

**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»

Научная специальность: 1.4.4 Физическая химия

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Яковлева Ариадна
Алексеевна
Дата подписания: 07.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
: Евстафьев Сергей Николаевич
Дата подписания: 09.06.2025

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 результатов освоения программы аспирантуры

Код, наименование результата освоения программы	Код, наименование результата освоения дисциплины (модуля)
Р-1 Готовность к самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности на основании способности к генерированию новых идей и поиска нестандартных решений в профессиональной деятельности	Р-1.3 Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код наименования результата освоения дисциплины (модуля)	Результат обучения
Р-1.3 - Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии	<p>Знать - теоретические основы физико-химических закономерностей основных технологических процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы наиболее актуальных направлений исследований в современной теоретической и экспериментальной химии; - теоретические основы научной методологии, методов и научных решений в области физической химии <p>Уметь - выбирать и применять знания физической химии;</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать и применять на практике знания научной методологии, методов и научных решений в области физической химии; - применять знания физико-химических закономерностей основных технологических процессов на различных этапах выполнения НИР; - использовать теоретические

	<p>знания различных разделов физической химии (на этапе планирования, выполнения, обработки экспериментальных результатов НИР, на этапе разработки рекомендаций к использованию результатов НИР и на этапе прохождения практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)</p> <p>Владеть - способами применения знаний физической химии в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.</p> <ul style="list-style-type: none"> - способами выбора и применения методологии научных исследований в области физической химии; - методикой использования профессиональных знаний и навыков; - навыками использовать в своей работе представления о наиболее актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии
--	--

2 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	216	216
Аудиторные занятия, в том числе:	60	60
лекции	36	36
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	24	24
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	120	120
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Кандидатский экзамен по спец. дисциплине	Кандидатский экзамен по спец.

		дисциплине
--	--	------------

3 Структура и содержание дисциплины

3.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ 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	Термодинамическое описание состояния системы	1	6			1	10	1, 2, 3	45	Собеседование
2	Принцип минимума энергии	2	6					1, 2	15	Решение задач
3	Химическое равновесие	3	6			2	4	1, 2	15	Решение задач
4	Фазовое равновесие	4	6			3	4	1, 2	15	Решение задач
5	Химическая кинетика	5	6			4	6	1, 2	15	Решение задач
6	Теории химической кинетики	6	6					1, 2	15	Решение задач
	Промежуточная аттестация								36	Кандидатский экзамен по спец. дисциплине
	Всего		36				24		156	

3.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Термодинамическое описание состояния системы	Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса
2	Принцип минимума энергии	Объединенное выражение первого и второго начал термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам
3	Химическое равновесие	Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Термодинамические характеристики равновесного состояния системы. Константа равновесия. Вычисление состава равновесной смеси, выхода продуктов. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое сродство. Стандартное химическое сродство и

		реакционная способность
4	Фазовое равновесие	Правило фаз Гиббса и его применение для анализа равновесий в одно- и многокомпонентных системах. Графические способы изображения состава и состояния трехкомпонентных систем. Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися фазами. Процессы на границе раздела фаз
5	Химическая кинетика	Кинетическая классификация химических реакций. 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
6	Теории химической кинетики	Зависимость скорости и константы скорости химической реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Представления о механизме элементарного акта химической реакции

3.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

3.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Термодинамические параметры системы	10
2	Материальные балансы системы при химическом равновесии	4
3	Материальные балансы системы при фазовом равновесии	4
4	Расчет кинетических параметров системы	6

3.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	60
2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	30
3	Проработка разделов теоретического материала	30

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

4 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

4.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Яковлева А. А. Физическая химия : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / А. А. Яковлева, Е. В. Кудрявцева, 2007. - 107.

4.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Яковлева А. А. Физическая химия : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / А. А. Яковлева, Е. В. Кудрявцева, 2007. - 107.

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

5.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

5.1.1 семестр 7 | Собеседование

Описание процедуры.

