

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет
Кафедра Химии

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей
Геннадьевич

«___» _____ 20____
г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 Неравновесная термодинамика
на 144 часа(ов), 4 зачетных(ые) единиц(ы)
для направления подготовки (специальности) 04.04.01 - Химия

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
«___» _____ 20____ г. №____

Профиль – Коллоидная химия (для набора 2022)
Форма обучения: Очная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

формирование логически обоснованного массива теоретических знаний в области неравновесной термодинамики, объединяющей классическую термодинамику и феноменологическую теорию переноса теплоты, массы, электричества

Задачи изучения дисциплины:

- 1) получить знания об основных законах неравновесной термодинамики и их статистического обоснования;
- 2) ознакомиться с неравновесным термодинамическим подходом к решению фундаментальных и прикладных физических задач

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.1.1 «Неравновесная термодинамика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла ООП по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (квалификация – магистр). Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам «Физическая химия», «Физика», «Математика». Дисциплина изучается на _1_ курсе в _2_ семестре.

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часов.

Виды занятий	Семестр 2	Всего часов
Общая трудоемкость		144
Аудиторные занятия, в т.ч.	32	32
Лекционные (ЛК)	16	16
Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	16	16
Лабораторные (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	112	112
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	0
Курсовая работа (курсовой		

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
УК-1	УК-1.1. Осуществляет поиск информации, необходимой для решения проблемных ситуаций	Знать: алгоритм поиска информации, необходимой для решения проблем в области неравновесной термодинамики Уметь: искать информацию, необходимую для решения проблем в области неравновесной термодинамики Владеть: навыками поиска информации, необходимой для решения проблем в области неравновесной термодинамики
УК-2	УК-2.3. Публично представляет результаты проекта	Знать: способы публичного представления проекта по неравновесной термодинамике Уметь: публично представлять проекты, презентации по

		неравновесной термодинамике Владеть: навыками публичного представления проектов, презентаций по неравновесной термодинамике
ОПК-2	ОПК-2.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	Знать: способы интерпретации результатов экспериментов и расчетов с использованием теоретических основ неравновесной термодинамики Уметь: интерпретировать результаты экспериментов и расчетов с использованием теоретических основ неравновесной термодинамики Владеть: навыками интерпретации результатов экспериментов и расчетов с использованием теоретических основ неравновесной термодинамики
ПК-1	ПК-1.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	Знать: алгоритм подготовки проектов планов и программ отдельных этапов НИР по неравновесной

		термодинамике Уметь: готовить проекты планов и программ отдельных этапов НИР по неравновесной термодинамике Владеть: навыками поподготовки проектов планов и программ отдельных этапов НИР по неравновесной термодинамике
ПК-5	ПК-5.2. Знает, воспроизводит, понимает основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности; ориентируется и применяет при решении конкретной управленческой задачи методы теоретического и практического анализа профессиональной деятельности	Знать: основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности неравновесной термодинамики Уметь: применять основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности неравновесной термодинамики Владеть: навыками применения основных законов, нормативных документов, принципов промышленной безопасности неравновесной

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
					ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	
1	1.1	Введение в неравновесную термодинамику	Введение в дисциплину. Основы неравновесной термодинамики	36	4	4	0	28
2	2.1	Линейная неравновесная термодинамика	Теоретические основы неравновесной термодинамики	36	4	4	0	28
3	3.1	Нелинейная термодинамика	Термодинамические процессы. Нелинейные процессы	36	4	4	0	28
4	4.1	Применение неравновесной термодинамики для анализа сложных природных явлений	Диссипативные структуры. Перспективы неравновесной термодинамики	36	4	4	0	28
Итого				144	16	16	0	112

3.2. Содержание разделов дисциплины

3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Введение в	Понятия, определения и основные	2

