

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
по направлению 04.00.00 «Химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

ТЕРМОДИНАМИКА НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ

Рекомендуется для направления подготовки

04.04.01 «ХИМИЯ»

Направленность программы (профиль)

«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

1. Цели и задачи дисциплины:

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

Основной задачей освоения дисциплины является формирование компетенций, которые дадут возможность студентам эффективно применять в профессиональной деятельности полученные знания, умения и навыки.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» относится к вариативной части блока 1 модуля 3 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Универсальные компетенции			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика НИР	Актуальные задачи современной химии Нанохимия Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе НИР Преддипломная практика
Профессиональные компетенции			
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика НИР	Нанохимия Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе НИР Преддипломная практика
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика НИР	Нанохимия Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды

		Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе НИР Преддипломная практика
--	--	--

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям; УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основы современных теорий в области термодинамики неравновесных процессов и её применения для решения теоретических и экспериментальных задач в любых областях химии; получаемая из термодинамики информация чрезвычайно важна вследствие её общности;
- связь процессов с фиксируемыми на опыте изменениями макропараметров системы;
- перспективы развития неравновесной термодинамики как теоретической базы описания свойств биосферы с неравновесным состоянием потоков энергии, синтетической химии, материаловедения (в неравновесных условиях можно получать новые материалы) и биологии.

Уметь:

- применять теоретические законы к решению различных прикладных задач, проводить физико-химические эксперименты, использовать современную справочную литературу, способы математической обработки результатов работы и их обобщение;
- применять основные законы термодинамики равновесных и неравновесных процессов для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;
- планировать эксперимент, систематизировать и обобщать полученные результаты, сравнивать их с уже имеющимися литературными данными.
-

Владеть:

- навыками проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов;
- навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов;
- методами оценки основных параметров равновесной и неравновесной системы с использованием известных физико-химических моделей;
- навыкам теоретического анализа флуктуаций и конструктивной роли необратимости в сильно неравновесных системах.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		2			
Аудиторные занятия (всего)	32	32			
В том числе:					
<i>Лекции</i>	16	16			
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	76	76			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

5. Содержание дисциплины**5.1. Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Введение	Основные понятия равновесной термодинамики. Неравновесные системы: линейный и нелинейный случаи. Типы неравновесных систем. История развития термодинамики неравновесных процессов: от тепловых двигателей до космологии.

2.	Первый и второй законы термодинамики.	Сохранение массы, импульса, полной энергии. Первый закон термодинамики в случае отсутствия внешних сил. Случай наличия внешних сил. Сохранение энергии в химических реакциях (закон Гесса). Теорема Карно. Цикл Карно, диаграмма энтропия-температура. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Баланс энтропии.
3	Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. Линейная неравновесная термодинамика.	Энтропия, произведенная в системе необратимыми процессами. Термодинамические силы и потоки. Производство энтропии и её выражение для теплопроводности, диффузии, химической реакции. Принцип локального равновесия. Линейные соотношения между силами и потоками. Принцип симметрии Кюри. Соотношения взаимности Онзагера. Термоэлектрические явления (эффект Зеебека, эффект Пельтье). Электрокинетические явления. Термодиффузия.
4	Неравновесные состояния и их устойчивость	Параметры состояния и их флуктуации. Вероятность флуктуации Теория устойчивости Гиббса. Условия тепловой, механической и химической устойчивости изолированной системы. Критические явления. Термодинамическая теория флуктуаций Эйнштейна. Микроскопическая обратимость. Принцип минимума возникновения (производства) энтропии. Энтропия и случайные величины. Стационарные состояния. Устойчивость неравновесных стационарных состояний (теория Ляпунова).
5	Эволюция неравновесных диссипативных систем.	Конструктивная роль необратимых процессов. Диссипативные структуры. Бифуркация. Химические колебания как пример диссипативной структуры. Реакция Белоусова – Жаботинского. Автоколебания в катализе. Пример простой реакции автокатализа. Структурная неустойчивость и биохимическая эволюция. Детерминированный хаос.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. час.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего
1	Введение	1		1		4	6
2	Первый и второй законы термодинамики.	2		2		14	18
3	Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. Линейная неравновесная термодинамика.	5		5		20	30
4	Неравновесные состояния и их устойчивость	4		4		19	27
5	Эволюция неравновесных диссипативных систем.	4		4		19	27
	Всего	16		16		76	108

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Введение	История развития. Термодинамики. Равновесные и неравновесные системы. Теплота, работа, энергия.	1
2	Первый и второй законы термодинамики.	Приложения первого закона термодинамики. Обратимый тепловой двигатель. Понятие энтропии. Почему утверждения о невозможности создания вечного двигателя 2-рода и теоремы Карно эквивалентны? Статистический смысл энтропии. Диаграмма энтропия-температура в адиабатической системе. Правило фаз и теорема Дюгема.	2
3	Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. Линейная неравновесная термодинамика.	Производство энтропии и её выражение для теплопроводности, диффузии, химической реакции. Принцип локального равновесия. Линейные соотношения между силами и потоками. Принцип симметрии Кюри. Соотношения взаимности Онзагера. Взаимодействие между электрическим током и потоком вещества (электрокинетические явления, соотношение Саксена).	5
4	Неравновесные состояния и их устойчивость	Вероятность флуктуации. Устойчивость и производство энтропии. Критические явления. Устойчивые, метастабильные и неустойчивые области для фазового перехода жидкость-пар. Конфигурационная теплоемкость.	4
5	Эволюция неравновесных диссипативных систем.	Энантиомеры. Понятие хирального автокатализа. Химические колебания. Модель Пригожина-Лефевра (переход неравновесной неустойчивой системы в колебательное состояние). Модель Филда-Кериша-Нойса (ФКН) и реакция Белоусава-Жаботинского.	4
	Всего		16

7. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения.
Термодинамика неравновесных процессов	ул. Орджоникидзе, д.3, Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и	Комплект специализированной мебели; технические средства: проектор, экран для проекторов, ноутбук, столы; имеется wi-fi	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246

	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы: ауд.№ 527		
--	---	--	--

9. Информационное обеспечение дисциплины

Учебно-научный информационный библиотечный центр РУДН	http://lib.rudn.ru/
ЭБС РУДН	http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web
ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"	http://www.biblioclub.ru
Телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН	http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998
Портал фундаментального химического образования России	http://www.chemnet.ru
Научная электронная библиотека eLibrary.ru	http://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Химическая энциклопедия	http://www.chemport.ru
XuMuK: сайт о химии для химиков	www.xumuk.ru
Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:	www.webofscience.com http://www.scopus.com/

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. 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. - 461 с.: ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 5-03-003538-9: 264.33.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

2. Термодинамика: Учебник для вузов / И.П. Базаров. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 376 с.: ил. - ISBN 5-06-000626-3: 1.30.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

б) дополнительная литература

1. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; Пер. с англ. Ю.А. Данилова; Общ. ред. и послесл. В.И. Аршинова и др. - М.: Прогресс, 1986. - 431 с.: ил. - 1.70.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

2. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика: Учебное пособие для вузов / И.П. Базаров, Э.В. Геворкян. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 240 с. - ISBN 5-211-00351-9: 0.85.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Согласно учебному плану при изучении дисциплины предполагается проведение практических занятий, выполнение домашних работ и выступление студентов по заданной теме (текст подготовки сдается преподавателю в письменном виде). В семестре проводится промежуточный контроль в виде опроса или отчета, а также письменного зачета.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к этим видам работ и самоконтроль выполненных заданий.

Методика подготовки к практическим занятиям

Практические занятия являются одной из важных форм учебного процесса, предусмотренных учебным планом. Значение этой формы занятий определяется требованиями диалектического метода, важнейшим из которых является проверка теоретических положений на практике, неразрывная связь теории с практикой.

Практические занятия имеют целью помочь студентам глубже уяснить теоретические положения, закрепить полученные знания, привить необходимые навыки в применении теоретических знаний в своей будущей практической деятельности.

- Практические занятия проводятся в форме решения ряда теоретических задач, обсуждения конкретных вопросов, имеющие практическое значение, а также мини-докладов студентов на заданную тему. При подготовке к сдаче домашнего задания студенты должны решить указанные в задании задачи, опираясь на те знания, которые получены на лекциях и в ходе самостоятельных занятий.
- Для краткого письменного изложения решения задач студентам рекомендуется иметь отдельные тетради. Во время подготовки к практическому занятию надо записывать решение задач. В кратких письменных решениях или ответах на вопросы нужно делать необходимые ссылки на используемый материал.
- Перед началом практического занятия преподаватель проверяет наличие у выполненного задания в письменном виде с указанием ссылок. Студенты, не подготовившиеся к практическому занятию (в том числе и по уважительным причинам), а также отсутствующие на занятиях, отчитываются перед преподавателем о выполнении задания во внеурочное время.

Правила написания и оформления контрольных работ и домашних заданий

- Контрольные работы выполняются в отдельной ученической тетради, на обложке которой указаны название дисциплины, фамилию и инициалы, специальность, курс. Перед каждой контрольной работой указывается номер контрольной работы, вариант задания, дата.
- Контрольные работы выполняются чернилами черного, синего или фиолетового цвета. Условие каждой задачи необходимо записывать полностью.
- Решение задачи начинается с *составления краткого условия* с использованием обозначений, принятых в дисциплине. Значения всех заданных величин должны быть выражены в единицах СИ и выписаны их числовые значения в виде столбика в кратком условии задачи. Идея решения задачи должна быть кратко обоснована с применением соответствующих законов, определений и положений. Величины, входящие в используемые формулы, должны быть пояснены. Ход решения задач следует пояснять с помощью схем или рисунков, выполненных карандашом при помощи линейки и других чертежных инструментов. Обозначения на чертеже и в тексте решения задачи должны иметь одинаковый вид.
- Как правило, задачи следует решать в общем виде, т. е. в буквенном выражении, без вычисления промежуточных величин. Числовые значения подставляются только в окончательную (расчетную) формулу, определяющую искомую величину. Если эта

формула не является выражением физического закона, то ее следует вывести на основе соответствующих теоретических сведений. После получения расчетной формулы необходимо ее проверить. Для этого нужно в эту формулу вместо символов физических величин подставить обозначения их единиц в СИ и убедиться, совпадают ли единицы левой и правой частей формулы. И только после этого подставить в расчетную формулу числовые значения величин и провести вычисления. Записать ответ.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов»

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

профессор кафедры
физической и коллоидной химии,
д.х.н., профессор

И.И. МИХАЛЕНКО

Руководитель программы

Профессор кафедры
органической химии

А.В.ВАРЛАМОВ

Заведующий кафедрой

физической и коллоидной химии

А.Г. ЧЕРЕДНИЧЕНКО