

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

Кафедра математического анализа и моделирования

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Основной образовательной программы по направлению подготовки 010900.68 –
«Прикладные математика и физика»

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан канд. физ.-мат. наук, доцентом Масловской Анной Геннадьевной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от «___» _____ 2012 г. №___

Зав. кафедрой _____ / _____ /

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМС по направлению подготовки 010900.68 – «Прикладные математика и физика»

от «___» _____ 2012 г. №___

Председатель _____ / Е.А. Ванина /

СОДЕРЖАНИЕ

1	Рабочая программа учебной дисциплины	4
1.1	Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.2	Место дисциплины в структуре ООП ВПО	4
1.3	Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
1.4	Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование физических процессов»	5
1.5	Содержание разделов и тем дисциплины	7
1.6	Самостоятельная работа	8
1.7	Матрица компетенций учебной дисциплины	9
1.8	Образовательные технологии	9
1.9	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	9
1.10	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Математическое моделирование физических процессов»	10
1.11	Материально-техническое обеспечение дисциплины	11
1.12	Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине	11
2	Краткое изложение программного материала	11
3	Методические указания	15
3.1	Методические указания к практическим и лабораторным занятиям	17
3.2	Методические по самостоятельной работе студентов	18
4	Контроль знаний	19
4.1	Текущий контроль знаний	19
4.2	Итоговый контроль	19
5	Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе	19

1 Рабочая программа учебной дисциплины

1.1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Математическое моделирование физических процессов» занимает важное место в системе прикладного математического образования. Целью преподавания дисциплины является изучение: фундаментальных основ теории моделирования, основных понятий компьютерной имитации, подходов к моделированию физических процессов и явлений, а также освоение методов построения, классификации и анализа математических моделей проектируемых с помощью вычислительной техники физических систем.

Задачи изучения курса предполагают освоение основ классификации и методик построения математических моделей физических явлений, освоение основных принципов программных реализаций используемых аналитических или численных методов, а также анализ решения физической задачи, полученной в математических терминах. Задачи также предполагают изучение следующих вопросов: исследование физического объекта или процесса (построение физической модели), математическое описание задачи, выбор метода решения и исследования задачи (построение математической модели), разработка и выбор оптимального алгоритма решения конкретных задач, обработка и анализ полученных результатов (проведение вычислительного эксперимента), корректировка способа решения при наличии особенностей задачи, анализ вопроса устойчивости и сходимости метода решения, оценка границ применимости построенной математической модели.

1.2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Математическое моделирование физических процессов» включена в блок «Дисциплины по выбору» (М2.В.ДВ.1).

1.3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Общекультурные компетенции (ОК):

компетенция системного аналитического мышления: способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученных в области естественных и гуманитарных наук, и обладать научным мировоззрением (ОК-1),

компетенция креативности: способность ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание (ОК-2),

компетенция самообразования и профессиональной мобильности: способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях (ОК-3).

Профессиональные компетенции (ПК):

компетенция профессиональной аналитической деятельности: способность применять в своей профессиональной деятельности углубленные знания, полученные в соответствии с профильной направленностью (ПК-1),

компетенция профессиональной научной деятельности: способность ставить задачи теоретических и (или) экспериментальных научных исследований и решать их с помощью соответствующего физико-математического аппарата, современной аппаратуры и информационных технологий (ПК-2),

компетенция профессионального развития: способность самостоятельно осваивать новые дисциплины и методы исследования (ПК-3),

компетенция профессионального владения информационно-коммуникационными технологиями: способность применять современные методы анализа, представления и передачи информации, использовать ППП по профилю подготовки (ПК-4),

компетенция профессионального представления результатов деятельности: способность профессионально представлять планы и результаты собственной деятельности на русском и английском языках с использованием современных средств (ПК-6),

компетенция планирования и организации профессиональной деятельности: способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-8),

компетенция математического и физического моделирования явлений и процессов: способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические и физические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-9).

По завершению курса обучаемые должны приобрести устойчивые навыки и умения, позволяющие выполнять формализацию описания исследуемой физической системы, необходимые математические преобразования ее модели, а также эффективно решать практические задачи моделирования физических процессов и явлений, анализировать характеристики проектируемых физических систем.

