

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

Энергетический факультет

Кафедра Химии

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Мирошников С.Ф.

« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.03.1.Синергетика в химии и химической технологии

на 216 часа(ов), 6 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 04.04.01 – Химия

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

Магистерская программа – Коллоидная химия (для набора 2020)

Форма обучения очная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

формирование у студентов общего методологического подхода, в основе которого лежит принцип интеграции нелинейной динамики, теории катастроф, теории хаоса и синергетики; применение основных принципов теории самоорганизации при изучении химических реакций и химических процессов в профессиональной деятельности химика.

Задачи изучения дисциплины:

ознакомление студентов с методами исследования диссипативных структур; развитие навыков самостоятельной работы по изучению динамических систем, прогнозирование эволюции физико-химических систем; выявление причин, приводящих к потере устойчивости систем и определение параметров ведения процесса для обеспечения устойчивого режима.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина «Синергетика в химии и химической технологии» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла ООП. Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам «Математика», «Физическая химия», «Химическая технология» в объеме программы ВУЗа. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы), 216 часов.

Очная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам	
	3 семестр	Всего часов
Общая трудоемкость		216
Аудиторные занятия, в т.ч.	50	50
лекционные (ЛК)	34	34
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	16	16
лабораторные (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	130	130
Форма промежуточной аттестации в семестре	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		

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

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. Осуществляет поиск информации, необходимой для решения проблемных ситуаций	<p>Знать: алгоритм поиска информации, необходимой для управления хаосом в химических реакциях</p> <p>Уметь: искать информацию, необходимую для решения проблемных задач в химии и химической технологии</p> <p>Владеть: навыками поиска информации, необходимой для решения проблемных задач в химии и химической технологии</p>

<p>ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетнотеоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>ОПК-2.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>Знать: способы систематизации и анализа результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений в химии и химической технологии Уметь: систематизировать и анализировать результаты экспериментов, наблюдений в химии и химической технологии Владеть: навыками систематизации и анализа результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений в химии и химической технологии</p>
<p>ПК- 1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>ПК-1.1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p>	<p>Знать: алгоритм составления плана отдельных стадий синергетических исследования при наличии общего плана НИР Уметь: составлять план отдельных стадий синергетических исследования при наличии общего плана НИР Владеть: навыками составления плана отдельных стадий синергетических исследования при наличии общего плана НИР</p>

<p>ПК-5 Способен использовать организационноуправленческие навыки в профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-5.2. Знает, воспроизводит, понимает основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности; ориентируется и применяет при решении конкретной управленческой задачи методы теоретического и практического анализа профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности синергетики в химии Уметь: применять основные законы, нормативные документы, принципы промышленной безопасности синергетики в химии Владеть: навыками применения основных законов, нормативных документов, принципов промышленной безопасности синергетики в химии</p>
---	--	---

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
					ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	
1	1	Введение в синергетику	Предмет и задачи синергетики.Примеры образования диссипативных структур.Колебательные химические реакции.Флуктуации и вероятностное описание.	42	8	4	0	30

2	2	Термодинамика в химии и химической технологии	Термодинамический анализ. Линейная термодинамика в химии и химической технологии. Определение возможности возникновения осцилляций в брутто-реакциях. Использование вариационного принципа минимума производства энтропии.	47	8	4	0	35
3	3	Нелинейные системы	Термодинамика нелинейных систем. Нелинейные системы. Бифуркации в нелинейных системах. Непериодические аттракторы: фракталы. Линейные системы.	49	10	4	0	35
4	4	Элементы теории хаоса	Качественная теория динамических систем. Странные аттракторы. Управление хаосом. Оптимизация динамических систем.	42	8	4	0	30
Итого				180	34	16	0	130

3.4. Содержание разделов дисциплины

3.4.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
				ОФО
1	1	Предмет и задачи синергетики.	Краткий исторический обзор. Структура курса. Основные понятия синергетики.	2
	1	Примеры образования диссипативных структур.	Тепловая конвекция как прототип явлений самоорганизации в физике. Модель хищник – жертва в экологических системах. Концентрационные колебания в химических системах.	2
	1	Колебательные химические реакции.	Характеристики колебательных систем. Классификация колебаний. Реакция Брея-Либавски и Белоусова-Жаботинского. Реакция Бригса-Раушера. Проточный реактор с перемешиванием. Реакции на твердых катализаторах.	2

