



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Химический факультет
Кафедра неорганической химии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Самоорганизация в химических системах

**Образовательная программа
Направления 04.04.01 Химия**

**Профиль подготовки
Неорганическая химия**

**Уровень высшего образования
Магистратура**

**Форма обучения
Очная**

**Статус дисциплины:
вариативная**

Махачкала2017

Рабочая программа дисциплины «**Самоорганизация в химических системах**» составлена в 2016 и переработана в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратура) от «23» сентября 2015 г. №1042.

Разработчик: кафедра неорганической химии,
зав. кафедрой д.х.н., профессор Магомедбеков У.Г.

Программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры неорганической химии
от «14» февраля 2017 г., протокол № 4

Зав. кафедрой У.Мам Магомедбеков У.Г.

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «14» февраля 2017 г., протокол № 6.

Председатель Уасал Гасангаджиева У.Г.

Программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением.

« » 2017 г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина **Самоорганизация в химических системах** входит в вариативную часть обязательные дисциплины образовательной программы направления **04.04.01 Химия**, профиль **Неорганическая химия**, уровень **магистратура**.

Дисциплина реализуется на химическом факультете Дагестанского государственного университета кафедрой неорганической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами исследования динамических систем и диссипативных структур различной природы, установлением эволюционных критериев динамических систем, методами определения причин потери устойчивости физико-химическими системами; методами управления систем с хаотическим поведением.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, ОПК-2, профессиональных – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение лекционных и лабораторно-практических занятий и организацию самостоятельной работы студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля: текущей успеваемости – в форме собеседования, устного опроса, тестирования, проведения контрольных работ и коллоквиумов; промежуточной аттестации в первом семестре – в форме зачета и экзамена, а во втором – в форме подготовки и защиты курсовой работы, зачета и экзамена.

Объем дисциплины составляет **4** зачетных единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия					Форма промежуточной аттестации
	в том числе					
	Контактная работа обучающихся с преподавателем				СРС	
Всего	Лекции	Лабор. занятия / практич. занятия	Консультации			
4	144	24	36		84	дифференцируемый зачет

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель курса – ознакомление студентов с основными методами исследования динамических систем и диссипативных структур различной природы

Основными **задачами**, решаемыми в процессе изучения курса, являются развитие у обучающихся навыков по:

- изучению динамических систем и диссипативных структур;
- прогнозированию эволюции физико-химических систем;
- выявлению причин, приводящих к потере устойчивости систем;
- определению параметров ведения процесса для обеспечения устойчивого режима;
- методам управления систем с хаотическим поведением.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «**Самоорганизация в химических системах**» входит в перечень дисциплин по выбору вариативной части образовательной программы магистратуры по направлению **04.04.01 Химия**, профиль **неорганическая химия**.

Курс строится на базе знаний по химическим и физическим дисциплинам, а также высшей математике, объём которых определяется программами химического образования в высшей школе.

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знать: теоретические основы традиционных и новых разделов химии. Уметь: использовать теоретических основ химии при решении профессиональных задач. Владеть: навыками применения теоретических основ химии при решении профессиональных задач.
ОПК-2	владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации	Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.