1.4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Введение в теорию математического и компьютерного моделирования Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей	1	1-2	<u>Лекция (2 час.)</u> , <u>Практическое занятие (2 час.)</u> . Выполнение РГР №1 «Инструментальные средства Matlab». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (4 час.).	Устная защита РГР.
2	Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования	1	3-4	<u>Лекция (2 час.)</u> , <u>Практическое занятие (2 час.)</u> . Выполнение РГР №2 «Разработка интерфейса пользователя в Matlab». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (4 час.).	Устная защита РГР.
3	Моделирование	1	5-6	<u>Лекция (2 час.)</u> ,	Устная защита РГР.

	физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными и уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач			<u>Практическое занятие (2 час.)</u> . Выполнение РГР №3 «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (8 час.).		
4	Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа	1	7-10	<u>Лекция (4 час.)</u> , <u>Практическое занятие (4 час.)</u> . Выполнение РГР №4 «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (8 час.).	Устная защита РГР.	
5	Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами	1	11-14	<u>Лекция (4 час.)</u> , <u>Практическое занятие (4 час.)</u> . Выполнение РГР №5 «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (8 час.).	Устная защита РГР.	
6	Введение моделирование физических процессов использованием имитационного подхода	в с	1	15-16	<u>Лекция (2 час.)</u> , <u>Практическое занятие (2 час.)</u> . Выполнение РГР №6 «Моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода». Самостоятельная работа – подготовка к сдаче РГР (4 час.).	Устная защита РГР.
7	Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий	1	17-18	<u>Лекция (2 час.)</u> , <u>Практическое занятие (2 час.)</u> . Выполнение РГР №7 «Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий». Самостоятельная работа –	Устная защита РГР. Устный опрос	

				подготовка к сдаче РГР (4 час.).	
Итого					
Лекций					36
Практических занятий					36

1.5 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение. Введение в теорию математического и компьютерного моделирования

Предмет теории моделирования. Моделирование как метод научного познания. Состояние и перспективы развития математического моделирования. Перспективы развития методов и средств моделирования систем в свете новых информационных технологий.

Тема №1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей (лекция 1, практическое занятие 1).

Этапы вычислительного эксперимента. Принципы построения математических моделей. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования. Методы построения вычислительного алгоритма. Реализация моделей в виде программы для ЭВМ. Проверка адекватности модели. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.

Тема №2. Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования (лекция 2, практическое занятие 2).

Фундаментальные законы природы. Законы сохранения энергии, материи, импульса. Вариационные принципы. Принцип Ферми. Применение аналогий при построении моделей. Модель Мальтуса. Иерархический подход к получению моделей. Модель многоступенчатой ракеты. Нелинейность математических моделей. Модель Ферхюльста.

Тема №3. Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач (лекция 3, практическое занятие 3).

Постановки базовых задач. Методы численного моделирования физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши: приближенно-аналитические, сеточные методы (Эйлера, Рунге-Кутта, Адамса, явные и неявные схемы). Оценка точности найденного приближенного решения. Методы численного моделирования физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в краевых задачах: метод конечных разностей, метод коллокации, метод Галеркина. Использование возможностей математических пакетов для решения задач и визуализации результатов.

Тема №4. Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа (лекции 4-5, практические занятия 4-5).

Постановки базовых задач для моделей стационарных физических процессов (уравнение стационарной теплопроводности, уравнение Пуассона для определения потенциала электрического поля, созданного системой зарядов). Методы численного моделирования: метод конечных разностей, методы взвешенных невязок, метод конечных элементов, вариационные методы. Точность вычислительного эксперимента. Анализ результатов.

Тема №5. Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами (лекции 6-7, практические занятия 6-7).

Постановки базовых задач для моделей нестационарных физических процессов (нестационарное уравнение теплопроводности, уравнения, описывающие колебательные процессы). Решение уравнений в частных производных параболического и гиперболического типов методом конечных разностей. Физические приложения (диффузионные и волновые процессы). Особенности решения нестационарных задач математической физики. Решение краевых задач для криволинейных областей. Точность вычислительного эксперимента. Анализ результатов.

Тема №6. Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода (лекция 8, практическое занятие 8).