	1	Флуктуации и вероятностное описание.	Основное уравнение Марковских процессов. Информационная и физическая энтропия. Динамика флуктуаций. Кинетическая теория. Кинетика и временные масштабы самоорганизации.	2
2	2	Термодинамический анализ.	Потоки массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических схемах. Анализ производства энтропии в процессах сокристаллизации компонентов.	2
	2	Линейная термодинамика в химии и химической технологии.	Уравнения состояния. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онзагера.	2
	2	Определение возможности возникновения осцилляций в брутто-реакциях.	Стационарное протекание брутто-реакций.	2
	2	Использование вариационного принципа минимума производства энтропии.	Определение устойчивого гидродинамического режима в кристаллизаторе со взвешенным слоем. Расчет предельного пересыщения при кристаллизации.	2
3	3	Термодинамика нелинейных систем.	Термодинамическая функция Ляпунова. Метод термодинамических функций Ляпунова для выявления химических осцилляторов. Определение размера реактора для поддержания устойчивого режима. Осцилляторы в реакторах с рециклами.	2
	3	Нелинейные системы.	Качественная эквивалентность систем. Линеаризация нелинейных систем. Предельные циклы в нелинейных системах. Параметры порядка и принцип подчинения. Отображение Пуанкаре.	2
	3	Бифуркации в нелинейных системах.	Бифуркация типа седло-узел. Бифуркация Адронova-Хопфа. Пространственная самоорганизация. Бифуркация рождения двух циклов. Бифуркация трех неподвижных точек в две неподвижные точки.	2

	3	Непериодические аттракторы: фракталы.	Основные понятия химии фракталов. Методы измерения фрактальной размерности. Фрактальные методы агрегации. Фракталы в коллоидных системах.	2
	3	Линейные системы.	Фазовые портреты. Классификация неподвижных точек на прямой и на плоскости. Асимптотическая устойчивость линейных систем.	2
4	4	Качественная теория динамических систем.	Качественные линейные модели. Качественные исследования линейных систем дифференциальных уравнений. Качественная теория нелинейных систем на плоскости. Точечные отображения.	2
	4	Странные аттракторы	Странный аттрактор системы Лоренца. Теория универсальности Фейгенбаума. Показатели Ляпунова и их определение. Этапы исследования физико-химических процессов.	2
	4	Управление хаосом.	Подавление хаоса в колебательной химической реакции, в процессах кристаллизации малорастворимых веществ. Алгоритм управления химическим хаосом малых размерностей. Управление хаосом в реакции Белоусова-Жаботинского.	2
	4	Оптимизация динамических систем	Пути оптимизации динамических систем и динамических комплексов. Системный подход в оптимизации динамических систем.	2

3.4.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
				ОФО
1	1	Процессы самоорганизации твердофазных систем	Анализ научной публикации (определение цели, задач, объектов и предмета исследований, применение синергетических концепций).	2

	2	Проведение реакции Белоусова-Жаботинского.	Изучение механизма колебательной реакции лимонной кислоты с броматом калия.	2
2	2	Расчет энтропии.	Решение задач из разделов «Второе начало термодинамики», «Линейная неравновесная термодинамика».	2
	2	Исследование решений уравнений на устойчивость	Исследование решений уравнений на устойчивость с помощью функции Ляпунова. Исследование особой точки систем или уравнений.	2
3	3	Построение фазовых портретов линейных систем	Построение фазовых портретов линейных систем, обладающих неподвижными точками. Узел (устойчивый, неустойчивый), седло центр, фокус (устойчивый, неустойчивый).	2
	3	Упражнения на бифуркацию и устойчивость.	Решение задач, моделирующих процессы в химии и химической технологии.	2
4	4	Определение фрактальной размерности	Определение фрактальной размерности и площади поверхности твердых тел. Вычисление фрактальной размерности по результатам гидродинамических экспериментов.	2
	4	Решение дифференциальных уравнений	Решение дифференциальных уравнений, описывающих нелинейные системы.	2

3.4.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
				ОФО

3.6. Самостоятельная работа студентов

Модуль	Номер раздела	Содержание материала, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (в часах)
				ОФО
1	1	Понятие синергетики. Явления самоорганизации в химии и физике. Синергетика для химической технологии.	Работа с электронными образовательными ресурсами, конспектирование, подготовка к собеседованию.	15

1	1	Реакция Белоусова – Жаботинского. Второй закон термодинамики в синергетике. Общие сведения о динамических системах, их классификация	Подготовка к собеседованию, анализ учебного и научного материала. Конспектирование	15
2	2	Линейность стационарных и нестационарных динамических систем. Математические модели линейных динамических систем в фазовом пространстве состояния.	Выполнение расчетных научно-исследовательских заданий в индивидуальных и групповых формах.	20
2	2	Понятие фазовой траектории и фазового пространства. Интегрируемые и неинтегрируемые консервативные системы.	Выполнение расчетных научно-исследовательских заданий в индивидуальных и групповых формах.	15
3	3	Понятие устойчивости и бифуркации. Бифуркация типа острия и предельной точки.	Работа с электронными образовательными ресурсами	15
3	3	Линейный анализ устойчивости. Основные уравнения. Принципы устойчивости линеаризованной системы	Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов	20
4	4	Определение фрактальной размерности	Подготовка к собеседованию. Решение расчетных задач.	15
4	4	Пути оптимизации динамических систем и динамических комплексов. Системный подход в оптимизации динамических систем	Обработка и анализ полученных данных, Написание отчета	15