		<p>Владеть: современными компьютерными технологиями, навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.</p>
ПК-1	<p>способность проводить научные исследования, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты</p>	<p>Знать: методы проведения научных исследований по сформулированной тематике.</p> <p>Уметь: проводить научные исследования, в том числе в междисциплинарных областях, самостоятельно составлять план исследования.</p> <p>Владеть: навыками получения новых научных и прикладных результатов, анализа и обобщения результатов эксперимента.</p>
ПК-2	<p>владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии</p>	<p>Знать: теорию и практические аспекты избранной области химии</p> <p>Уметь: Проводить научные исследования в избранной области химии.</p> <p>Владеть: навыками практической работы в избранной области химии.</p>
ПК-3	<p>готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований</p>	<p>Знать: принципы работы применяемой для исследований аппаратуры.</p> <p>Уметь: использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований.</p> <p>Владеть: навыками практической работы на современной аппаратуре при проведении научных исследований.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет **4** зачетных единиц, **144** академических часа.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в час)				Формы текущего контроля Формы промежуточной аттестации
			Всего	Лек	Лаб.	СРС	
Модуль I. Введение в самоорганизацию химических систем							
1	Введение	I	12	2	2	8	
2	Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды	II-IV	24	2	6	16	Контрольная работа
	Итого по модулю 1		36	4	8	24	Коллоквиум
Модуль 2 Термодинамика нелинейных необратимых систем							
3	Термодинамика линейных необратимых систем	V-VI	16	2	6	8	Контрольная работа
4	Термодинамика нелинейных необратимых систем	VIII-XI	20	4	6	10	Контрольная работа
	Итого по модулю 2		36	6	12	18	Коллоквиум
Модуль 3 Элементы качественной теории дифференциальных уравнений							
5	Элементы качественной теории дифференциальных уравнений	XII-XIV	26	4	4	18	Контрольная работа
6	Предельные циклы в нелинейных системах.	XV	10	2	4	4	Опрос
	Итого по модулю 3		36	6	8	22	Коллоквиум
Модуль 4. Элементы теории хаоса							
7	Элементы бифуркационного анализа	XVI	18	4	4	10	Контрольная работа
8	Элементы теории хаоса	XVII-XVIII	18	4	4	10	Контрольная работа
	Итого по модулю 4		36	8	8	20	Коллоквиум
	Итого за семестр		144	24	36	84	Дифференцируемый зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам, разделам и модулям.

Модуль I. Введение в самоорганизацию химических систем

а) Лекционные занятия

4.3.1. Введение.

Предмет синергетики. Понятие диссипативной структуры. Примеры возникновения пространственных, временных и пространственно-временных структур: реакция Белоусова Жаботинского, переход ламинарного течения жидкости в турбулентное, эффект Бенара, изменение численности видов в биологическом сообществе "хищник-жертва" и др. Неравновесная термодинамика и нелинейная динамика – как разделы синергетики, позволяющие понять природу и направление эволюции неравновесных систем. Структура курса. Краткий исторический обзор.

4.3.2. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды.

Математическое описание процессов с фазовыми переходами и химическими реакциями, происходящими в полидисперсных гетерогенных средах: основные понятия и допущения, уравнения сохранения массы, импульса и энергии. Вывод выражения для изменения энтропии открытой многофазной системы; анализ структуры данного выражения. Производство энтропии системы; анализ производства энтропии; производство энтропии для стационарного состояния системы; производство энтропии для изолированной системы. Понятие термодинамической движущей силы и термодинамического потока. Примеры сил и потоков. Тензорная размерность сил и потоков. Структура движущей силы массоотдачи; объяснение возникновения осцилляций при кристаллизации веществ с высокими тепловыми эффектами.

Модуль 2. Термодинамика нелинейных необратимых систем

4.3.3. Термодинамика линейных необратимых систем.

Соотношения взаимности Онзагера. Принцип Кюри. Принцип симметрии феноменологических коэффициентов. Эффект термодиффузии и диффузионный термоэффект. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии как критерий эволюции линейных систем. Доказательство теоремы Пригожина. Применение теоремы Пригожина для решения задач химической технологии: определение порозности слоя в кристаллизаторе со взвешенным слоем; определение диаметра включения, устойчивого к дроблению.

4.3.4. Термодинамика нелинейных необратимых систем.

Метод функций Ляпунова. Вторая вариация энтропии системы как термодинамическая функция Ляпунова для систем вдали от равновесия. Производная второй вариации энтропии. Избыточное производство энтропии. Методика выявления причин потери устойчивости в системах. Устойчи-

вость химических проточных реакторов. Методика вывода выражения для производной второй вариации энтропии; анализ данного выражения для реакций различного типа: прямой необратимой реакции, автокаталитической реакции, сложных реакционных схем. Влияние типа химической реакции на устойчивость системы. Методика определения размеров реактора и технологических параметров реакционного процесса для поддержания устойчивого теплового и концентрационного режима в реакторе. Анализ причин возникновения осцилляций в реакторах с рециклами. Исследование осцилляций при кристаллизации малорастворимых веществ.

Модуль 3. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений

4.3.5. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений.

Понятие автономных систем, фазового пространства, фазового портрета, неподвижной точки. Устойчивость неподвижных точек. Классификация неподвижных точек на прямой. Классификация неподвижных точек на плоскости. Первый метод Ляпунова для определения типа неподвижной точки линейной системы. Понятие характеристического многочлена. Критерий асимптотической устойчивости линейных систем.