Использование теории фракталов для моделирования самоподобных физических систем. Алгоритмы и методы генерации фракталов. Методы определения фрактальной размерности. Перколяционные процессы. Перколяционный кластер. Алгоритм Хошена-Копельмана. Аспекты программной реализации алгоритмов и методов.

Тема №7. Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий (лекция 9, практическое занятие 9).

Генераторы псевдослучайных чисел. Машинная генерация псевдослучайных последовательностей; проверка и улучшение качества последовательностей; моделирование случайных воздействий. Организация случайных блужданий. Методы Монте-Карло для организации случайных блужданий. Модель броуновского движения. Вариации метода Монте-Карло для моделирования транспорта элементарных частиц. Программные реализации.

1.6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа – 36 час.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
1	1	Подготовка к сдаче РГР «Инструментальные средства Matlab». Написание отчета по работе.	4
2	2	Подготовка к сдаче РГР «Разработка интерфейса пользователя в Matlab». Написание отчета по работе.	4
3	3	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач». Написание отчета по работе.	4
4	4	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа». Написание отчета по работе.	8
5	5	Подготовка к сдаче РГР «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами» Написание отчета по работе.	8
6	6	Подготовка к сдаче РГР «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода». Написание отчета по работе.	4
7	7	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование случайных величин и случайных событий». Написание отчета по работе.	4
Итого			36

1.7. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы	Компетенции				Итого Σ общее количество компетенций
	(ОК-1), (ОК-2), (ОК-3)	(ПК-1), (ПК-2), (ПК-3),	(ПК-4) (ПК-6),	(ПК-8), (ПК-9)	
1	+	+	+	+	10
2	+	+	+	+	10
3	+	+	+	+	10
4	+	+	+	+	10
5	+	+	+	+	10
6	+	+	+	+	10
7	+	+	+	+	10

1.8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При преподавании дисциплины «Математическое моделирование физических процессов» используются как традиционные (лекция, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, «мозговой штурм», «метод проектов», возможно использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

Распределение образовательных технологий соответствует проведению занятий в интерактивной форме в объеме не менее 30% от аудиторных занятий – 12 часов.

Интерактивные формы обучения используются на лекционных и практических занятиях, темы которых приведены в таблице:

Наименование тем:	Лек.	Практ.	Σ
1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей (проблемная лекция)	2	-	2
2. Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования (проблемная лекция, мозговой штурм).	2	-	2
5. Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2	2	4
7. Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий(проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2	2	4
Всего	8	4	12

1.9 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: балльно-рейтинговая система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения занятий посредством устного опроса по

контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по практическим работам. Каждый вид работ, включая посещение лекционных занятий, оценивается определенным количеством баллов (п.12).

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде зачета. Для итоговой аттестации студента по дисциплине также используется балльно-рейтинговая система оценки знаний.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов: основная и дополнительная литература, официальные ресурсы сети Internet, установленное в вузе программное обеспечение.

1.10 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

а) основная литература:

1. Советов, Борис Яковлевич. Моделирование систем [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев, -М: Высшая школа, 2007. - 344 с.
2. Самарский, Александр Андреевич. Математическое моделирование. [Текст] : Идеи, методы, проблемы: моногр. / А.А. Самарский, А.П. Михайлов, М.: Москва: Физматлит, 2005. - 320 с.
3. Юдович В.И. Математическое моделирование в естественных науках [Текст]: учеб. пособие / В.И. Юдович – СПб: Лань, 2011 – 336с.

б) дополнительная литература:

1. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике [Текст] : В 2-х ч.: Учеб. пособие. Ч. 1 / Х. Гулд, Я. Тобочник; Пер. с англ. А.Н. Полюдова, В.А. Панченко, – М.: Мир,1990. - 349 с.
2. Масловская, Анна Геннадьевна. Численные методы. Моделирование на базе MATLAB [Текст] : практикум: рек. ДВ РУМЦ / А. Г. Масловская, Л. В. Чепак, 2007. - 108 с.
4. Масловская, Анна Геннадьевна. Компьютерное моделирование физических процессов [Текст] : практикум / А. Г. Масловская, Е. В. Стукова, Л. В. Чепак, 2009. - 100 с.
5. Плохотников, Константин Эдуардович. Вычислительные методы. Теория и практика в среде Matlab [Текст] : курс лекций : учеб. пособие : рек. УМО / К.Э. Плохотников, - М.: Горячая линия – Телеком, 2009. - 496 с.
6. Самарский А.А. Численные методы математической физики [Текст] : Учеб. пособие / Самарский А.А., Гулин А.В., М.: Научный Мир, 2000. - 316с.