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

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

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии / Э. М. Кольцова [и др.]. - Москва: Химия, 2001. – 408 с.
2. Гарел, Демет. Колебательные химические реакции / Гарел Демет, Гарел Окан; пер. с англ. Л.П. Тихоновой; под ред. К.Б. Яцимирского. - Москва: Мир, 1986. - 148 с.
3. Ван, Кампен Н.Г. Стохастические процессы в физике и химии / Ван Кампен Н.Г.; пер. с англ. Г.А. Хоменко. - Москва: Высшая школа, 1990. - 376 с.

5.1.2. Издания из ЭБС

4. Морозов, А.Д. Введение в теорию фракталов: научное издание / А. Д. Морозов; А.Д. Морозов. - М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. - 160б.
5. Бочкарев, Валерий Владимирович. Оптимизация химико-технологических процессов: Учебное пособие / Бочкарев Валерий Владимирович; Бочкарев В.В. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 263. - Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/5FB84219-6818-405D-A7E9-AFD9E8ED1068>.

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

6. Мартынов, Георгий Александрович. Классическая статистическая механика. Теория жидкостей: моногр. / Мартынов Георгий Александрович. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 328 с.
7. Николис, Грегуар. Познание сложного. Введение / Николис Грегуар, Пригожин Илья. - Москва: Мир, 1990. - 344 с.
8. Хакен, Герман. Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Хакен Герман; пер. с англ. Ю.А. Данилова, под ред. Ю.Л. Климонтовича. - Москва: Мир, 1985. - 423 с.

5.2.2. Издания из ЭБС

9. Рюэль, Д. Случайность и хаос: : научное издание / Д. Рюэль, Н. А. Зубченко, А. В. Борисова; Д. Рюэль; Пер. с фр. Н.А. Зубченко, Под ред. А.В. Борисова. - М.; Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001. - 192б.
10. Комиссаров, Юрий Алексеевич. Химико-технологические процессы : Учебник и практикум / Комиссаров Юрий Алексеевич; Комиссаров Ю.А., Глебов М.Б., Гордеев Л.С., Вент Д.П. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 359. - Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/E87E330F-8102-4921-9D7C-9C28D3FB38DD>.

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Методы синергетики в химии и химической технологии. [Электронный ресурс]. – URL: <http://cissserver.muctr.edu.ru/alk/sinergetika/lectures/index.html>.
2. Образовательные ресурсы «Единое окно». [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/catalog/>.
3. Сайт С.П. Курдюмова «Синергетика». [Электронный ресурс]. – URL: <http://spkurdyumov.ru/introduction/legenda-i-by/>.
4. Солодов А.П. Глава 4. Элементы неравновесной термодинамики: электронный курс. [Электронный ресурс]. – URL: http://twf.mpei.ac.ru/solodov/HMT-eBook_2009/HMT_E-Book/E-book/Chapt_4_ElementsOfNonequilibriumThermodynamics.pdf.

6. Перечень программного обеспечения

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

Программное обеспечение специального назначения: ABBYY FineReader, Mathematica Standart Version Education, 7-Zip, Google Chrome, Kaspersky Endpoint Security

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
--	---

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Лекция-визуализация проводится с использованием мультимедийного оборудования и сопровождается показом лекционных демонстраций (видеосюжетов), презентацией информации. В лекции-диалоге содержание подается через серию вопросов, на которые студенты должны отвечать непосредственно в ходе занятия.

Практические занятия по дисциплине «Синергетика в химии и химической технологии» и отработка навыков химика-исследователя проводятся в учебной аудитории с интерактивным комплексом. Подготовка к практическим занятиям предполагает самостоятельное прочтение лекционного материала, работу с электронными ресурсами, а также повторение тем ранее изученных дисциплин «Химическая технология», «Математика», «Физическая химия» и «Концепции современного естествознания».

Разработчик/группа разработчиков: Дабижа Ольга Николаевна, доцент кафедры химии

**Рассмотрена на заседании кафедры
(протокол от 01.09.2020 г. № 1)**

Согласована с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

« ____ » _____ 20 ____ г.