

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине
«Термодинамика неравновесных процессов»

**Кафедра физической и органической химии
химического факультета**

Образовательная программа
04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Профиль подготовки
Физическая химия

Уровень высшего образования
специалитет

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, факультативная дисциплина

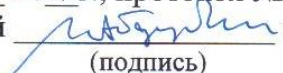
Махачкала, 2021 г.

Рабочая программа по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (уровень специалитет) от «13» июля 2017 г. № 652.

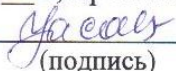
Разработчик: кафедра физической и органической химии, Сулейманов Сагим Икрамович, старший преподаватель.

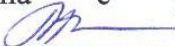
Рабочая программа по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов» одобрена:

на заседании кафедры физической и органической химии от «28» 05 2021 г., протокол № 9.

Зав. кафедрой  проф. Абдулагатов И.М.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета от «18» 06 2021 г., протокол № 10.

Председатель  доц. Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов» согласована с учебно-методическим управлением «09» 07 2021 г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений по специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия» и является факультативной дисциплиной.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой физической и органической химии.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных ОПК – 6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: текущий контроль успеваемости в форме контрольных работ и коллоквиумов; промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 1 зачетная единица, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	Консультации			
8	36	12	12	—	—	—	12	Зачет

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью освоения дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» является получение студентами знаний о достаточно новом и быстро развивающемся направлении физической химии – термодинамике неравновесных процессов, интегрирующей знания о химической кинетике и «классической» равновесной термодинамике, а также широко востребованной в настоящее время термодинамике наноразмерных объектов. В данном курсе рассматриваются основные понятия и термины современной термодинамики неравновесных процессов с рассмотрением большого числа типичных проблем формальной химической кинетики, катализа и химического материаловедения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП специалитета

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений по специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия» и является факультативной дисциплиной.

В информационном и логическом планах дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» последовательно развивает общие курсы «Физическая химия», «Теоретическая физика», и, в свою очередь, служит методологической основой при изучении курсов «Химия твердого тела» и «Химия материалов». Курс информационно и логически связан с общими курсами «Математика», «Физика» и «Теоретическая физика».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код и наименование	Код и	Планируемые результаты	Процедура
--------------------	-------	------------------------	-----------

компетенции из ОПОП	наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	обучения	освоения
ОПК-6 Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1 Грамотно составляет отчет о проделанной работе в письменной форме	Знает: требования к рабочему журналу химика; правила составления протоколов отчетов химических опытов; требования к представлению результатов исследований в виде курсовых и квалификационных работ. Умеет: представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии; представить результаты химических исследований в соответствии с требованиями к квалификационным работам. Владеет: опытом представления результатов экспериментальных и расчетно-теоретических работ в виде протоколов испытаний, отчетов, курсовых и квалификационных работ.	Устный опрос, письменный опрос
	ОПК-6.2 Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке	Знает: требования к тезисам и научным статьям химического профиля. Умеет: составить тезисы доклада и отдельные разделы статьи на русском и английском языке. Владеет: навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде	Устный опрос, письменный опрос
	ОПК-6.3 Представляет результаты работы в устной форме на русском и английском языке	Знает: грамматику, орфографию и орфоэпию русского и английского языка. Умеет: представить результаты исследований в виде постера; формулировать вопросы к членам профессионального сообщества и отвечать на вопросы по теме проведенного исследования; грамотно и логично изложить результаты проделанной работы в устной форме на русском и английском языке. Владеет: свободно русским и	Устный опрос, письменный опрос

		английским языком.	
--	--	--------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 1 зачетная единица, 36 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	КСР		
Модуль 1. Термодинамическая теория устойчивости равновесных и неравновесных состояний. Диссипативные структуры и флуктуации									
1	Термодинамическая теория устойчивости неравновесных состояний	8		2	–	2	–	2	Устный опрос, тестирование
2	Термодинамическая теория устойчивости равновесных состояний	8		2	–	2	–	2	Устный опрос, тестирование
3	Термодинамическая теория равновесных флуктуаций	8		4	–	4	–	4	Устный опрос, тестирование
4	Пространственные диссипативные структуры	8		4	–	4	–	4	Устный опрос, тестирование
Итого по модулю 1		36		12	–	12	–	12	Коллоквиум
Итого		36		12	–	12	–	12	Зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Термодинамическая теория устойчивости равновесных и неравновесных состояний

Тема 1. Термодинамическая теория устойчивости неравновесных состояний

Принцип локального равновесия. Основное термодинамическое уравнение для неравновесной системы. Линейная теория Онзагера. Принцип микроскопической обратимости. Принцип Кюри. Теория термодинамической устойчивости Глендсдорфа-Пригожина.

Тема 2. Термодинамическая теория устойчивости равновесных состояний

Устойчивость стационарных состояний и принцип Ле-Шателье. Флуктуации и границы применимости термодинамического метода.

Тема 3. Термодинамическая теория равновесных флуктуаций

Термодинамическая теория равновесных флуктуаций. Связь между спонтанными флуктуациями и необратимыми процессами.

Тема 4. Пространственные диссипативные структуры

Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Пространственные диссипативные структуры. Ячейки Бенара.

