

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 15.05.2026 12:28:37

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕРМОДИНАМИКА НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.04.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» входит в программу магистратуры «Фундаментальная и прикладная химия» по направлению 04.04.01 «Химия» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Кафедра физической и коллоидной химии. Дисциплина состоит из 5 разделов и 12 тем и направлена на изучение общих закономерностей систем, в которых протекают термодинамически необратимые процессы, к которым относятся передача теплоты, диффузия, химические реакции, перенос электрического тока. Основные отличия неравновесной термодинамики от равновесной термодинамики заключаются в том, что термодинамические параметры системы изменяются во времени и имеют разные значения в различных точках системы, т. е. зависят от координат.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний основных законов неравновесных (необратимых) процессов, эволюции неравновесных диссипативных систем, понимания возможности применения законов неравновесной термодинамики в решении конкретных теоретических и практических задач.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.1 Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий; ПК-1.2 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» относится к блоку по выбору блока образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-		Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Экспериментальные методы

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках		исследования в химии; Домино-реакции в синтезе гетероциклов; Химия природных соединений; Основы дизайна лекарственных препаратов; Химия гетероциклических соединений; Domino-reactions in the synthesis of heterocycles; Fundamentals of design of drugs; Chemistry of Heterocyclic Compounds; Физико-химический анализ; Бионеорганическая химия; Адсорбция; Физико-химия поверхности и хемосорбция; Современные проблемы менеджмента в химии; Химия окружающей среды; Стереохимия; Химия твердого тела; Применение хроматографии в катализе; Stereochemistry; Chemistry of Natural Compounds; Молекулярный спектральный анализ; ЯМР органических соединений; Molecular spectral analysis; NMR of organic compounds; Физические методы исследования веществ и материалов; Металлоорганическая химия; Нанохимия;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» составляет «2» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	36		36
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	18		18
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	72	72
	зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Введение.	1.1	История развития термодинамики неравновесных процессов	История развития термодинамики неравновесных процессов: от тепловых двигателей до космологии.	ЛК
		1.2	Основные понятия равновесной термодинамики	Основные понятия равновесной термодинамики. Неравновесные системы: линейный и нелинейный случаи Типы неравновесных систем.	ЛК
Раздел 2	Первый и второй законы термодинамики.	2.1	Законы сохранения в механике и термодинамике	Сохранение массы, импульса, полной энергии. Первый закон термодинамики в случае отсутствия внешних сил. Случай наличия внешних сил.	ЛК
		2.2	Термодинамика химических реакций и тепловых машин	Сохранение энергии в химических реакциях (закон Гесса). Теорема Карно. Карно, диаграмма энтропия- температура. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Баланс энтропии.	ЛК
Раздел 3	Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. Линейная неравновесная термодинамика.	3.1	Производство энтропии: теплопроводность, диффузия, химическая реакция	Энтропия, произведенная в системе необратимыми процессами. Термодинамические силы и потоки. Производство энтропии и её выражение для теплопроводности, диффузии, химической реакции	ЛК
		3.2	Принципы линейной термодинамики необратимых процессов	Принцип локального равновесия. Линейные соотношения между силами и потоками. Принцип симметрии Кюри. Соотношения взаимности Онзагера.	ЛК
		3.3	Термоэлектрические и электрокинетические явления. Термодиффузия	Термоэлектрические явления (эффект Зеебека, эффект Пельтье). Электрокинетические явления. Термодиффузия.	ЛК
Раздел 4	Неравновесные состояния и их устойчивость.	4.1	Флуктуации и устойчивость термодинамических систем	Параметры состояния и их флуктуации. Вероятность флуктуации Теория устойчивости Гиббса. Условия тепловой, механической и химической устойчивости изолированной системы.	ЛК
		4.2	Флуктуации, энтропия и критические явления	Критические явления. Термодинамическая теория флуктуаций Эйнштейна. Микроскопическая обратимость. Принцип минимума возникновения (производства) энтропии. Энтропия и случайные величины.	ЛК
		4.3	Устойчивость неравновесных стационарных состояний	Стационарные состояния. Устойчивость неравновесных стационарных состояний (теория Ляпунова)	
Раздел 5	Эволюция неравновесных	5.1	Диссипативные структуры и	Конструктивная роль необратимых процессов. Диссипативные	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
	диссипативных систем.		самоорганизация	структуры. Бифуркация. Химические колебания как пример диссипативной структуры. Реакция Белоусова – Жаботинского.	
		5.2	Автоколебания, хаос и эволюция в катализе и биохимии	Автоколебания в катализе. Пример простой реакции автокатализа. Структурная неустойчивость и биохимическая эволюция. Детерминированный хаос.	ЛК

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717. Microsoft Office 365 ProPlus Код продукта 00202-50232-17683-AA087
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717. Microsoft Office 365 ProPlus Код продукта 00202-50232-17683-AA087

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Пармон, В. Н. Введение в термодинамику неравновесных процессов для химиков : учебное пособие для вузов / Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 372 с.

2. Современная термодинамика: от тепловых двигателей до диссипативных структур: Учебник / И. Пригожин, Д. Кондепуди; Пер. с англ. Ю.А. Данилова, В.В. Белого под ред. Е.П. Агеева. - М.: Мир, 2002 <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

3. Пригожин И.Р., Дефэй Р Химическая термодинамика /Пер. с англ. под ред. В.А.Михайлова. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 - 533 <https://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

Дополнительная литература:

1. Агеев Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах: Учебное издание для студентов, аспирантов и преподавателей химических специальностей. -М.: Эдиториал УРСС, 2001.- 136

[https://dl.booksee.org/genesis/105000/99101c38c0d1d898bb9cfa714978be2c/_as/\[Ageev_E.P.\]_Neravnovesnaya_termodinamika_v_vopros\(BookSee.org\).pdf](https://dl.booksee.org/genesis/105000/99101c38c0d1d898bb9cfa714978be2c/_as/[Ageev_E.P.]_Neravnovesnaya_termodinamika_v_vopros(BookSee.org).pdf)

2. Пармон В.Н. Лекции по термодинамике неравновесных процессов для химиков: Учебное пособие, Новосиб.. Гос.университет. 2004 – 296 с. https://fen.nsu.ru/posob/phys_ch/neravnoves.pdf

3. Борщевский, А. Я. Физическая химия: энтропия: учебное пособие /Москва :

ИНФРА-М, 2024. — 298 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор кафедры
физической и коллоидной
химии

Должность, БУП

Подпись

Михаленко Ирина
Ивановна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой
физической и коллоидной
химии

Должность БУП

Подпись

Чередниченко Александр
Генрихович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой
органической химии

Должность, БУП

Подпись

Воскресенский Леонид
Геннадьевич

Фамилия И.О.