

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
А.С. Батурин**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Современные методы математического моделирования
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и наноэлектроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.А. Шарапов

Программа обсуждена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники 03.03.2023

Аннотация

Курс "Современные методы математического моделирования" предусматривает получение знаний по теоретическим основам математического моделирования, изучение подходов к реализации методов математического моделирования на вычислительных системах и приобретение практических навыков в области математического моделирования, анализа и визуализации данных.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование специальных знаний в области анализа и визуализации данных, определение связи понятий и методов математического моделирования и математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений, общей и теоретической физики, вычислительной математики, информатики и других дисциплин.

Задачи дисциплины

- изучение математического базиса наиболее значимых средств формализации и средств численного моделирования;
- овладение навыками систематического мышления;
- выработка опыта в самостоятельном исследовании сложных систем и явлений.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- сущность современных методов математического моделирования;
- принципы и порядок создания математических и физических моделей процессов и систем;
- методы анализа и визуализации данных.

уметь:

- выполнять обработку и анализ данных;
- адаптировать знания курсов математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений, общей и теоретической физики, вычислительной математики, информатики и других дисциплин к анализу наблюдаемых или описываемых процессов;
- реализовывать оптимизационные алгоритмы.

владеть:

- методами обработки данных с помощью самостоятельно разработанных скриптов;
- методами научной визуализации с помощью математических пакетов;
- методами моделирования с использованием САПР мультифизики.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Роль моделирования в науке	2			1
2	Типовой маршрут математического моделирования	2			1
3	Элементы системного анализа	2			1
4	Структура современной математики	2			1
5	Фундаментальные понятия вычислительной математики	2			1
6	Типичные задачи и методы вычислительной математики	2			1
7	Методы построения сеток в симуляторах	2			1
8	Нейросетевые модели	2			1
9	Общечеловеческие математические пакеты САПР	2			1
10	Программные аспекты реализации математических моделей	2			1
11	Проблема идентификации параметров модели. Методы верификации и оптимизации	2			1
12	Планирование вычислительного эксперимента. Прагматический подход к математическому моделированию	2			1
13	Математическое моделирование микро- и нанoeлектроники	2			1
14	Введение в машинное обучение	2			1
15	Основные алгоритмы моделей машинного обучения	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Роль моделирования в науке

Физическое и математическое моделирование. Взаимодействие с прикладной и чистой математикой. Абстрагирование и идеализация

2. Типовой маршрут математического моделирования

Классификации математических моделей. Предметная зависимость математических моделей.

3. Элементы системного анализа

Системный подход к изучаемому объекту. Системная организация процесса моделирования. Иерархия моделей.

4. Структура современной математики

Применение матриц и тензоров в науке. Качественная теория дифференциальных уравнений. Спектральные и операторные методы. Теория оптимального управления

5. Фундаментальные понятия вычислительной математики

Конечные разности. Виды погрешностей. Метрические пространства. Точность аппроксимации, сходимость и устойчивость. Явные и неявные схемы. Эмпирический характер численных методов.

6. Типичные задачи и методы вычислительной математики

Методы интерполяции и экстраполяции. Линейные уравнения. Поиск собственных значений матриц. Решение задачи Коши для ОДУ. Решение алгебраических уравнений и градиентные методы поиска экстремумов. Краевые задачи для уравнений математической физики.

7. Методы построения сеток в симуляторах

Конечные разности на треугольных сетках. Сплайны. Метод конечных элементов

8. Нейросетевые модели

Модели клеточных автоматов. Введение в теорию нейронных сетей. Генетические алгоритмы и их связь с обучением нейронной сети. Методы типа Монте-Карло

9. Общецелевые математические пакеты САПР

Символьные вычисления в Maple. Пакет Mathematica. Пакет MATLAB. Пакет MathCad.

10. Программные аспекты реализации математических моделей

Библиотеки с математическими функциями и методами анализа и визуализации данных. Роль интерфейса. Проверка корректности алгоритмизации с помощью тестовых примеров.

11. Проблема идентификации параметров модели. Методы верификации и оптимизации

Экспертные оценки. Введение «подгоночных» коэффициентов. Учет погрешности эксперимента.