Во время устного собеседования преподаватель задает обучающемуся не более трех четко сформулированных вопросов из различных разделов и тем программы, рассчитанных по объему на ответ в течение до 10 минут. Вопросы опроса охватывают весь пройденный материал программы. Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задачи и примеры по программе

Критерии оценивания.

Обучающийся демонстрирует владение и грамотное использование основных понятий и терминов дисциплины, ответы на вопросы отличаются грамотностью и полнотой. Демонстрирует умение анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в областях химической термодинамики и химической кинетики. В этом случае он получает допуск к экзамену

5.1.2 семестр 7 | Решение задач

Описание процедуры.

В течение семестра обучающийся выполняет практические задания по большинству разделов и тем дисциплины. Название и тема задания отражаются на титульном листе отчета. На практических занятиях преподаватель объясняет обучающимся практические аспекты прослушанного на лекции теоретического материала, обсуждаются алгоритмы решения, методы обработки экспериментальных данных, оценка погрешностей, теория размерности. На занятиях обучающиеся учатся использовать справочную литературу для выполнения расчётов, использовать основные методы построения математической модели и описания экспериментальных зависимостей, использовать теоретические знания физической химии для решения практических задач. После проведения аудиторных практических занятий обучающийся получает задание по решению типовых задач для СРС.

Если обучающийся демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической

термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы, полно и грамотно разбирается во всех темах дисциплины, при собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно, то его отчеты по практическим работам считаются защищенными

Критерии оценивания.

К завершению семестра обучающийся должен выполнить запланированное количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра. Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающиеся должны научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ. Отчет по практическим работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам

5.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

5.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания результата освоения дисциплины (модуля) в рамках промежуточной аттестации

Код и наименование результата освоения дисциплины (модуля)	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
Р-1.3 Способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии	Развернуто и содержательно отвечает на вопросы. Отвечает на дополнительные вопросы, демонстрирует знание и способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументированно отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии	Раздел I. Равновесная термодинамика. Физические превращения в индивидуальных веществах. 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.

		<p>Теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса. 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. Расчет абсолютной энтропии вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Расчет изменения энтропии химических реакций по справочным данным при различных температурах. Теория устойчивости Гиббса. Минимум энергии Гиббса.</p>
--	--	--

		<p>Объединенное выражение первого и второго начал термодинамики. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Статистическая формулировка второго начала термодинамики. Термодинамическое описание смесей. 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</p>
--	--	---

		<p>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. Осмотическое давление. Предельно разбавленные растворы. Фугитивность компонентов предельно разбавленных растворов. Фазовые диаграммы. Понятия «фаза», «компонент», «степень свободы». Правило фаз Гиббса и его</p>
--	--	---

		<p> применение для анализа равновесий в одно- и многокомпонентных системах. Однокомпонентные системы. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Моно- и энантиотропные фазовые переходы. Фазовые равновесия для растворов летучих жидкостей. Законы Коновалова. Правила Вревского. Давление пара над смесью взаимно нерастворимых и ограниченно смешивающихся жидкостей. Фракционная перегонка растворов. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью в жидком и твердом состояниях, с образованием конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся химических </p>
--	--	---

		<p>соединений. Физико-химический анализ. Термический анализ. Расчеты по диаграммам состояния. Трехкомпонентные системы. Графические способы изображения состава и состояния трехкомпонентных систем. Закон распределения растворенного вещества между двумя несмешивающимися фазами. Физико-химические основы экстракции. 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</p>
--	--	---

		<p>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. Расчет химических равновесий при различных температурах по методу Темкина – Шварцмана. Раздел II. Химическая кинетика и катализ. Химические превращения. Скорость химической реакции. Кинетическая классификация химических реакций. Кинетическая классификация химических реакций. Понятие о скорости химической реакции,</p>
--	--	--

		<p> 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 кинетике: теория активных соударений, теория переходного состояния. Понятие сложных реакций. Стадии протекания сложных реакций. Лимитирующая </p>
--	--	--

