

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Математическое моделирование и приложения в науке и технике
по направлению: Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки: Прикладная математика и информатика
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
кафедра математического моделирования и прикладной математики
курс: 1
квалификация: магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 75 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Б.Н. Четверушкин, д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой

Программа обсуждена на заседании кафедры математического моделирования и прикладной математики
02.04.2024

Аннотация

Дисциплина "Математическое моделирование и приложения в науке и технике" посвящена изучению принципов и методов математического моделирования, а также его широкому применению в различных областях науки и техники. Данная дисциплина является важной составляющей подготовки специалистов в различных областях науки и техники, которые сталкиваются с задачами моделирования реальных процессов и систем.

Курс предполагает:

- Изучение теоретических основ математического моделирования.
- Развитие практических навыков решения задач моделирования.
- Применение полученных знаний для решения реальных проблем в различных областях.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- развить у студентов глубокое понимание принципов математического моделирования и его роли в решении задач различных научных и технических областей, привить навыки применения математических методов и инструментов для создания и анализа математических моделей реальных процессов и систем, ознакомить с последними результатами научных исследований.

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов математического моделирования;
- ознакомление студентов с последними достижениями в области решения задач математической физики и математического моделирования;
- обучение принципам построения математических моделей, анализу и интерпретации результатов моделирования;
- развитие логического мышления, аналитических и синтетических способностей, умения работать с информацией, проводить исследования, решать комплексные задачи.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы

информационных систем) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- математические методы и инструменты;
- численные методы решения уравнений, оптимизации и обработки данных;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- классификация математических моделей (линейные, нелинейные, статические, динамические, детерминированные, стохастические);
- применение современных технологий и систем, в том числе компьютерных и информационных технологий и систем, в области устойчивого развития и безопасности жизнедеятельности.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- применять аналитические, численные и стохастические методы для решения уравнений и оптимизационных задач;
- моделировать процессы и анализировать модели с использованием информационных технологий;
- использовать вероятностные модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели.

владеть:

- программным обеспечением для математического моделирования;
- методами статистической обработки данных;
- математическим моделированием природных, антропогенных и технологических процессов и явлений, надежности работы отдельных звеньев технических систем.

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	Основные задачи математической физики, приводящие к уравнениям с частными производными	6			3
2	Основные этапы вычислительного эксперимента в рамках триады «модель-алгоритм-программа»	6			3
3	Математическая постановка задач и физическая интерпретация результатов	6			3
4	Компьютерные методы моделирования и технологии параллельных вычислений	6			3
5	Доклады	6			3
6	Ознакомление с докладами последних научных конференций	10	5		25
7	Доклады аспирантов и студентов	10	5		10
8	Приглашенные доклады	10	5		10
Итого часов		60	15		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Основные задачи математической физики, приводящие к уравнениям с частными производными

Задачи, на основе уравнений гиперболического типа. Уравнения газовой динамики и теория ударных волн. Задачи, на основе уравнений параболического типа. Температурные волны. Краевые задачи для квазилинейного уравнения теплопроводности. Режимы с обострением. Задачи, на основе уравнений эллиптического типа. Задачи электростатики.

2. Основные этапы вычислительного эксперимента в рамках триады «модель-алгоритм-программа»

Простейшие математические модели и основные понятия математического моделирования. Получение моделей из фундаментальных законов природы. Модели из вариационных принципов, иерархии моделей. Математическое моделирование сложных объектов. Задачи технологии и экологии. Математические методы социальных наук. Демография. Психология. Социология. Политология.

3. Математическая постановка задач и физическая интерпретация результатов

О переходе к дискретным моделям. Непосредственная формальная аппроксимация. Иерархический подход к получению дискретных моделей. Интерпретация результатов.

4. Компьютерные методы моделирования и технологии параллельных вычислений

Вычислительный эксперимент. Особенности архитектуры современных

высокопроизводительных систем. Многоуровневая модель параллельных вычислений, сочетающая распараллеливание с распределенной и общей памятью, парадигму потоковой обработки, векторизацию. Алгоритмы и программы для решения вычислительных задач, связанных с вычислительно-емкой обработкой больших массивов данных.

5. Доклады

Доклады преподавателей кафедры

Доклады студентов по темам своих НИР

Семестр: 3 (Осенний)

6. Ознакомление с докладами последних научных конференций

Ознакомление с основными результатами, представленными на последних научных конференциях в области математической физики, численных методов, математического моделирования и исследования в области современных производственных технологий Выступления студентов с докладами по результатам своей научной работы.

7. Доклады аспирантов и студентов

Выступления студентов с докладами по результатам своей научной работы.

8. Приглашенные доклады

Выступление с докладами приглашенных участников

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Презентация научных проектов на английском языке: Книга для преподавателя Ю.Б. Кузьменкова, Москва, Издательство Московского Университета, 2012. - 140 с.- ISBN 978-5-211-05993-1.
2. Матричный фразеологический сборник. Пособие по написанию научной статьи на английском языке, А.И. Неворотин, Москва, СпецЛит, 2001, -208 с., ISBN 5-299-00087-1.

Дополнительная литература

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

<http://scitation.aip.org/>

<http://www.sciencemag.org/>

Журналы по математическому моделированию

(Математическое моделирование, Квантовая электроника, ЖТФ, Письма в ЖТФ, Physica Status Solidi b, Physical Review B и др.),

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

Mathematica, MATLAB, Maple, Python (NumPy, SciPy).