в) периодические издания

- 10.1 Журнал “Russian journal of numerical analysis and mathematical modeling”
- 10.2 Журнал «Математическое моделирование»

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

10.13 Пакет прикладных программ Matlab.

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
2	http://exponenta.ru/	Имеются ресурсы: Internet-класс по Высшей Математике; работа с примерами, решенными в средах ППП; банк решенных студенческих задач; обсуждение на

форуме.

1.11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в стандартной аудитории (ауд.338^а, 407), оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа-проектор.

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе, рассчитанном на 10 посадочных рабочих мест пользователей (ауд. 327, 329), в котором установлен пакет прикладных программ Matlab.

1.12 РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Рейтинговая оценка знаний студентов проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов АмГУ и положением кафедры МАиМ по дисциплине.

Текущий контроль включает в себя проверку РГР, итоговый опрос студентов.

БАЛЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОЦЕНКИ ЗА 4 СЕМЕСТР

№	Вид работы	Норма	Максимальное кол-во баллов
1	Посещение занятий	1 балл/2 часа ауд.зан.	18 баллов
2	РГР «Инструментальные средства Matlab».	0-3 баллов	3 балла
3	РГР «Разработка интерфейса пользователя в Matlab».	0-3 баллов	3 балла
4	РГР «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач»	0-5 баллов	5 баллов
5	РГР «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа»	0-5 баллов	5 баллов
6	РГР «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами»	0-5 баллов	5 баллов
7	РГР «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода»	0-5 баллов	5 баллов
8	РГР «Моделирование случайных величин и случайных событий»	0-5 баллов	5 баллов
9	Устный опрос (предполагает опрос студентов по вопросам программы).	0-11 баллов	11 баллов
10	Всего за семестр	0-60 баллов	60 баллов

2 Краткое изложение программного материала

Семестр обучения: 2

Лекция 1

Название темы: «Введение. Введение в теорию математического и компьютерного моделирования. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей» (тема №1).

План лекции.

1. Введение в предмет «Математическое моделирование физических процессов».
2. Построение моделей. Основные вопросы методологии моделирования.

3. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Схема вычислительного эксперимента.

4. Принципы, этапы и методы построения моделей.

Цели, задачи:

1. Ввести студентов в дисциплину «Математическое моделирование физических процессов», обозначить структуру курса, содержание практикума по основным разделам дисциплины, озвучить междисциплинарные связи, правила организации аудиторной и самостоятельной работы студентов, дать методические рекомендации по изучению дисциплины, указать список основной и дополнительной литературы, рекомендуемой студентам, ознакомить студентов с формами текущего и итогового контроля по дисциплине.

2. Дать представление о теории математического и компьютерного моделирования, ввести базовые понятия и определения, раскрыть данную тему.

Ключевые вопросы:

Предмет теории моделирования. Моделирование как метод научного познания.

Состояние и перспективы развития математического моделирования. Перспективы развития методов и средств моделирования в свете новых информационных технологий.

Этапы вычислительного эксперимента.

Принципы построения математических моделей.

Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования.

Методы построения вычислительного алгоритма.

Реализация моделей в виде программы для ЭВМ.

Проверка адекватности модели.

Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1-1.8.2

Лекция 2

Название темы: «Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования» (тема №2).

План лекции.

1. Фундаментальные законы природы.
2. Вариационные принципы.
3. Применение аналогий при построении моделей.
4. Иерархический подход к получению моделей.
5. Нелинейность математических моделей.

Цели, задачи: дать обучающимся целостные и взаимосвязанные знания по теме «Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования», обеспечить творческую работу студентов совместно с преподавателем.

Ключевые вопросы:

Фундаментальные законы природы. Законы сохранения энергии, материи, импульса. Модель радиоактивного распада. Модель реактивного движения. Модель «Простейший эксперимент по баллистике».

Вариационные принципы. Принцип Ферми.

Применение аналогий при построении моделей. Модель Мальтуса.