Качественная эквивалентность систем. Проблемы исследования нелинейных систем. Теорема о линеаризации. Методика линеаризации нелинейных систем. Применение изученных методов для анализа реакционных схем.

4.3.6. Предельные циклы в нелинейных системах.

Типы предельных циклов. Теорема Пуанкаре. Методика исследования систем с предельными циклами. Понятие структурной устойчивости колебаний. Колебания в моделях взаимодействия биологических видов по типу "хищник–жертва".

Модуль 4. Элементы теории хаоса

4.3.7. Элементы бифуркационного анализа.

Понятие бифуркации, точки бифуркации. Бифуркация типа седло–узел; необходимый признак данного типа бифуркации. Бифуркация Андронова–Хопфа; необходимый признак данного типа бифуркации. Модель "Брюсселятор" как пример реакционной схемы, демонстрирующей бифуркацию Андронова–Хопфа: возникновение колебаний в режиме предельного цикла в реакторе идеального смешения; возникновение пространственных диссипативных структур в трубчатом реакторе. Квазипериодическая динамика систем в трёхмерном пространстве. Бифуркация рождения двумерного тора из предельного цикла в трёхмерном фазовом пространстве. Методы исследования физико-химических систем с понижением их размерности: параметры порядка и принцип подчинения; отображение Пуанкаре.

4.3.8. Элементы теории хаоса

Понятие странного аттрактора. Сценарий образования странного аттрактора в системе Лоренца. Колебания в режиме странного аттрактора в реакторе с рециклом в процессе получения фосфорной кислоты мокрым способом. Порядок и хаос в одномерных отображениях. Бифуркация удвоения периода. Теория универсальности Фейгенбаума. Сценарий образования странного аттрактора в модели Рёсслера. Использование методики исследования одномерных отображений в кластерной теории, предсказывающей порядок и детерминированный хаос при кристаллизации малорастворимых веществ. Алгоритм пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями. Показатели Ляпунова. Связь показателей Ляпунова с типами аттракторов.

б) Практические занятия

Практические занятия посвящены численному исследованию различных динамических систем с использованием ЭВМ и включает выполнение практикум включает 12 работ:

Модули 1 и 2 Введение в самоорганизацию химических систем.

Термодинамика нелинейных необратимых систем

4.3.8-4.3.13. Построение фазовых портретов и динамических характеристик для линейных систем, обладающих неподвижными точками: узел (устойчивый, неустойчивый), седло, центр, фокус (устойчивый, неустойчивый);

Модуль 3 Элементы качественной теории дифференциальных уравнений

4.3.14. Изучение бифуркации типа седло–узел;

4.3.15. Изучение бифуркации Андронова–Хопфа;

4.3.16. Изучение сценария образования странного аттрактора в системе Лоренца;

Модуль 4. Элементы теории хаоса

4.3.17. Изучение бифуркации удвоения периода;

4.3.18-4.3.19. Изучение алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями.

5.Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование при проведении занятий по неорганической химии инновационных (объяснительно-иллюстративное обучение, предметно-ориентированное обучение, профессионально-ориентированное обучение, проектная методология обучения, организация самостоятельного обучения, интерактивные методы обучения) и традиционных (лекция-визуализация, лекция-презентация, компьютерные симуляции, лабораторная работа, самостоятельная работа) технологий обучения. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляет не менее 30 % аудиторных занятий. Предполагается встреча с ведущими учеными республики.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Формы и виды самостоятельной работы студентов по дисциплине ус-танавливаются следующие:

- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к промежуточному и рубежному контролю;
- подготовка научных докладов и творческих работ.

Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра в виде:

- устного опроса (фронтального и индивидуального);
- тестирования;
- проведения письменной (контрольной) работы;
- проведения коллоквиума;
- написания и обсуждения реферата (творческого задания) на определенную тему.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля ус-

певаемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1:	Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической химии); Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин (неорганической химии); Владеть: навыками работы с учебной литературой по основному химическому дисциплинам.	Письменный опрос, устный опрос, тестирование.
ОПК-2:	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ; Уметь: проводить химические опыты по предлагаемым методикам; Владеть: базовыми навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов.	Письменный опрос, устный опрос, прием лабораторных работ.
ОПК-4:	Знать: применять стандартное программное обеспечение при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов. Уметь: проводить первичный поиск информации для решения профессиональных задач. Владеть: навыками работы с научными и образовательными порталами.	Письменный опрос, устный опрос.
ПК-1:	Знать: стандартные операции проведения научных исследований по сформулированной тематике; Уметь: проводить исследования по сформулированной тематике и получать новые научные результаты;	Письменный опрос, собеседование, прием лабораторных работ.

