4	7	2			Отчет по лабораторной работе
4	Свойства растворов электролитов	4	8	6, 7	4	8	2			Отчет по лабораторной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32		16		16		44	

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Электрохимическ ие системы	1	10	1, 2	4	1, 2, 3	6	1, 2, 3	44	Отчет по лаборатор ной работе
2	Химическая кинетика и катализ	2	12	3, 4, 5, 6, 7	10	4, 5, 6, 7	8			Отчет по лаборатор ной работе
3	Кинетика гетерогенных процессов	3	10	8	2	8	2			Отчет по лаборатор ной работе
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Химическая термодинамика	Цели и задачи дисциплины. Законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Изменения энтальпии и внутренней энергии в процессах для идеального газа. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры. Уравнение Кирхгофа. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса. Энтропия. Применение энтропии как критерия равновесия и направления самопроизвольных процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в различных процессах.

		Термодинамические свойства газов и газовых смесей. Постулат Планка. Объединенное выражение первого и второго начал термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам.
2	Химическое равновесие	Кинетическая и термодинамическая характеристики равновесного состояния системы. Константа равновесия. Способы выражения константы равновесия в гомогенных системах. Вычисление состава равновесной смеси, выхода продуктов. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое сродство. Стандартное химическое сродство и реакционная способность. Гетерогенное равновесие. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчет констант равновесия по справочным термодинамическим величинам. Химическое равновесие при различных температурах (метод Темкина – Шварцмана).
3	Фазовое равновесие и некоторые свойства растворов	Понятия «фаза», «компонент», «степень свободы». Правило фаз Гиббса и его применение для анализа равновесий в одно- и многокомпонентных системах. Однокомпонентные системы. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Моно- и энантиотропные фазовые переходы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью в жидком и твердом состояниях, с образованием конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся химических соединений. Физико-химический анализ. Термический анализ. Расчеты по диаграммам состояния. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Определение понятия «раствор». Экстенсивные и интенсивные свойства растворов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Энергия Гиббса и химический потенциал компонентов раствора. Классификация растворов. Идеальные растворы. Аддитивность экстенсивных свойств идеальных растворов (энтальпий, объемов, теплоемкостей). Химический потенциал компонентов идеального раствора. Давление насыщенного пара компонентов идеального раствора. Закон Рауля. Растворимость в идеальных растворах. Уравнение Шредера. Активность компонента раствора. Стандартные состояния компонентов раствора. Химический потенциал компонента неидеального раствора. Отклонения от закона Рауля и его причины. Растворимость газов,

		жидкостей и твердых тел в неидеальных растворах. Предельно разбавленные растворы.
4	Свойства растворов электролитов	Образование растворов электролитов. Сильные и слабые электролиты. Теория электролитической диссоциации. Термохимические эффекты в растворах электролитов. Электролитическая диссоциация воды. Теории межионного взаимодействия. Понятие активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Теория Дебая – Хюккеля. Расчет энергии межионного взаимодействия и коэффициентов активности. Основные механизмы переноса тока в растворах, расплавах и твердых электролитах. Электрическая проводимость растворов, вывод основных соотношений. Методы экспериментального измерения электрической проводимости электролитов. Подвижность ионов, ее зависимость от температуры, природы иона и вязкости растворителя. Числа переноса и методы их определения. Теории электрической проводимости в растворах электролитов. Диффузия в растворах электролитов. Законы Фика в растворах электролитов.

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Электрохимические системы	Химические источники тока. Электролизеры. Равновесные электродные потенциалы. Электроды электрохимических систем и их классификация. Типы электрохимических систем: физические, концентрационные, химические. Потенциометрия. Расчет термодинамических величин на основе измеренных обратимых ЭДС. Механизм образования ЭДС и природа электродного потенциала. Скачки потенциала в электрохимических системах. Электрокапиллярные явления. Строение двойного электрического слоя на границе электрод – раствор. Электролиз. Особенности электрохимических реакций. Химическое действие электрического тока. Сущность законов Фарадея. Выход вещества по току. Кинетика электродных процессов. ЭДС поляризации и электродная поляризация. Классификация поляризационных явлений. Концентрационная поляризация. Диффузионное перенапряжение. Теория диффузионного перенапряжения Нернста. Химическое (реакционное) перенапряжение. Роль химических стадий в кинетике электрохимических реакций. Общая характеристика фазового перенапряжения. Электрохимическое