4.4. Лабораторные работы

№	Содержание лабораторной работы	Часы
Модуль 1. Термодинамическая теория устойчивости равновесных и неравновесных состояний. Диссипативные структуры и флуктуации		
1	Лабораторная работа №1. Неравновесные эффекты в солевых расплавах	2
2	Лабораторная работа №2. Линейные материальные уравнения	2
3	Лабораторная работа №3. Аттрактор Лоренца	4
4	Лабораторная работа №4. Реакция Белоусова-Жаботинского	4

5. Образовательные технологии

В курсе по направлению подготовки специалистов широко используются в учебном процессе компьютерные программы, различные методики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В соответствии с требованиями ФГОС предусматривается использование при проведении занятий следующих активных методов обучения:

- самостоятельное изучение теоретического материала;
- подготовка к лабораторным работам;
- оформление результатов лабораторной работы;
- подготовка к промежуточному контролю;
- подготовка к зачету.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
3. Решение задач.
4. Подготовка к коллоквиуму.
5. Подготовка к зачету.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методическое обеспечение
1	Изучение рекомендованной литературы	Устный опрос по разделам дисциплины	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа
2	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа
3	Решение задач	Проверка домашнего задания	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа
4	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа

5	Подготовка к зачету	Устный опрос, компьютерное тестирование	либо	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа
---	---------------------	---	------	---

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

Итоговый контроль проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы к зачету

1. Принцип локального равновесия. Основное термодинамическое уравнение для неравновесной системы.
2. Второе начало для открытых систем. Уравнение баланса энтропии.
3. Линейная теория Онзагера. Соотношение взаимности.
4. Принцип микроскопической обратимости.
5. Флуктуации и границы применимости термодинамического метода.
6. Термодинамическая теория равновесных флуктуаций.
7. Постулат о связи между спонтанными флуктуациями и необратимыми процессами.
8. Доказательство соотношений взаимности для скалярных процессов.
9. Принцип Кюри.
10. Диссипативная функция. Вариационный принцип Онзагера.
11. Принцип Пригожина о минимуме производства энтропии.
12. Теория термодинамической устойчивости Гленсдорфа-Пригожина.
13. Устойчивость стационарных состояний и принцип Ле-Шателье.
14. Флуктуационно-диссипативная теорема.
15. Пространственные диссипативные структуры. Ячейки Бенара.

Примерная тематика рефератов

1. Эффект «текущего клина».
2. Ячейки Бенара.
3. Диссипативная самоорганизация.
4. Историческое развитие рациональной термодинамики.
5. Реакция Бриггса-Раушера.

Формы контроля и критерии оценок

Формы контроля: текущий контроль (систематический учет знаний и активность студентов на занятиях), промежуточный контроль по модулю (рубежная контрольная работа по пройденному блоку тем) и итоговой контроль (экзамен). Текущий контроль осуществляется в виде устного опроса, тестирования, проведения коллоквиума, обсуждения реферата, проверки домашнего задания.

Оценка текущего контроля включает 70 баллов:

- допуск к выполнению лабораторных работ (10 баллов);
- выполнение и сдача лабораторных работ (20 баллов);
- тестирование (10 баллов);
- выполнение контрольной работы (с включением задач) – 20 баллов.

Промежуточный контроль (в виде контрольной работы или коллоквиума) оценивается в 30 баллов.

Итоговый контроль (100 баллов) проводится в виде устного собеседования или в виде письменного теста, содержащего вопросы по всем разделам курса «Термодинамика неравновесных процессов», изучавшим в процессе семестра. Среднее число баллов по всем модулям, которое дает право получения положительной оценки без итогового контроля знаний – 51 и выше.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 70% и промежуточного контроля – 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 5 баллов;
- участие на практических занятиях – 7 баллов;
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ – 35 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 30 баллов;
- письменная контрольная работа – 30 баллов;
- тестирование – 30 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Неравновесная термодинамика: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Неравновесная термодинамика» / составители А.А. Шипельников, А.Н. Роговский, Т.В. Кравченко.
– Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. – 61 с. – ISBN 2227-8397. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/55116.html> (дата обращения: 25.02.2020).

2. Гроот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1964. – 456 с.
3. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. – М.: Издательство МГУ, 1989. – 240 с.

б) дополнительная литература:

1. Слободов, А.А. Основы химической термодинамики: учебное пособие / А.А. Слободов, В.А. Липин, А.Б. Липин. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. – 65 с. – ISBN 2227-8397. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/68680.html> (дата обращения: 25.02.2020).
2. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1974. – 303 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 21.10.2019). – Яз. рус., англ.
2. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения обо всех видах литературы, поступающих в фонд НБ ДГУ / Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.10.2019).
3. ЭБС iprbook.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31168.html> (дата обращения: 21.10.2019).

10. Методические указания для обучающихся студентов по освоению дисциплины

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать студента к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

Указывается перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- глоссарий (словарь терминов по тематике дисциплины);
- тезисы лекций;
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому

усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- литературный поиск, используя онлайн поисковую систему NIST/TRC;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций ситуации;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов» используются следующие информационные технологии:

- занятия компьютерного тестирования;
- демонстрационный материал применением проектора;
- компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа;
- программы пакета Microsoft Office.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий, которая укомплектована техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком). Имеются лаборатории с необходимым оборудованием и реактивами.