		дисциплину	постулаты линейной термодинамики неравновесных процессов	
	1.1	Основы неравновесно й термодинамик и	Вариационные принципы неравновесной термодинамики	2
2	2.1	Теоретическ е основы неравновесно й термодинамик и	Теория неравновесных векторных процессов	2
	2.1	Теоретическ е основы неравновесно й термодинамик и	Термодинамические потоки и силы.	2
3	3.1	Термодинами ческие процессы	Термодинамические процессы в открытых неравновесных системах	2
	3.1	Нелинейные процессы	Нелинейные неравновесные процессы и нелинейные динамические уравнения	2
4	4.1	Диссипативны е структуры	Диссипативные структуры в существенно неравновесных процессов	2
	4.1	Перспективы неравновесно й термодинамик и	Развитие и перспективы теории нелинейной термодинамики	2

3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Неравновесны е процессы	Неравновесные процессы в однородных системах на примере закономерностей протекания химических реакций. Линеаризация дифференциальных уравнений	2

			химической кинетики	
	1.1	Диффузионные явления	Стохастическая интерпретация динамических уравнений линейной неравновесной термодинамики. Диффузионные явления, связь между коэффициентом диффузии в различных системах отсчета	2
2	2.1	Приложения неравновесной термодинамики	Построение температурной зависимости теплопроводности воздуха методом измерения термодинамических потоков. Некоторые вопросы электрохимии с позиции неравновесной термодинамики	2
	2.1	Термодинамические силы	Движение тела в диссипативной среде. Способы вычисления термодинамических сил	2
3	3.1	Термодинамика нелинейных систем	Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений. Устойчивость решений по Ляпунову. Модифицированные уравнения Онсагера для сопряженных процессов вдали от равновесия	2
	3.1	Вариационный принцип	Примеры диссипативных структур: уравнения Лоттки-Вольтерра, реакция Белоусова-Жаботинского. Применение общего вариационного принципа к движению вязкой жидкости	2
4	4.1	Структурообразование и термодинамические факторы	Компьютерное моделирование процессов неравновесного структурообразования. Трансформация областей диаграмм состояния при нарушении стационарности внешних и внутренних термодинамических факторов	2
	4.1	Применение неравновесной термодинамики	Применение теории неравновесной термодинамики к задачам устойчивости коллоидных систем. Изучение явлений структурной самоорганизации при закалке и	2

			облучении металлов	
--	--	--	--------------------	--

3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)

3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

Модуль	Номер раздела	Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной деятельности	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Вариационные принципы неравновесной термодинамики: принцип наименьшего производства энтропии, интегральный принцип Дьярмати. Связь принципов Онсагера и Пригожина.	Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов	14
	1.1	Основы тензорной алгебры. Тензор напряжений. Тензор давлений. Уравнение баланса импульса. Понятие о жидкостях с неньютоновской реологией. Бингамовские жидкости	Работа с электронными образовательными ресурсами	14
2	2.1	Методы Лагранжа и Эйлера. Общее уравнение баланса произвольной экстенсивной величины в локальной и субстанциональной формах. Уравнения баланса массы для многокомпонентных континуумов. Диффузионные потоки и характерные скорости.	Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов	14

		Преобразование диффузионных потоков.		
	2.1	Диссипативная функция для состояния близкого к равновесию. Диффузионный перенос через мембраны. Диссипативная функция для изотермического мембранного транспорта. Объемный и диффузионный потоки	Обработка и анализ полученных данных, Написание отчета	14
3	3.1	Основные положения нелинейной термодинамики и теории диссипативных структур.	Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов	14
	3.1	Примеры диссипативных структур: ячейки Бенара, колебательная реакция Белоусова, Лазер. Универсальный критерий эволюции Глендсдорфа и Пригожина.	Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов с презентацией	14
4	4.1	Мартенситное превращение в сплавах на основе Fe, Cu, Ag, Au.	Обработка и анализ полученных данных, Написание отчета	14
	4.1	Гиперравновесное структурообразование при лазерном облучении стали, формировании «белых слоев». Тепловая конвекция как прототип явлений самоорганизации.	Подготовка к собеседованию Подготовка электронных презентаций.	14