		перенапряжение. Основы теории электрохимического перенапряжения. Теория замедленного разряда водорода.
2	Химическая кинетика и катализ	Понятие о скорости химической реакции, механизме реакции. Порядок и молекулярность реакции. Формальная и молекулярная кинетика. Константа скорости. Кинетически необратимые реакции первого и др. порядков. Период полураспада. Методы определения порядка и константы скорости простых реакций. Зависимость скорости и константы скорости химической реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Представления о механизме элементарного акта химической реакции. Теории химической кинетики: теория активных соударений, теория переходного состояния. Понятие сложных реакций. Стадии протекания сложных реакций. Лимитирующая стадия. Принцип независимого протекания отдельных элементарных стадий сложного химического процесса. Обратимые, параллельные, последовательные реакции; их кинетические особенности; методы определения порядков и констант элементарных актов. Гомогенный катализ общие закономерности. Кислотно-основной катализ. Гетерогенный катализ. Теория активных столкновений. Теория активированного комплекса.
3	Кинетика гетерогенных процессов	Диффузия. Законы Фика. Особенности и основные стадии гетерогенных реакций. Стационарный и нестационарный режимы. Кинетические уравнения гетерогенных реакций и определение их констант. Кинетическая и диффузионная области гетерогенных реакций.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение теплоты образования кристаллогидратов	2
2	Определение теплоты нейтрализации	2
3	Определение константы равновесия гомогенной химической реакции	4
4	Определение давления насыщенного пара индивидуальной жидкости	2
5	Определение критической температуры растворения в системе фенол – вода	2

6	Определение константы и степени электролитической диссоциации слабого электролита	2
7	Определение растворимости малорастворимой соли кондуктометрическим методом	2

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение среднего коэффициента активности электролита	2
2	Определение ЭДС гальванического элемента	2
3	Определение константы скорости восстановления йода пероксидом водорода	2
4	Определение константы скорости реакции омыления этилацетата щелочью	2
5	Определение порядка химической реакции способом изменения относительного количества реагентов	2
6	Изучение зависимости скорости химической реакции от температуры	2
7	Исследование кинетики автокаталитической реакции	2
8	Определение константы скорости гетерогенной реакции	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет теплоемкости индивидуального вещества по справочным данным	2
2	Тепловой эффект химической реакции	2
3	Влияние температуры на тепловой эффект химической реакции	2
4	Изменение энтропии в физических и химических процессах	2
5	Термодинамическая оценка возможности самопроизвольного протекания процесса	2
6	Расчет константы равновесия гомогенной химической реакции	2
7	Расчет составов и масс равновесных фаз по диаграммам состояния	2
8	Равновесие в растворах электролитов	2

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
---	---	----------------------------

1	Электрическая проводимость в растворах электролитов	2
2	Составление электрохимической цепи, расчет ЭДС и электродных потенциалов	2
3	Электролиз и электродное перенапряжение	2
4	Расчет кинетических параметров (порядка и константы скорости) химической реакции	2
5	Дифференциальные и интегральные методы определения порядка и константы скорости	2
6	Температурная зависимость скорости химической реакции	2
7	Определение типа сложных реакций	2
8	Области протекания гетерогенной реакции	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	14
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	14
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	16

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	14
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	14
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия является одним из видов интерактивных образовательных технологий. Представляет собой обсуждение, совместное исследование конкретной темы, задачи и явления между всеми участниками образовательного процесса. Проведение занятий-дискуссий стимулирует познавательную активность обучающихся, способствует более осмысленному освоению ими новых знаний посредством подготовки аргументации и защиты своей позиции по обсуждаемой теме.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Яковлева А. А. Физическая химия : учебное пособие / А. А. Яковлева, Е. В. Кудрявцева, 2015 - 176 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Филатова Е.Г. Физическая химия для химиков и технологов: учебное пособие / Е.Г. Филатова, В.Г. Соболева, 2022 - 106 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Филатова Е.Г. Физическая химия : электронный курс / Е. Г. Филатова
<https://el.istu.edu/course/view.php?id=1362>

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Подготовить отчет по лабораторной работе с теоретическим введением по теме выполняемой работы и решенным индивидуальным заданием.

