

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце: Ханты-Мансийского автономного округа-Югры
ФИО: Косенок Сергей Михайлович "Сургутский государственный университет"
Должность: ректор
Дата подписания: 20.06.2024 07:40:49
Уникальный программный ключ:
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

13 июня 2024г., протокол УМС №5

МОДУЛЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Вычислительные методы в химии

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Химии**
Учебный план g040401-Хим-24-1.plx
04.04.01 ХИМИЯ
Направленность (профиль): Химия нефти

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144
в том числе:
аудиторные занятия 64
самостоятельная работа 44
часов на контроль 36

Виды контроля в семестрах:
экзамены 1

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	уп	рп	уп	рп
Неделя	17 4/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64	64	64	64
Сам. работа	44	44	44	44
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., Зав.к., Ельников Андрей Владимирович

Рабочая программа дисциплины

Вычислительные методы в химии

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия (приказ Минобрнауки России от 13.07.2017 г. № 655)

составлена на основании учебного плана:

04.04.01 ХИМИЯ

Направленность (профиль): Химия нефти

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 13.06.2024 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Химии

Зав. кафедрой к.х.н., доцент Сутормин Олег Сергеевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цель: освоение фундаментальных основ вычислительного эксперимента и численных методов, принципов разработки и построения комплексов программ для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем, исследование математических моделей физических, химических, биологических и других естественно-научных, а также социальных, экономических и технических объектов.
1.2	Задачи:
1.3	- освоить основные принципы построения вычислительной модели;
1.4	- освоить основные методы математического моделирования и подходы к построению математических моделей ХТП;
1.5	- освоить реализацию численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.2	Научно-исследовательский семинар
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Нефтепромысловая химия
2.2.2	Основы научных исследований в области химии
2.2.3	Химия нефти и газа
2.2.4	Нефтехимический синтез
2.2.5	Производственная практика, научно-исследовательская работа
2.2.6	Производственная практика, преддипломная практика
2.2.7	Предсказательная аналитика
2.2.8	Катализ в процессах переработки нефти
2.2.9	Научно-исследовательский семинар
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.11	Учебная практика, научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
2.2.12	Цифровое проектирование и производство
2.2.13	Физико-химические методы повышения нефтеотдачи пластов

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-3.2:	Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-3.3:	Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием
ОПК-2.1:	Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их
ОПК-1.2:	Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-1.3: Использует современные расчетно-теоретические методы химии для решения профессиональных задач
ПК-1.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	Знать основные понятия, результаты и задачи фундаментальной математики и механики. Знать основные и специальные разделы механики жидкостей, газа и многофазных сред, применяемые в вычислительных задачах химии и химической технологии, качественные и количественные методы исследования механических систем, современные тенденции в разработке моделей механики, химической и биологической кинетики, термокинетики и макрокинетики.
3.2 Уметь:	
3.2.1	Применять основные математические методы и алгоритмы для решения стандартных вычислительных задач химической и биологической кинетики, термокинетики и макрокинетики;
3.2.2	Физически корректно ставить задачи механики жидкостей, газа и механики многофазных сред, применительно к проблемам химии и химической технологии, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты;
3.2.3	Давать качественные заключения о поведении физико-химических и биологических систем, анализировать протекающие в них процессы.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Основы вычислительного эксперимента.					
1.1	Вычислительный эксперимент: основные понятия, определения. Модель. Моделирование. Симуляция. Вычислительный эксперимент в физике, химии и математике. Основные этапы постановки и проведения вычислительного эксперимента. Сферы применения вычислительного эксперимента. Инструментальные среды и пакеты прикладных программ для выполнения вычислительных экспериментов. /Лек/	1	4	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	
1.2	Математическое моделирование как основной инструмент вычислительного эксперимента. Основные понятия математического моделирования. Элементарные математические модели. /Пр/	1	4	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	

1.3	Инструментальные среды и пакеты прикладных программ для выполнения вычислительных экспериментов. /Пр/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э5	
1.4	Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины. /Ср/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	
Раздел 2. Основы математического моделирования химико-технологических процессов.						
2.1	Основные принципы математического моделирования. Понятие математической модели. Классификация математических моделей и методов моделирования. Адекватность математической модели. Понятие верификации и валидации математической модели. Схематичное представление объекта моделирования. Система определяющих уравнений. Начальные данные и граничные условия. Динамические и статистические модели. Модели детерминированные и стохастические. Модели стационарные, квазистационарные и нестационарные. Модели непрерывные и дискретные. /Лек/	1	6	ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Л1.7 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э5	
2.2	Базовые модели химической кинетики. Модели с автокатализом. Каталитические схемы превращений. Проточный каталитический реактор идеального смешения. Простейшие модели окисления СО на платине. Неидеальная кинетика и модель Слинько-Чумакова. Модель Савченко. Модели реакции Белоусова- Жаботинского (БЖ). Методы численного интегрирования. /Лек/	1	8	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э5	
2.3	Понятие математической модели. Схематичное представление объекта моделирования. Векторы входных координат, варьируемых параметров и выходных координат объекта. Вектор параметров математической модели. Система определяющих уравнений. Начальные данные и граничные условия. /Пр/	1	4	ОПК-1.2 ОПК-3.3 ПК-1.2	Л1.1 Л1.3 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э4 Э5	