Иерархический подход к получению моделей. Модель многоступенчатой ракеты.

Нелинейность математических моделей. Модель динамики популяции Ферхюльста.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1-1.8.2

Лекция 3

Название темы: «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач» (тема №3).

План лекции.

1. Методы численного моделирования физических задач в постановке задач Коши и краевых задач для ОДУ.

2. Примеры моделей и их реализаций: моделирование процесса остывания нагретого тела, моделирование процесса зарядки-разрядки конденсатора, схема реализации модели радиоактивного распада, моделирование цепной реакции ядерного взрыва.

3. Реализация моделей на ЭВМ с помощью программных сред.

Цели, задачи: разъяснение и системное изложение учебного материала по теме «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач».

Ключевые вопросы:

Методы численного моделирования физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши: приближенно-аналитические, сеточные методы (Эйлера, Рунге-Кутта, Адамса, явные и неявные схемы). Оценка точности найденного приближенного решения. Методы численного моделирования физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в краевых задачах: метод конечных разностей, метод коллокации, метод Галеркина.

Моделирование процесса остывания нагретого тела. Формулировка физического закона и вывод дифференциального уравнения, лежащего в основе модели. Обоснование выбора параметров модели. Моделирование процесса зарядки-разрядки конденсатора. Схема реализации модели радиоактивного распада. Моделирование цепной реакции ядерного взрыва.

Постановки базовых задач. Использование возможностей математических пакетов для решения задач и визуализации результатов.

Ссылки на литературные источники:

1.8.2, 1.8.3, 1.8.4., 1.8.5, 1.8.7

Лекции 4-5

Название темы: «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа» (тема №4).

План лекции.

1. Постановки базовых задач. Стационарные задачи математической физики.

2. Аспекты численной алгоритмизации математической модели.

3. Реализация физической модели средствами пакета Matlab.

Цели, задачи: системное изложение теоретических и практических аспектов темы «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа».

Ключевые вопросы:

Постановки базовых задач для моделей стационарных физических процессов (уравнение стационарной теплопроводности, уравнение Пуассона для определения потенциала электрического поля, созданного системой зарядов).

Методы численного моделирования: метод конечных разностей, методы взвешенных невязок, метод конечных элементов, вариационные методы. Точность вычислительного эксперимента. Анализ результатов.

Особенности реализации моделей в ППП Matlab. Использование PDE tool box Matlab.

Ссылки на литературные источники:

1.8.2, 1.8.3, 1.8.4., 1.8.5, 1.8.7

Лекции 6-7

Название темы: «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами» (тема №5).

План лекции.

1. Физические постановки задач.
2. Аспекты численной алгоритмизации математической модели.
3. Реализация физической модели средствами пакета Matlab.

Цели, задачи: практическое применение численного моделирования к решению многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами.

Ключевые вопросы:

Постановки базовых задач для моделей нестационарных физических процессов (нестационарное уравнение теплопроводности, уравнения, описывающие колебательные процессы).

Решение уравнений в частных производных параболического и гиперболического типов методом конечных разностей. Физические приложения (диффузионные и волновые процессы). Особенности решения нестационарных задач математической физики. Решение краевых задач для криволинейных областей. Точность вычислительного эксперимента. Анализ результатов.

Особенности реализации моделей в ППП Matlab. Использование PDE tool box Matlab.

Ссылки на литературные источники:

1.8.2, 1.8.3, 1.8.4., 1.8.5, 1.8.7

Лекция 8

Название темы: «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода» (тема №6)

План лекции.

1. Физические постановки задач моделирования.
2. Аспекты численной алгоритмизации математической модели.
3. Реализация физической модели средствами пакета Matlab.

Цели, задачи: Формирование устойчивых знаний по теме «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода», мотивация студентов к самостоятельной работе по практическим вопросам применения данной темы.

Ключевые вопросы:

Использование теории фракталов для моделирования самоподобных физических систем.

Алгоритмы и методы генерации фракталов.

Методы определения фрактальной размерности.

Перколяционные процессы. Перколяционный кластер.

Алгоритм Хошена-Копельмана.

Аспекты программной реализации алгоритмов и методов.

Ссылки на литературные источники:

1.8.2, 1.8.3, 1.8.4., 1.8.5, 1.8.7

Лекция 9

Название темы: «Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий» (тема №7)

План лекции.