	Владеть: базовыми навыками проведения научных исследований по сформулированной тематике и получения новые научных и прикладных результаты.	
ПК-2:	Знать: принципы работы современных приборов, используемых при проведении научных исследований по неорганической химии; Уметь: работать на современной аппаратуре, используемой при исследовании неорганических и координационных соединений Владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований по химии.	Устный опрос, собеседование.
ПК-3:	Знать: фундаментальные законы и понятия химии; Уметь: применять фундаментальные законы в химии; Владеть: системой фундаментальных понятий и методологических аспектов химии общей и неорганической химии.	Письменный опрос, устный опрос, тестирование.

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОПК-1:

Схема оценки уровня формирования компетенции «выпускник должен обладать способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов неорганической химии при решении профессиональных задач»:

Уровень	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетв.	Хорошо	Отлично
пороговый	Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин;	Имеет представление о содержании курса неорганической химии, знает терминологию, основные законы химии, но допускает неточности в формулировках.	Имеет представление о содержании курса неорганической химии, знает терминологию, основные законы, понимает сущность общих закономерностей.	Имеет четкое, целостное представление о содержании неорганической химии и общих закономерностях протекания химических процессов.

базовый	Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин	Умеет интерпретировать результаты относительно простых процессов с использованием общих представлений неорганической химии.	Умеет составлять схемы процессов с использованием знаний, по неорганической химии, но допускает отдельные неточности при осуществлении таких процессов.	Умеет прогнозировать результаты химических реакций с учетом общих закономерностей процессов, изучаемых в рамках неорганической химии.
продвину- тый	Владеть: навыками работы с учебной литературой по основным химическим дисциплинам.	Владеет навыками воспроизведения освоенного учебного материала	Владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебной литературы для освоения материала	Владеет навыками критического анализа учебной информации, формулировки выводов и участия в дискуссии по учебным вопросам

ОПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «выпускник должен владеть навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования неорганических веществ и реакций»;

Уровень	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетв.	Хорошо	Отлично
пороговый	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ;	Имеет общее представление о методах получения, идентификации и исследования свойств отдельных веществ, правилах безопасного обращения с ними и способах представления результатов эксперимента	Знает стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила техники безопасности, основные требования к оформлению результатов эксперимента, но допускает от-	Знает стандартные методы получения, идентификации исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила техники безопасности при работе с ними, основные требования к оформлению результатов эксперимента

			дельные неточности	
базовый	Уметь: проводить химические опыты по предлагаемым методикам;	Умеет проводить одно- и двухстадийный синтез по предлагаемой методике с выходом целевого продукта менее 50% от заявленного в методике; анализ полученного вещества одним из стандартных методов. Допускает отдельные ошибки при оформлении протокола эксперимента	Умеет проводить одно- и двух-стадийный синтез по предлагаемой методике с выходом целевого продукта более 50% от заявленного; идентификацию и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента с небольшим количеством замечаний.	Умеет выполнять демонстративные опыты по химии; одно- и двух-стадийный синтез по предлагаемой методике с выходом целевого продукта согласно заявленному в методике; проводить анализ и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента.
продвинутый	Владеть: базовыми навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов.	Владеет базовыми навыками синтеза, идентификации и изучения свойств несложных веществ	Владеет навыками синтеза, идентификации и изучения свойств отдельных классов веществ (материалов), правильного протоколирования опытов	Владеет навыками синтеза, идентификации и изучения свойств веществ и материалов, правильного протоколирования опытов

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «выпускник должен обладать способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике и получать новые научные и прикладные результаты»:

