

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Современные технологии численного моделирования в инженерных задачах
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра электроники
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.В. Хельвас

Программа обсуждена на заседании кафедры электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Современные технологии численного моделирования в инженерных задачах" предусматривает формирование у студентов практических навыков и опыта применения базовых знаний в решении научно-практических задач; освоение методов математического моделирования при изучении объектов различной природы.

Задачи курса:

- ознакомление с основными принципами применения математических методов и моделей;
- овладение основными принципами по организации, планированию и реализации эксперимента;
- изучение моделей методами математической статистики;
- приобретение навыков интерпретации и применения моделей.

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- принципы математического моделирования объектов для различных сфер науки, техники и управления;
- теоретические основы численных методов;
- принципы математической статистики.

Уметь:

- применять методы моделирования, стандартные математические модели для решения прикладных задач;
- разрабатывать новые математические модели и оценивать их адекватность и точность;
- использовать полученные результаты в научной деятельности.

Владеть:

- навыками применения методов математического моделирования при изучении объектов различной природы.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Введение. Классификация моделей и методов решения задач.
2. Статистический анализ: теория распределений.
3. Критерии значимости, критерии согласия.
4. Дисперсионный анализ.
5. Регрессионный и корреляционный анализы.
6. Методы многомерного статистического анализа.
7. Оптимизационные модели.
8. Статистический анализ временных рядов.
9. Применение стандартных программных пакетов прикладных программ и систем для решения задач по статистической обработке и моделированию.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у студентов практических навыков и опыта применения базовых знаний в решении научно-практических задач;
- освоение методов математического моделирования при изучении объектов различной природы.

Задачи дисциплины

- ознакомление с основными принципами применения математических методов и моделей;
- овладение основными принципами по организации, планированию и реализации эксперимента;
- изучение моделей методами математической статистики;

- приобретение навыков интерпретации и применения моделей.

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
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы математического моделирования объектов для различных сфер науки, техники и управления;
- теоретические основы численных методов;
- принципы математической статистики.

уметь:

- применять методы моделирования, стандартные математические модели для решения прикладных задач;
- разрабатывать новые математические модели и оценивать их адекватность и точность;
- использовать полученные результаты в научной деятельности.

владеть:

- навыками применения методов математического моделирования при изучении объектов различной природы.

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	Введение. Классификация моделей и методов решения задач.	4			2
2	Статистический анализ: теория распределений.	4			2
3	Критерии значимости, критерии согласия.	4			2
4	Дисперсионный анализ.	4			2
5	Регрессионный и корреляционный анализы.	4			1

6	Методы многомерного статистического анализа.	4			4
7	Оптимизационные модели.	2			
8	Статистический анализ временных рядов.	2			
9	Применение стандартных программных пакетов.	2			2
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. Введение. Классификация моделей и методов решения задач.

Предмет дисциплины. Роль математических методов и моделей в объяснении явлений и процессов в физическом мире. Понятие закона, закономерности и модели в науке.

Применение математических методов и моделей. Связь предмета с другими специальными дисциплинами.

Понятие модели. Основы моделирования. Структуризация. Разновидности моделей. Проведение планирования численного эксперимента.

Характеристика процессов моделирования. Определение структуры, входных и выходных данных. Оценка качества модели.

2. Статистический анализ: теория распределений.

Проведение эксперимента, пространство выборки и результат. Статистика и вероятность. Повторение испытаний. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Сбор и анализ данных. Сжатие данных.

Функция плотности и функция распределения. Многомерные распределения.

Кривые распределения и их виды. Меры расположения и рассеяния.

Виды стандартных распределений (пуассоновское, биномиальное, логарифмическое, гипергеометрическое, нормальное, ряды Грамма-Шарлье, семейство распределений Пирсона, распределение Коши). Распределение Стьюдента, Фишера.

Многомерное нормальное распределение.

3. Критерии значимости, критерии согласия.