1. Постановки типичных задач.
2. Алгоритмы метода Монте-Карло.
3. Использование ППП для программных реализаций.

Цели, задачи: формирование прикладных знаний по вопросам стохастического моделирования в физике.

Ключевые вопросы:

Генераторы псевдослучайных чисел. Машинная генерация псевдослучайных последовательностей; проверка и улучшение качества последовательностей; моделирование случайных воздействий.

Организация случайных блужданий. Методы Монте-Карло для организации случайных блужданий. Модель броуновского движения. Вариации метода Монте-Карло для моделирования транспорта элементарных частиц.

Программные реализации.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1-1.8.2, 1.8.3, 1.8.5

3. Методические указания

Для оптимальной организации изучения дисциплины студентам рекомендуется следовать следующим методическим указаниям.

Студенты очной формы обучения обязаны присутствовать на занятиях и выполнять все предусмотренные учебно-методическим комплексом дисциплины формы учебной работы; проходить промежуточный и итоговый контроль в виде защит практических работ, аттестации в форме контроля знаний; сдачи зачета в предлагаемой преподавателем форме.

Дисциплина «Математическое моделирование физических процессов» включена в вариативную часть профессионального цикла дисциплин и изучается студентами во 2 семестре обучения. Семестр изучения дисциплины включает 18 часов лекционных

занятий, 18 часов практических занятий, 36 часов отводится на самостоятельную работу студентов. Семестр заканчивается зачетом.

Теоретическая часть курса включает следующие темы (рядом указан объем каждой лекции в часах).

Введение. Введение в теорию математического и компьютерного моделирования.

Тема №1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей – 2

Тема №2. Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования – 2

Тема №3. Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач – 2.

Тема №4. Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа – 4.

Тема №5. Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами – 4.

Тема №6. Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода – 2.

Тема №7. Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий – 2.

Каждая лекция содержит необходимый объем теоретического материала по каждой из изучаемых тем. В курс включены темы, отражающие современное состояние теории компьютерного моделирования физических процессов. Дисциплина направлена на изучение основных подходов к построению и программной реализации математических моделей физических систем в ППП Matlab. Приводятся описания и примеры применения программной среды MATLAB, ставшей международным стандартом учебного программного обеспечения в области прикладной математики. В дополнение к лекционному материалу, студентам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.8.

Студенты в рамках аудиторных занятий должны, в целом, владеть понятийным аппаратом, основанном на ранее изученных дисциплинах, воспринимать теоретический материал базового содержания лекции, видеть причинно-логические связи в лекции, понимать схему решения примеров, приводимых в лекции. Для освоения темы каждой лекции на более глубоком уровне требуется дополнительная работа с теоретическим материалом в форме прочтения и изучения основной и дополнительной литературы, самостоятельной работы с лекцией.

Практические работы направлены на закрепление теоретического материала на практическом уровне и предусматривают решение задач компьютерного моделирования конкретных физических процессов. Выполняются практические работы с помощью ЭВМ по вариантам индивидуальных заданий. Допускается работа в подгруппах, состоящих из 2 студентов, с выполнением одного варианта. Отчет в этом случае оформляется каждым студентом отдельно. Опрос проводится независимо от личного вклада в результат выполнения работы. Для выполнения работы необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела, составить блок-схему вычислительного эксперимента, описать все этапы обработки данных, выполнить программную реализацию, протестировать эксперимент на контрольном примере для установления адекватности расчетов, оформить отчет по работе. При возникновении проблемных ситуаций в ходе решения практических задач (неясен алгоритм, непонятна ошибка программной среды при реализации метода, появились затруднения, связанные с тестированием алгоритма и пр.) или освоения теоретического материала преподавателем приветствуется любой диалог или дискуссия (возможно, с участием студентов, выполняющих задание по другому варианту),

направленные на решение проблемы, при необходимости отведения дополнительного и/или индивидуального времени – в рамках консультаций во внеаудиторное время.

3.1 Методические указания к практическим занятиям

Практическая часть курса предусматривает практические занятия по следующим темам (рядом указан объем в часах, отводимый на выполнение каждой работы).

Тема №1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей – 2

Тема №2. Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования – 2

Тема №3. Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач – 2.