		<p>стадия. Принцип независимого протекания отдельных элементарных стадий сложного химического процесса. Обратимые, параллельные, последовательные реакции; их кинетические особенности; методы определения порядков и констант элементарных актов. Кинетика гетерогенных процессов. Лимитирующие стадии. Области протекания реакции. 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. Влияние нагревания и перемешивания на процессы, протекающие в</p>
--	--	--

		диффузионной и кинетической областях. Гетерогенный катализ.
--	--	--

5.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

5.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для кандидатского экзамена по спец. дисциплине

5.2.2.1.1 Описание процедуры

Кандидатский экзамен аспирант сдает по билетам (образец прилагается). Прием кандидатского экзамена осуществляет Государственная Экзаменационная Комиссия, председатель которой утверждается Министерством науки и высшего образования. После подготовки к ответу обучающийся отвечает по вопросам билета, после чего члены ГЭК задают дополнительные вопросы, в том числе по сути подготовленной к защите диссертации.

Пример задания:

Министерство науки и высшего образования РФ

Иркутский национальный
исследовательский технический университет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

по дисциплине_ Физическая химия _____
Направление: _____ аФХ _____

- 1._ Основные термодинамические характеристики системы _____
- 2._ Знания физической химии как теоретическая база при решении экологических проблем. _____
- 3._ Материальные балансы при химических превращениях. _____

-

5.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
Развернуто и содержательно отвечает на вопросы. Отвечает на дополнительные вопросы, демонстрирует знание	Развернуто и содержательно отвечает на вопросы, но иногда делает ошибки. Отвечает на дополнительные вопросы,	Неполно отвечает на вопросы, часто делает ошибки Отвечает на дополнительные вопросы, демонстрирует знание и способность	Способности применять в самостоятельной научно-исследовательской деятельности знания физической химии не выявляются

<p>и способность применять системные теоретические знания для анализа, верификации, оценки процессов, происходящих в профессиональной сфере, а также умение аргументировано отстаивать собственную позицию в ходе научной дискуссии</p>	<p>демонстрирует знание и способность применять в самостоятельной научно-исследовательской деятельности знания физической химии, но иногда затрудняется</p>	<p>применять в самостоятельной научно-исследовательской деятельности знания физической химии, однако правильный ответ не формируется без подсказки со стороны преподавателя</p>	
---	---	---	--

6 Основная учебная литература

1. Стромберг А. Г. Физическая химия : учеб. для вузов по хим. специальностям / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2006. - 526.
2. Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2009. - 526.
3. Кудряшева Н. С. Физическая химия : учебник для бакалавров / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева, 2012. - 340.

7 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Эткинс. Физическая химия Равновесная термодинамика, 2007. - 494.
2. Даниэльс Ф. Физическая химия : пер. с англ. / Ф. Даниэльс, Р. Олберти, 1978. - 645.
3. Яковлева А. А. Физическая химия : учебное пособие / А. А. Яковлева, 2004. - 60.
4. Современное естествознание : энциклопедия: В 10т. Т. 1. Физическая химия/Ред. Г. Ф. Воронин / Гл. ред. [и авт. предисл.] В. Н. Соيفер, 2000
5. Яковлева А. А. Физическая химия : учебное пособие / А. А. Яковлева, 2004. - 59.
6. Физическая химия : в 2 кн. / под ред. К. С. Краснова. Кн. 2 : Электрохимия. Химическая кинетика и катализ, 2001. - [320].
7. Борщевский. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник в 2 томах. Т. 2 : Статистическая термодинамика, 2019. - [383].

8 Ресурсы сети Интернет

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

9 Профессиональные базы данных

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

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

1. Microsoft Windows Server CAL 2008 Russian Academic OPEN 1 License No Level Device CAL Device CAL
2. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

11 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор мультимедийный Optoma EH400 DLP, Full HD (1920*1080) 4000ANSI Lm 22000:1
2. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5 2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
3. Настенный экран DaLite 175*234
4. Интерактивная доска TRIUMPH BOARD MULTI TOUCH NEW 78