12. Планирование вычислительного эксперимента. Прагматический подход к математическому моделированию

Причины неудач моделирования. Проверка адекватности модели. Генерация и оформление нового научно-технического знания.

13. Математическое моделирование микро- и нанoeлектроники

Модели аналоговых и логических элементов. Элементы системотехники. Языки моделирования SPICE и VHDL. Макромодели

14. Введение в машинное обучение

Прикладные задачи машинного обучения: регрессия, классификация, кластеризация, уменьшение размерности, выявление аномалий. Основные виды машинного обучения: с учителем, без учителя

15. Основные алгоритмы моделей машинного обучения

Дерево принятия решений, наивная байесовская классификация, метод наименьших квадратов, логистическая регрессия, метод опорных векторов (SVM), метод ансамблей (бустинг, бэггинг, корректирование ошибок выходного кодирования), алгоритмы кластеризации, метод главных компонент (PCA), сингулярное разложение, анализ независимых компонент (ICA).

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. / пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
2. Яковлев В.Б. Вычислительная математика: учеб. пособие. – М.: МИЭТ, 2008. – 132 с.
3. Самарский А.А. Введение в численные методы: учеб. Пособие. – М.: Наука, 1972. – 272 с.
4. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1990. – 544 с.
5. Актуальные проблемы моделирования в системах автоматизированного схмотехнического проектирования. / под ред. А.И. Стемпковского. – М.: Наука, 2003. – 432 с.
6. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента. – М. Металлургия, 1981. – 151 с.

Дополнительная литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука, 2001. – 320 с.
2. Краснощёков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. – М.: Фазис, 2000. – 284 с.
3. Павловский Ю.Н. Имитационные модели и системы. – М.: Фазис, 2000. – 144 с.
4. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. – М.: Наука, 1973. – 269 с.
5. Мороз А.И. Курс теории систем: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1987. – 304 с.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / пер. с англ. – М.: Мир. – 418 с.
7. Сырчин В.К. САПР и моделирование технических систем: учеб. пособие. – М.: МИЭТ, 1997. – 304 с.
8. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
9. Емельянов В.В., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.
10. Яковлев В.Б., Болгов В.А. Основы численных методов: учеб. пособие. – М.: МИЭТ, 2001. – 132 с.
11. Косарев В.И. 12 лекций по вычислительной математике: учеб. пособие, 2-е изд. – М.: МФТИ (Физматкнига), 2000. – 224 с.
12. Земсков В.Н., Хахалин С.Я. Метод сеток: методические указания. – М.: МИЭТ, 1998. – 64 с.
13. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов / Сиб. отделение РАН, Ин-т вычислительной математики и математической геофизики. – Новосибирск: ИВМ и МГ СО РАН, 2007. – 731 с.
14. Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. Общая теория технологий и микроэлектроника. – М.: Техносфера, 2020. – 434 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрены

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Шарапов

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные методы математического моделирования» обучающийся должен:

знать:

- сущность современных методов математического моделирования;
- принципы и порядок создания математических и физических моделей процессов и систем;
- методы анализа и визуализации данных.

уметь:

- выполнять обработку и анализ данных;
- адаптировать знания курсов математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений, общей и теоретической физики, вычислительной математики, информатики и других дисциплин к анализу наблюдаемых или описываемых процессов;
- реализовывать оптимизационные алгоритмы.

владеть:

- методами обработки данных с помощью самостоятельно разработанных скриптов;
- методами научной визуализации с помощью математических пакетов;
- методами моделирования с использованием САПР мультифизики.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В начале каждого занятия проводится краткий опрос по теме предыдущего занятия

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Определение понятия «математическая модель».
2. Виды погрешностей в вычислительной математике.
3. Примеры математических моделей в области физики.
4. Идентификация параметров модели. Проблема «подгоночных» коэффициентов.
5. Верификация математической модели и её программной реализации.
6. Планирование вычислительного эксперимента.
7. Метод спуска для поиска локального экстремума.
8. Способы решения основных уравнений математической физики.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка за семестр выставляется по результатам устного дифференцированного зачета. Опрос студента не должен превышать 40 минут.