Уровень	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетв.	Хорошо	Отлично
пороговый	Знать: стандартные операции проведения научных исследований по сформулированной тематике;	Имеет общее представление о стандартных операциях научных исследований по сформулированной тематике;	Знает стандартные операции выполнения научных исследований по сформулированной тематике, но допускает отдельные неточности.	Знает стандартные операции научных исследований по сформулированной тематике; четко представляет требования к оформлению результатов эксперимента.
базовый	Уметь:	Умеет	Умеет	Умеет

	проводить исследования по сформулированной тематике и получать новые научные результаты;	проводить исследования по сформулированной тематике и получать новые научные результаты, но допускает ошибки при оформлении протокола эксперимента.	Проводить исследования по сформулированной тематике и получать новые научные результаты, оформлять результаты эксперимента с небольшим количеством замечаний.	проводить исследования по сформулированной тематике и получать новые научные результаты, оформлять результаты эксперимента в соответствии с заявленными требованиями.
продвину- тый	Владеть: базовыми навыками проведения научных исследований по сформулированной тематике и получения новые научных и прикладных результаты.	Владеет навыками синтеза, идентификации и изучения свойств несложных веществ.	Владеет навыками проведения научных исследований по сформулированной тематике; правильного протоколирования опытов с небольшими ошибками.	Владеет базовыми навыками проведения научных исследований по сформулированной тематике и получения новых научных и прикладных результатов, правильного протоколирования опытов

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «выпускник должен владеть навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований»:

Уровень	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетв.	Хорошо	Отлично
пороговый	Знать: принципы работы современных приборов, используемых при проведении научных исследований по неорганической химии;	Имеет общее представление о принципах работы современных приборов, используемых при проведении научных исследований по неорганической химии;	Знает стандартные операции работы на современных приборах, используемых при проведении научных исследований по неорганической химии (по инструкции)	Знает стандартные операции работы на современных приборах, используемых при проведении научных исследований по неорганической химии; оформление протоколов эксперимента.
базовый	Уметь: работать на современной аппаратуре, используемой при исследовании неорганических и координационных	Умеет работать на современной аппаратуре по инструкции	Умеет получать и интерпретировать результаты экспериментов на современной аппаратуре, но допускает отдельные	Умеет получать самостоятельно и интерпретировать результаты экспериментов на современной аппаратуре

	соединений		неточности.	
продвинутый	Владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований по неорганической химии	Владеет определенными навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет навыками самостоятельного использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет способностью самостоятельно получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современной аппаратуры.

ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «выпускник должен владеть системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания»:

Уровень	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетв.	Хорошо	Отлично
пороговый	Знать: фундаментальные законы и понятия химии.	Имеет представление о фундаментальных законах и понятиях химии, но допускает неточности в формулировках.	Имеет общее представление о фундаментальных законах и понятиях химии, знает терминологию, основные законы, понимает сущность общих закономерностей.	Имеет четкое, целостное представление о фундаментальных законах и понятиях химии, об общих закономерностях протекания химических процессов
базовый	Уметь: применять фундаментальные законы в химии.	Умеет интерпретировать результаты относительно простых процессов с использованием фундаментальных законов и понятий химии.	Умеет составлять схемы процессов с использованием фундаментальных законов и понятий химии, но допускает отдельные неточности.	Умеет прогнозировать результаты химических процессов с учетом фундаментальных законов и понятий химии.
продвинутый	Владеть: системой фундаментальных понятий общей и неорганической химии.	Владеет навыками использования фундаментальных понятий общей и неорганической химии	Владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебного материала на основе использования фундаментальных понятий неорганической химии	Владеет навыками критического анализа фундаментальных понятий общей и неорганической химии относительно конкретных процессов

7.3. Контрольные вопросы для промежуточной аттестации (сдачи зачета)