2.4	Параметрический анализ классических моделей термокинетики (Ариса-Амундсона, Зельдовича-Семёнова, Вальтера-Сальникова). Методы численного интегрирования динамических систем. Области технологически безопасных режимов. Диаграммы Семёнова, как критерий устойчивости стационарных состояний химико-технологических процессов. /Лек/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э5	
2.5	Модели макрокинетики. Гомогенно-гетерогенная реакция. Модель реактора неполного смешения. Диссипативные структуры на активной поверхности. Модель «сорбция + реакция + диффузия». Макрокинетика каталитических реакций на поверхностях различной геометрии. Нелинейное взаимодействие активной поверхности и объёма твердого тела. Модели распространения волн реакции. Макрокластеры на поверхности катализатора при окислении СО на Pt. Модель коксования каналов подачи топлива. /Лек/	1	0	ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э5	
2.6	Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины. /Ср/	1	10	ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э4 Э5	
2.7	/Контр.раб./	1	18		Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э5	Контрольная работа
Раздел 3. Разработка математических моделей.						
3.1	Три подхода к разработке математических моделей: теоретический, эмпирический и комбинированный, три класса методов. Разработка математических моделей на основе законов сохранения. Построение математических моделей на основе вариационных принципов. Анализ дискретных моделей - сходимость и устойчивость. /Лек/	1	6	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.4 Л1.6 Л1.8 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э5	

3.2	Разработка математических моделей на основе законов сохранения. Пример разработки математической модели молекулярной диффузии. Пример разработки математической модели теплопроводности (дифференциальное уравнение теплопроводности). Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла. Диффузия и теплопередача в химической и электрохимической кинетике. Работы отечественных учёных (Я.Б. Зельдович, Д.А. Франк- Каменецкий, Н.Н. Семёнов). /Пр/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э5	
3.3	Разработка математических моделей на основе законов сохранения. Пример разработки математической модели гидродинамики. Физико-химическая гидродинамика (работы В.Г. Левича).Применение в теории классического полярографического метода анализа. /Пр/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	
3.4	Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины. /Ср/	1	8	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э4 Э5	
3.5	/Контр.раб./	1	0	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Контрольная работа
3.6	Письменный. /Экзамен/	1	36	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-2.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.6 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Э2 Э3 Э5	Экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Представлены отдельным документом