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. 1. Основы физической химии. Теория и задачи : учеб. пособие / Еремин Вадим Владимирович [и др.]. - Москва : Экзамен, 2005. - 480 с.
2. 2. Базаров, Иван Павлович. Термодинамика : учебник / Базаров Иван Павлович. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1991. - 376 с.
3. 3. Дьярмати, Иштван. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы / Дьярмати Иштван; пер. с англ. М.В. Коробова; под ред. В.К. Семенченко. - Москва : Мир, 1974. - 304 с.
4. 4. Гроот де С. Неравновесная термодинамика / Гроот де С., П. Мазур; пер. с англ., под ред. Д.Н. Зубарева. - Москва : Мир, 1964. - 456 с.

5.1.2. Издания из ЭБС

1. 5. Пригожин, И. Химическая термодинамика: : научное издание/ / И. Пригожин, Р. Дефэй, В. А. Михайлова; И. Пригожин, Р. Дефэй ; пер. с англ. под ред. В. А. Михайлова. - 2-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. - 533б

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

1. 6. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации / Г. Николис, И. Пригожин; пер. с англ., под ред. Ю.А. Чизмадзе. - Москва : Мир, 1979. - 512 с.
2. 7. Пригожин, И. Неравновесная статистическая механика / И. Пригожин; пер. с англ. В.А. Белокося, В.А. Угарова; под ред. Д.Н. Зубарева. - Москва : Мир, 1964. - 314 с.

5.2.2. Издания из ЭБС

1. 8. Ефремов, Юрий Сергеевич. Статистическая физика и термодинамика : Учебное пособие / Ефремов Юрий Сергеевич; Ефремов Ю.С. - 2-е изд. - Computer data. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 207. Ссылка на ресурс: <https://www.biblioonline.ru/book/38A30CB7-9FEA-44E7-AF1E-7B7E7FB9551A>.
2. 9. Прошкин, Станислав Станиславович. Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : Учебное пособие / Прошкин Станислав Станиславович; Прошкин С.С., Самолетов В.А., Ниженский Н.В. - 2-е изд. - Computer data. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 467.
3. 10. Белов, Глеб Витальевич. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : Учебник и практикум / Белов Глеб Витальевич; Белов Г.В. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 264. Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/B978FA69-78BE-4FD8-B1EEF1D7668ED1A7>
4. 11. Белов, Глеб Витальевич. Термодинамика в 2 ч. Часть 2 : Учебник и практикум / Белов Глеб Витальевич; Белов Г.В. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 248. Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/94655C99-F5E1-41FB-8A0D-4849400DA873>

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Название	Ссылка
Электронная библиотека по химии	http://www.chem.msu.su/rus/elibrary .
Химик.ру – сайт о химии	http://www.xumuk.ru/bse/3009.html .
Алхимик. Сайт кафедры неорганической химии МИТХТ им. М.В. Ломоносова	http://www.alhimik.ru/

6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МераПро".

Программное обеспечение специального назначения:

- 1) Google Chrome
- 2) Kaspersky Endpoint Security
- 3) Mathematica Standart Version Education

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для промежуточной аттестации	
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре
Учебные аудитории для текущей аттестации	

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Самостоятельная работа по дисциплине Б1.В.ДВ.1.1 «Неравновесная термодинамика» проводится с использованием электронных образовательных ресурсов. Подготовка к практическим занятиям предполагает самостоятельное прочтение лекционного материала, работу с электронными образовательными ресурсами, а также повторение тем ранее изученных дисциплин «Физическая химия» и «Математика».

Разработчик/группа разработчиков:
Ольга Николаевна Дабижа

Типовая программа утверждена

Согласована с выпускающей кафедрой
Заведующий кафедрой

_____ «___» _____ 20___ г.