1. Введение. Предмет синергетики. Понятие диссипативной структуры.
2. Примеры возникновения пространственных, временных и пространственно-временных структур: реакция Белоусова-Жаботинского, переход ламинарного течения жидкости в турбулентное, эффект Бенара, изменение численности видов в биологическом сообществе "хищник-жертва" и др. Структура курса. Краткий исторический обзор.
3. Математическое описание процессов с фазовыми переходами и химическими реакциями, происходящими в полидисперсных гетерогенных средах: основные понятия и допущения, уравнения сохранения массы, импульса и энергии.
4. Вывод выражения для изменения энтропии открытой многофазной системы; анализ структуры данного выражения.
5. Производство энтропии системы; анализ производства энтропии;
6. Понятие термодинамической движущей силы и термодинамического потока. Примеры сил и потоков.
7. Термодинамика линейных необратимых систем. Соотношения взаимности Онзагера. Принцип Кюри. Принцип симметрии феноменологических коэффициентов.
8. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии как критерий эволюции линейных систем.
9. Термодинамика нелинейных необратимых систем. Метод функций Ляпунова.
10. Вторая вариация энтропии системы как термодинамическая функция Ляпунова для систем вдали от равновесия. Производная второй вариации энтропии.
11. Избыточное производство энтропии. Методика выявления причин потери устойчивости в системах;
12. Анализ выражения избыточного производства энтропии для реакций различного типа: прямой необратимой реакции, автокаталитической реакции, сложных реакционных схем. Влияние типа химической реакции на устойчивость системы.
13. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений. Понятие автономных систем, фазового пространства, фазового портрета, неподвижной точки.
14. Устойчивость неподвижных точек. Классификация неподвижных точек на прямой. Классификация неподвижных точек на плоскости. Первый

метод Ляпунова для определения типа неподвижной точки линейной системы.

15. Понятие характеристического многочлена. Критерий асимптотической устойчивости линейных систем. Качественная эквивалентность систем.
16. Проблемы исследования нелинейных систем. Теорема о линеаризации. Методика линеаризации нелинейных систем. Применение изученных методов для анализа реакционных схем.
17. Предельные циклы в нелинейных системах. Типы предельных циклов. Теорема Пуанкаре. Методика исследования систем с предельными циклами.
18. Понятие структурной устойчивости колебаний. Колебания в моделях взаимодействия биологических видов по типу “хищник–жертва”.
19. Элементы бифуркационного анализа. Понятие бифуркации, точки бифуркации.
20. Бифуркация типа седло–узел; необходимый признак данного типа бифуркации. Бифуркация Андронова–Хопфа; необходимый признак данного типа бифуркации.
21. Модель “Брюсселятор” как пример реакционной схемы, демонстрирующей бифуркацию Андронова–Хопфа: возникновение колебаний в режиме предельного цикла в реакторе идеального смешения; возникновение пространственных диссипативных структур в трубчатом реакторе.
22. Квазипериодическая динамика систем в трёхмерном пространстве. Бифуркация рождения двумерного тора из предельного цикла в трёхмерном фазовом пространстве.
23. Методы исследования физико-химических систем с понижением их размерности: параметры порядка и принцип подчинения; отображение Пуанкаре.
24. Элементы теории хаоса. Понятие странного аттрактора. Сценарий образования странного аттрактора в системе Лоренца.
25. Порядок и хаос в одномерных отображениях. Бифуркация удвоения периода.
26. Теория универсальности Фейгенбаума. Сценарий образования странного аттрактора в модели Рёсслера.
27. Алгоритм пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями. Показатели Ляпунова. Связь показателей Ляпунова с типами аттракторов.

7.4. 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 - 10 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 25 баллов,
- письменная контрольная работа - 20 баллов,
- тестирование - 25 баллов.

Экзамен проходит в устной или письменно-устной форме в виде ответов на задания; если понадобится, то задаются дополнительно контрольные вопросы (при необходимости уточнить оценку).

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса и демонстрацию способности самостоятельно анализировать вопросы применения и развития современной неорганической химии.

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

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценка по дисциплине не может быть выставлена.

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

а) основная литература:

1. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С. Методы синергетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1999. 256 с.
2. Кольцова Э.М., Третьяков Ю.Д., Гордеев Л.С., Вертегел А.А. Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов. М.: Химия, 2001. 408 с.

б) дополнительная литература

1. Гленсдорф П., Пригожин И.Р. Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуации. М.: Мир, 1973. 432 с.

2. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985. 327 с.
3. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Кольцова Э.М. Системный анализ химической технологии. Энтропийный и вариационный методы неравновесной термодинамики в задачах химической технологии. М.: Наука, 1988. 367 с.
4. Эрроусмит Д., Плейс К. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями. М.: Мир, 1986. 243 с.
5. Холодниок М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных динамических моделей. М.: Мир, 1991. 365 с.
6. Малинецкий Г.Г. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Наука, 1997.