5.2. Оценочные материалы для диагностического тестирования

Представлены отдельным документом

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Ильин А. М.	Уравнения математической физики: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности (направлению) подготовки ВПО 010501 (01050.62) "Прикладные математика и информатика"	М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009	10
Л1.2	Миносцев В. Б.	Курс математики для технических высших учебных заведений. Часть 3. Дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации	Москва: Лань, 2013, Электронный ресурс	1
Л1.3	Квасов Б. И.	Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab	Москва: Лань", 2016, Электронный ресурс	1
Л1.4	Емельянов В. М., Рыбакина Е. А.	Уравнения математической физики	Москва: Лань", 2016, Электронный ресурс	1
Л1.5	Зализняк В. Е.	Основы научных вычислений. Введение в численные методы для физиков и инженеров: учебное пособие	Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006, Электронный ресурс	1
Л1.6	Крупин В.Г., Павлов А.Л., Попов Л.Г.	Высшая математика. Уравнения математической физики. Сборник задач с решениями	Moscow: Издательский дом МЭИ, 2011, Электронный ресурс	2
Л1.7	Плохотников К.Э.	Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета MATLAB: учебное пособие	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017, Электронный ресурс	1
Л1.8	Плохотников К. Э.	Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета MATLAB: Курс лекций	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017, Электронный ресурс	1
Л1.9	Гулин А. В., Мажорова О. С.	Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Учебное пособие	Москва: ООО "Научно-издательский центр «НФРА-М», 2017, Электронный ресурс	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.10	Кошев А. Н., Кузина В. В.	Вычислительные методы: Учебное пособие	Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2012, Электронный ресурс	1
Л1.11	Мезенцев Ю.А.	Эффективные вычислительные методы решения дискретных задач оптимизации управления производственными процессами: монография	Москва: НГТУ, 2015, Электронный ресурс	2
Л1.12	Гололобов, С. В., Мацокин, А. М.	Вычислительные методы анализа и линейной алгебры. В 2 частях. Ч.1: учебно-методическое пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2019, Электронный ресурс	1
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Мартинсон Л. К., Малов Ю. И.	Дифференциальные уравнения математической физики: Учебник для студентов высших технических учебных заведений	М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002	19
Л2.2	Щербакова Ю. В., Миханьков М. А.	Уравнения математической физики: Учебное пособие	Саратов: Научная книга, 2012, Электронный ресурс	1
Л2.3	Пименов В. Г.	Численные методы решения уравнения теплопроводности с запаздыванием / Вестник Удмуртского университета. Серия 1. Математика. Механика. Компьютерные науки, Вып. 2, 2008	Ижевск: ФГБОУ ВПО "Удмуртский Государственный университет", 2008, Электронный ресурс	1
Л2.4	Кудряшов С. Н.	Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики»: учебное пособие	Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2011, Электронный ресурс	1
Л2.5	Демин Д.Б.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине Численные методы. Часть 1: учебно-методическое пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2016, Электронный ресурс	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.6	Демин Д.Б.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине Численные методы. Часть 2: учебно-методическое пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2016, Электронный ресурс	1
Л2.7	Крахоткина Е.В.	Численные методы в научных расчетах: учебное пособие	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015, Электронный ресурс	1
Л2.8	Малышева Т. А.	Численные методы и компьютерное моделирование. Лабораторный практикум по аппроксимации функций: Учебно-методическое пособие	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016, Электронный ресурс	1
Л2.9	Киреев В. И.	Численные методы в примерах и задачах	Москва: Лань", 2015, Электронный ресурс	1
Л2.10	Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д.	Элементы прикладной математики: учебное пособие	Москва: Физматлит, 2008, Электронный ресурс	2
Л2.11	Казарян М.Л., Музаев И.Д.	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: Сборник	Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018, Электронный ресурс	1
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Гидаспов В. Ю., Пирумов У. Г.	Численные методы: Сборник задач	М.: Дрофа, 2007	35
Л3.2	Вержбицкий В. М.	Численные методы: Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения	М.: Высшая школа, 2001	29
Л3.3	Кудряшов С. Н., Радченко Т. Н.	Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики»: Учебное пособие	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2011, Электронный ресурс	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
ЛЗ.4	Пичугин Б.Ю., Пичугина А.Н.	Уравнения математической физики: учебное пособие	Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016, Электронный ресурс	1
ЛЗ.5	Крупин В.Г., Павлов А.Л., Попов Л.Г.	Высшая математика. Уравнения математической физики. Сборник задач с решениями	Moscow: Издательский дом МЭИ, 2011, Электронный ресурс	2
ЛЗ.6	Блинова И.В., Попов И.Ю.	Простейшие уравнения математической физики: учебное пособие	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2009, Электронный ресурс	1
ЛЗ.7	Наац В.И., Наац И.Э., Рыскаленко Р.А., Ярцева Е.П.	Математические модели и вычислительный эксперимент в проблеме контроля и прогноза экологического состояния атмосферы: монография	Ставрополь: Северо- Кавказский федеральный университет, 2016, Электронный ресурс	1
ЛЗ.8	Плохотников К.Э.	Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета Matlab: Учебное пособие	Москва: Издательство "СОЛОН-Пресс", 2017, Электронный ресурс	1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лобко, В. Н. Математические методы в химии и химической технологии. Численные методы решения алгебраических задач и обработки функций : учеб. пособие / В. Н. Лобко ; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019 – 144 с. (http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/04.03.01/Metod_doc/МАТЕМАТИЧЕСКИЕ_МЕТОДЫ_В_КНИ_МН_И_ХИМИЧЕСКОЙ_ТЕХНОЛОГИИ/Численные_методы_resheniya_algebraicheskikh_zadachi_obrabotki_funkcii.pdf)
Э2	Зенков, А. В. Численные методы : учеб. пособие / А. В. Зенков. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016 — 124 с. (https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40678/1/978-5-7996-1781-3_2016.pdf)
Э3	Брановицкая С.В., Медведев Р.Б., Фиалков Ю.Я. Вычислительные методы в химии и химической технологии. - К.: Высш. шк. Головное изд.-во, 1986. - 216 с. (https://booksee.org/book/758373)
Э4	Каныгина О.Н. Вычислительные методы в химии: Задачник / О.Н. Каныгина, Е.В. Сальникова, П.А. Понамарёва; Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2019 - 99 с. (https://e.lanbook.com/book/159947)
Э5	Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB: курс лекций. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр.– М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 496 с. (https://fileskachat.com/download/43229_5eeebfbc7c0617e123b172c3e1616b9.html .)

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1 Пакет прикладных программ Microsoft Office.

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1 "Гарант", "Консультант-плюс", "Консультант-регион".

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: типовой учебной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (переносной мультимедиа проектор, переносной ноутбук, стационарная учебная доска для мела).
-----	--