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, понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение дисциплины требует:

- посещения студентом всех видов аудиторных занятий;
- качественной самостоятельной подготовки к практическим занятиям, активной работы на них;
- активной самостоятельной и аудиторной работы студента;
- своевременной сдачи преподавателю заданий по аудиторным видам работ.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра математического моделирования и прикладной математики
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Б.Н. Четверушкин, д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование и приложения в науке и технике» обучающийся должен:

знать:

- математические методы и инструменты;
- численные методы решения уравнений, оптимизации и обработки данных;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- классификация математических моделей (линейные, нелинейные, статические, динамические, детерминированные, стохастические);
- применение современных технологий и систем, в том числе компьютерных и информационных технологий и систем, в области устойчивого развития и безопасности жизнедеятельности.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- применять аналитические, численные и стохастические методы для решения уравнений и оптимизационных задач;
- моделировать процессы и анализировать модели с использованием информационных технологий;
- использовать вероятностные модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели.

владеть:

- программным обеспечением для математического моделирования;
- методами статистической обработки данных;
- математическим моделированием природных, антропогенных и технологических процессов и явлений, надежности работы отдельных звеньев технических систем.

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

10 семестр:

1. Объясните, что такое математическое моделирование и какие задачи можно решать с его помощью в научных и инженерных приложениях.
2. Какие методы численного анализа широко используются в математическом моделировании? Приведите примеры методов и объясните их применение.
3. Что такое дифференциальные уравнения и как они используются в математическом моделировании? Приведите примеры задач, которые можно решить с помощью дифференциальных уравнений.
4. Каким образом можно оценить качество математической модели? Какие критерии следует учитывать при оценке точности модели?
5. Расскажите о методах оптимизации, используемых в математическом моделировании. Какие методы оптимизации вы бы выбрали для конкретной задачи и почему?
6. Какие основные типы математических моделей существуют, и в каких областях они применяются чаще всего? Приведите примеры моделей и их областей применения.
7. Что такое стохастическое моделирование и какие преимущества оно может предоставить при анализе сложных систем? Приведите примеры задач, где стохастическое моделирование эффективно применяется.
8. Как можно использовать математическое моделирование для прогнозирования результатов экспериментов или поведения системы в будущем? Какие подходы к прогнозированию вы бы выбрали?
9. Какие программные инструменты широко используются для математического моделирования и анализа данных? Какие функции и возможности предоставляют эти инструменты?
10. Почему математическое моделирование играет важную роль в научных исследованиях и разработке новых технологий? Какие вызовы могут возникнуть при построении и анализе математических моделей?

11 семестр:

1. Какие методы статистического анализа широко используются в математическом моделировании научных данных? Приведите примеры статистических методов и объясните их применение.

2. Что такое компьютерное моделирование и какие программные средства чаще всего используются для построения и анализа математических моделей на 6 курсе?
3. Как можно учитывать неопределенность и изменчивость в математических моделях научных процессов? Какие методы анализа рисков могут быть применены в этом контексте?
4. Расскажите о методах машинного обучения, которые могут использоваться для построения математических моделей на основе данных. Какие задачи можно решать с помощью машинного обучения в научных приложениях?
5. Какие методы оптимизации и поиска решений широко используются в математическом моделировании на 6 курсе? Приведите примеры задач оптимизации и объясните выбор метода решения.
6. Как можно интегрировать экспертные знания и данные в математические модели научных процессов? Какие подходы к интеграции знаний могут быть эффективными?
7. Что такое многоагентное моделирование и как оно может быть применено для анализа сложных систем в науке? Приведите примеры задач, где многоагентное моделирование эффективно используется.
8. Как можно оценить достоверность математической модели научного процесса? Какие методы верификации и валидации моделей вы бы предложили использовать?
9. Какие вызовы и тенденции существуют в области математического моделирования на 6 курсе? Какие новые методы и подходы становятся популярными в этой области?
10. Почему математическое моделирование остается важным инструментом для научных исследований на 6 курсе? Какие преимущества и ограничения связаны с использованием математических моделей в науке?

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

10 семестр:

1. Что такое математическая модель? Приведите примеры.
2. Опишите этапы построения математической модели.
3. Какие типы математических моделей вы знаете?
4. Каковы критерии качества математических моделей?
5. Как проверить адекватность математической модели реальности?
6. Каковы основные математические методы, используемые в моделировании?
7. Опишите применение дифференциальных уравнений в моделировании.
8. Как использовать линейную алгебру для решения задач моделирования?
9. Что такое численные методы и для чего они используются?
10. Опишите применение теории вероятностей и математической статистики в моделировании.

11 семестр:

1. Как математическое моделирование используется в физике? Приведите примеры.
2. Опишите применение моделирования в химии.
3. Как математическое моделирование применяется в биологии?
4. Приведите примеры использования моделирования в экономике.
5. Опишите применение математического моделирования в инженерных задачах.
6. Какие программные пакеты используются для компьютерного моделирования?
7. Как визуализировать результаты моделирования?
8. Опишите процесс анализа и интерпретации результатов моделирования.
9. Как проводить валидацию модели?
10. Какие виды ошибок могут возникать при компьютерном моделировании?
11. Как машинное обучение используется для создания моделей?
12. Опишите применение стохастического моделирования.
13. Каковы преимущества моделирования с использованием больших данных?
14. Как математическое моделирование может быть использовано для решения задач искусственного интеллекта?
15. Какие риски связаны с использованием математических моделей?
16. Какие этические вопросы возникают при применении моделирования?

17. Какова ответственность за результаты моделирования?
18. Как обеспечить прозрачность и доверие к моделям?
19. Опишите задачу, которую можно решить с помощью математического моделирования.
20. Предложите решение для заданной проблемы, используя математическое моделирование.

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» 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 (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений;

Оценка «хорошо (7)» 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 (6)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.