Согласованность теоретической модели с данными опыта. Доверительный интервал. Критерии значимости.

Критерии согласия. Классификация оценок. Методы нахождения оценок параметров распределения. Метод максимума правдоподобия. Метод минимума.

4. Дисперсионный анализ.

Основы теории общей линейной модели. Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ. Адекватность модели. Статистические выводы: критерии значимости и критерии согласия.

5. Регрессионный и корреляционный анализы.

Простая линейная регрессия и корреляционный анализ. Множественная линейная регрессия, частная и множественная корреляция. Показатель корреляции рангов. Ранг случайной величины.

Множественная корреляция. Корреляционная матрица. Вычисление значений зависимого признака на основе регрессии. Метод наименьших квадратов. Уравнения параболического вида. Логарифмические и степенные функции.

6. Методы многомерного статистического анализа.

Анализ выбросов. Проверка гипотез о векторах средних. Классификация в случае двух популяций. Классификация в случае n популяций. Пошаговый дискриминантный анализ. Кластерный анализ.

7. Оптимизационные модели.

Постановка задачи и понятие оптимизационной модели. Структура оптимизационной модели. Линейные статистические модели и линейное программирование. Формулировка задач и их графическое решение.

Алгебраический метод решения оптимизационных задач и симплекс-метод. Базисное решение. Условие оптимизации. Прикладные программы для решения задач методами линейного программирования.

8. Статистический анализ временных рядов.

Тренды, лаги и сглаживание рядов динамики. Модели авторегрессии. Методы теории случайных процессов для анализа временных рядов.

9. Применение стандартных программных пакетов.

Применение стандартных программных пакетов прикладных программ и систем для решения задач по статистической обработке и моделированию.

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. Введение в математическое моделирование / В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, Ч.Э. Келлер [и др.]. – М.: Логос, 2004. – 440 с.
2. Костомаров Д. П. Вводные лекции по численным методам. – М.: Логос, 2004. – 184 с.
3. Семакин И. Г., Хеннер Е. К. Информационные системы и модели. – М.: Бином, 2005. – 303 с.
4. Бережная Е. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 432с.

Дополнительная литература

1. Кочетков Е. С., Смерчинская С. О., Соколов В. В. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ИНФРА, 2003. – 240 с.
2. Мятляев В. Д. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Академия, 2009 - 320 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)

на занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, прослушавший курс лекций, должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике.

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех лекций, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции.

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 электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.В. Хельвас

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
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные технологии численного моделирования в инженерных задачах» обучающийся должен:

знать:

- принципы математического моделирования объектов для различных сфер науки, техники и управления;
- теоретические основы численных методов;
- принципы математической статистики.

уметь:

- применять методы моделирования, стандартные математические модели для решения прикладных задач;
- разрабатывать новые математические модели и оценивать их адекватность и точность;
- использовать полученные результаты в научной деятельности.

владеть:

- навыками применения методов математического моделирования при изучении объектов различной природы.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету:

1. Общая классификация моделей.
2. Случайные величины и частотные распределения. Эксперимент, пространство выборки и результат.
3. Функция плотности и функция распределения. Многомерные распределения.
4. Кривые распределения и их виды. Моменты распределения.
5. Типичные ошибки описательных статистик и их назначение.
6. Виды стандартных распределений (распределение Пуассона, биномиальное распределение, формула Бернулли).
7. Многомерное нормальное распределение.
8. Критерии значимости. Доверительные интервалы.
9. Однофакторный дисперсионный анализ. Порядок вычислений при однофакторном дисперсионном анализе.

10. Многофакторный дисперсионный анализ и адекватность модели.
11. Коэффициент корреляции и его свойства.
12. Множественная корреляция и автокорреляция. Корреляционная матрица.
13. Оптимизационные модели. Постановка задачи. Структура оптимизационной модели.
14. Линейные статистические модели. Постановка задач и их графическое решение.

Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;

- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.