Критерии оценивания.

При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического и практического материала необходимого для выполнения исследования.

6.1.2 семестр 4 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Подготовить отчет по лабораторной работе с теоретическим введением по теме выполняемой работы и решенным индивидуальным заданием.

Критерии оценивания.

При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического и практического материала необходимого для выполнения исследования.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-4.2	Владеет методами расчетов основных физико-химических характеристик	Устное собеседование по

	процессов. Применяет современное оборудование и приборы для выполнения эксперимента	теоретическим вопросам, выполнение контрольных задач
ОПК ОС-4.3	Владеет методами расчетов основных кинетических характеристик процессов. Применяет современное оборудование и приборы для выполнения эксперимента	Устное собеседование по теоретическим вопросам, выполнение контрольных задач

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Вопросы опроса охватывают весь пройденный материал программы в 3 учебном семестре. Студенту задаются два четко сформулированных вопроса из различных разделов, тем программы, рассчитанных по объему на ответ студента в течение до 15 минут. Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы по программе данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ.

Пример задания:

1. Энтропия, энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии направленности процесса.
2. Азеотропные смеси. Второй закон Коновалова.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знания основных законов естественнонаучных дисциплин и использует их в практической деятельности.	Не демонстрирует знания основных законов естественнонаучных дисциплин и не использует их в практической деятельности.

6.2.2.2 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Во время сессии после завершения семестра № 4 обучающийся сдает экзамен по билетам (образец прилагается). После подготовки к ответу обучающийся отвечает экзаменатору по вопросам билета, а также на дополнительные вопросы.

Пример задания:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_____

по дисциплине_ «Физическая химия»

1. Теории химической кинетики. Теория активных столкновений
2. Электроды электрохимических систем и их классификация. Окислительно-восстановительные электроды._

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Сформированное умение использовать аппарат химической науки для описания химических и физико-химических процессов; прогнозировать и определять кинетические характеристики химических реакций.	Недостаточно глубоко сформировано умение использовать аппарат химической науки для описания химических и физико-химических процессов; прогнозировать и определять кинетические характеристики химических реакций.	Удовлетворительно сформировано умение использовать аппарат химической науки для описания химических и физико-химических процессов; прогнозировать и определять кинетические характеристики химических реакций	Не сформировано умение использовать аппарат химической науки для описания химических и физико-химических процессов; прогнозировать и определять кинетические характеристики химических реакций.

7 Основная учебная литература

1. Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2009. - 526.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Эткинс. Физическая химияРавновесная термодинамика, 2007. - 494.
2. Жуховицкий А. А. Физическая химия : учеб. для вузов по металлург. специальностям / А. А. Жуховицкий, Л. А. Шварцман, 2001. - 686.
3. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. - 511.
4. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. - 318.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office Professional Plus 2013

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Шкаф вытяжной 1500 ШВ-2-KrO"Квадро"
2. Весы лабораторные ЕК300i
3. Термостат LT-108a
4. кондуктомер Эксперт -002
5. фотоколориметры КФК-3
6. сушильный шкаф
7. Прибор универсальный 4383
8. 12447 Иономер ЭВ-74
9. Дозатор многоканальный 50-300 мкл (в компл. с наконечниками)
10. Шкаф вытяжной 1500 ШВ-2-KrO"Квадро"
11. 13394 Потенциометр Р-307
12. 312307 Колориметр КФК-2
13. Лабораторный рН-метр ИПЛ-301
14. Иономер И-160МИ
15. кондуктомер Эксперт
16. рефрактометр ИРФ-471
17. кондуктомер Эксперт
18. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01
19. 310299 Ультратермостат ИТИ 4-84

20. Анализатор жидкости "Флюорат-02-5М"