Тема №4. Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа – 4.

Тема №5. Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами – 4.

Тема №6. Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода – 2.

Тема №7. Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий – 2.

Темы РГР:

1. «Инструментальные средства Matlab».
2. «Разработка интерфейса пользователя в Matlab».
3. «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач»
4. «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа»
5. «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами»
6. «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода»
7. «Моделирование случайных величин и случайных событий»

Практическая часть курса методически обеспечена практическими работами, которые в начале семестра изучения дисциплины выдаются студентам в электронной форме. В практикуме, ориентированном на ППП Matlab, приводится краткая теория по соответствующему разделу, предлагаются иллюстрирующие примеры с детальными компьютерными реализациями, приводятся варианты индивидуальных заданий к практикуму на ЭВМ.

Кроме текстов практических работ, студентам рекомендуется использовать также основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.8, при этом обращать внимание на практические аспекты проблем реализации моделей.

Индивидуальное задание по теме практической работы выполняется строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Оформлять работу следует четко и аккуратно, придерживаясь основных правил оформления отчетных работ: титульный лист (содержит: ФИО, №группы, курс, дисциплина, тема работы и т. д.), лист задания (содержит перечень предложенных заданий), раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса (включая подробный алгоритм основного метода), раздел, содержащий описание программной реализации (листинг программного блока и описание интерфейса программы, если таковой имеется, может быть вынесен в приложение), раздел, содержащий анализ результатов моделирования.

Практическая работа считается выполненной с отметкой «зачтено», если:

1. Программная реализация математической модели полностью соответствует заданию.
2. Студент отвечает на основные теоретические вопросы по соответствующему разделу.
3. Работа оформлена в соответствии с указанными требованиями.

Сроки сдачи работ ограничены отведенным на выполнение практикума аудиторным временем – 18 час. практический занятий. Рекомендуется выполнять и сдавать на проверку отчеты по практическим работам по мере изложения лекционного материала и выдачи заданий преподавателем. Необходимым условием допуска студента на зачет является сдача всех практических работ.

3.2 Методические по самостоятельной работе студентов

На самостоятельную работу студента по дисциплине «Математическое моделирование физических процессов» отводится 36 часов.

Схема самостоятельной работы студентов, перечень тем, рекомендации по работе с литературой, рекомендации по подготовке к аттестации:

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы, рекомендация по работе с литературой	Трудоёмкость в часах
1	1	Подготовка к сдаче РГР «Инструментальные средства Matlab». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературного источника 1.8.5.	4
2	2	Подготовка к сдаче РГР «Разработка интерфейса пользователя в Matlab». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературного источника 1.8.5.	4
3	3	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями в постановке задач Коши и краевых задач». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.8.3, 1.8.5.	4
4	4	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование физических процессов, описываемых уравнениями эллиптического типа». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.8.3, 1.8.5.	8
5	5	Подготовка к сдаче РГР «Решение многомерных эволюционных задач математической физики сеточными методами» Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.8.3, 1.8.5.	8
6	6	Подготовка к сдаче РГР «Введение в моделирование физических процессов с использованием имитационного подхода». Написание отчета по работе.	4

		Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.8.3, 1.8.5.	
7	7	Подготовка к сдаче РГР «Моделирование случайных величин и случайных событий». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.8.3, 1.8.5.	4
Итого			36

4 Контроль знаний

4.1 Текущий контроль знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: рейтинговая система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения практических занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по РГР. Детальная структура балльной оценки приведена в п.12. Рабочей программы и включает следующие виды работ:

1. посещение занятий;
2. выполнение РГР;
3. устный опрос (предполагает опрос студентов по вопросам программы).

4.2 Итоговый контроль знаний

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде зачета.

Зачет сдается в конце семестра. Итоговый зачет проводится по результатам балльно-рейтинговой оценки.

5 Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе

При преподавании дисциплины «Математическое моделирование физических процессов» используются следующие инновационные технологии и методы: применение мультимедийного проектора при чтении лекций, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников при самостоятельной работе студентов, применение рейтинговой системы оценки знаний студентов, семинар-дискуссия, «мозговой штурм», дискуссии в обсуждении проблемных ситуаций при программировании алгоритмов и обсуждении результатов проведения модельных экспериментов.