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

Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>

Образовательный ресурс по химии **himhelp.ru** <http://www.himhelp.ru/>

Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru/>

Химические ресурсы Рунета <http://www.ximicat.com/>

Портал фундаментального Химического образования **Xu-MuK** <http://www.chemnet.ru>.

Химические серверы ChemWeb, ChemExpress Online, ChemNet.com <http://www.Himhelp.ru>

Сайт по химии **ХиМук.ru** <http://www.xumuk.ru/>

Все о химии **Ximia.org** <http://www.ximia.org/>

Различные материалы по химии и смежным наукам **alhimikov.net** <http://www.alhimikov.net/>

Химическая информационная сеть. Химический факультет МГУ <http://www.chem.msu.su/>

Электронная библиотека по химии и технике <http://www.rushim.ru/books/books.htm>

Книги по химии **gigapedia** <http://gigapedia.com/>

Журналы по естественно-научным дисциплинам **Oxford Journals. Life Sciences** <http://www.oxfordjournals.org/>

Химическая наука и образование в России <http://www.chem.msu.su/rus/>

Научная электронная библиотека **LIBRARY** <http://elibrary.ru>

Естественно-научный образовательный портал <http://www.en.edu.ru/>

Химическая энциклопедия <http://www.chemport.ru>

Отделение химии и наук о материалах РАН <http://www.chem.ras.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению программы

Учебный материал по дисциплине дается на лекциях, практических занятиях и прорабатывается в ходе самостоятельной работы.

На лекциях систематически и последовательно излагается материал теоретического характера. Основное внимание при этом уделяется рассмотрению основных (опорных) понятий и теоретических основ молекулярной спектроскопии. При подготовке к лекции целесообразно прочитать материал лекции по любому из рекомендованных в списке литературы учебников. Это существенно помогает продуктивно воспринимать материал лекции и хорошо его законспектировать. После лекции студентам рекомендуется внимательно проработать написанный конспект лекции, непонятые места попытаться уяснить с помощью учебников. Если обучающиеся не могут самостоятельно найти ответы на возникшие вопросы, можно обратиться к лектору или преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия позволяют развивать у студентов творческое теоретическое мышление, умение самостоятельно изучать литературу, анализировать практику, и они имеют исключительно важное значение в развитии самостоятельного мышления. В процессе выполнения практических работ для систематизации основных положений рекомендуется составление конспектов. Необходимо обратить внимание обучающихся на выполнение предусмотренных программой заданий в соответствии с тематическим планом, выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам от преподавателей, проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах кафедры задач, тестов по отдельным вопросам изучаемой темы.

Самостоятельная работа студентов способствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формированию навыков исследовательской работы и ориентированию студентов на умение применять теоретические знания на практике. Поэтому только постоянная, систематическая самостоятельная работа обучающихся будет способствовать нормальному усвоению знаний. Формы и виды самостоятельной работы студентов, а также формы их контроля представлены в разделе 6. Результаты самостоятельной работы студентов учитываются при аттестации студента (при сдаче зачета).

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

При проведении занятий используются:

а) технические средства:

компьютерная техника и средства связи (проектор, экран, видеокамера), проводится компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов, информационные справочные системы, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных учебной рабочей программой.

б) программные системы:

операционные системы Microsoft Windows XP, Microsoft Vista;
поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo;
специализированное программное обеспечение СДО Moodle, SunRAV-BookOfficePro, SunRAVTestOfficePro;

программное обеспечение по химии <http://www.mdli.com>;
химическое программное обеспечение
<http://www.acdlabs.com/download/>;

программное обеспечение по химии. CambridgeSoft (ChemOffice);
модели молекул TORVSRResearchTeam: MolecularModels; визуализация молекул (более 175000 трехмерных молекулярных моделей с возможностью поиска) onlineGIF/PNGcreatorforchemicalstructures;
рисование лабораторного оборудования TheGlasswareGallery

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

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованные учебные аудитории для проведения **лекционных и практических занятий**, помещения для **лабораторных работ** на группу студентов из 12 человек и **вспомогательное помещение** для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещения для лекционных и практических занятий укомплектованы комплектами электропитания ЩЭ (220 В, 2 кВт, в комплекте с УЗО), специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).