

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А. Д. Король

10 июня 2024 г.

Регистрационный №УД-13293/уч.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 03 03-01 Прикладная математика
(научно-производственная деятельность)

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 03-2021, учебных планов БГУ: №G31-1-030/уч. от 30.06.2021, №G31-1-022/уч.ин. от 23.07.2021, №G31-1-212/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

К. В. Василевский, доцент кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Д. В. Баровик, заместитель директора ОАО "Центр банковских технологий", канд. физ.-мат. наук, доцент;

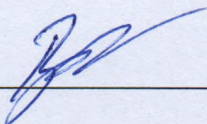
В. И. Репников, заведующий кафедрой Вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, канд. физ.-мат. наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой компьютерных технологий БГУ
(протокол № 14 от 14.05.2024);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 8 от 31.05.2024)

Заведующий кафедрой



В. В. Казаченок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящее время область применения изучаемых в данной дисциплине математических моделей используется в различных областях – в физике, биологии, экономике и т.д.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны получить навыки построения и исследования математических моделей реальных (в первую очередь физических и биологических) процессов на основе задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, краевых задач для уравнений в частных производных, а также – интегральных уравнений.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины - получение студентами навыков построения и исследования математических моделей различных процессов с использованием математического аппарата.

Образовательная цель: формирование составной части банка знаний, получаемых будущими специалистами в процессе учебы и необходимых им в дальнейшем для успешной работы.

Развивающая цель: формирование у студентов основ математического мышления, изучение алгоритмов построения и исследования математических моделей

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины «Математическое моделирование в естествознании»:

- обучение методам построения математических моделей;
- освоение методов исследования математических моделей с использованием математического аппарата.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Математическое моделирование» государственного компонента. Она посвящена построению, исследованию математических моделей, а также извлечению информации о реальных объектах с помощью математических моделей.

Методы, применяемые при построении и исследовании математических моделей, являются преимущественно математическими и в значительной степени опираются на дисциплины "Функциональный анализ и интегральные уравнения", "Численные методы математической физики", "Уравнения математической физики".

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Математическое моделирование в естествознании» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Базовые профессиональные компетенции:

БПК. Разрабатывать метод математического моделирования для решения задач в различных предметных областях, применять основные уравнения теоретической механики, математической физики для моделирования

физических процессов, реализовывать на современных языках программирования построенные алгоритмы.

БПК. Составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить и обосновывать выбор оптимального метода решения, интерпретировать смысл полученного математического результата.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основы технологии моделирования;
- построение основных математических моделей физических и биологических процессов;
- постановку корректных задач, описывающих математические модели физических и биологических процессов;

уметь:

- строить и исследовать дифференциальные и интегральные модели различных физических процессов;
- строить и исследовать дифференциальные и интегральные модели различных биологических процессов;

владеть:

- методами математического моделирования различных физических процессов;
- методами математического моделирования различных биологических процессов;

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Математическое моделирование в естествознании» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 108 часов, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачётные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Основы математического моделирования.

Введение в курс. Модели и моделирование. Роль моделирования в исследовании систем. Классификация моделей. Основные этапы метода математического моделирования. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Достоинства математического моделирования. Макроскопическое моделирование сред.

Тема 2. Уравнения в моделировании электромагнитных полей.

Математическое моделирование электромагнитных полей. Уравнение непрерывности заряда. Уравнения электромагнитного поля. Уравнения электростатики и магнитостатики. Аналитическое моделирование электрических и магнитных полей.

Тема 3. Моделирование граничных условий для электромагнитных полей.

Моделирование источников электрического поля. Моделирование источников магнитного поля. Вывод граничных условий.

Тема 4. Постановка краевых задач для электромагнитных полей.

Постановка краевых задач электростатики. Основные три краевые задачи электростатики. Интегральные модели.

Тема 5. Математические модели в биологии на основе ОДУ.

Модель Мальтуса для популяции. Логистическая модель популяции. Модель Лотки-Вольтерра.

Тема 6. Устойчивость моделей в биологии на основе ОДУ.

Устойчивость модели Мальтуса. Устойчивость модели Лотки Вольтерра. Устойчивость обобщённой модели Лотки-Вольтерра.

Тема 7. Пространственное моделирование в биологии.

Моделирование пространственно-распределённых популяций. Уравнение Колмогорова-Петровского-Пискунова. Пространственное моделирование двухкомпонентных популяций.

Тема 8. Постановка краевых задач для моделей в биологии.

Постановка начально-краевых задач. Основные краевые задачи для моделей двухкомпонентных популяций. Существование и единственность их решений. Диссипативные структуры.

Тема 9. Стохастические модели в биологии.

Марковские стохастические процессы в популяциях. Параболические уравнения для плотности распределения популяций. Стохастические пространственные модели популяций.

Тема 10. Дискретные модели в биологии.

Клеточные автоматы. Схема построения модели на основе клеточных автоматов. Разностные уравнения для модели на основе клеточных автоматов. Абстрактные эволюционные модели. Пример Дарвиновской модели.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы математического моделирования.	4						Устный опрос
2	Уравнения в моделировании электромагнитных полей.	4			4			Устный опрос
3	Моделирование граничных условий для электромагнитных полей.	4			4			Защита отчетов по лабораторной работе 1
4	Постановка краевых задач для электромагнитных полей.	2			4			Устный опрос
5	Математические модели в биологии на основе ОДУ.	2			4			Устный опрос
6	Устойчивость моделей в биологии на основе ОДУ.	4			4		2	Контрольная работа
7	Пространственное моделирование в биологии.	4			4			Устный опрос
8	Постановка краевых задач для моделей в биологии.	2			2			Защита отчетов по лабораторной работе 2
9	Стохастические модели в биологии.	4			2		2	Контрольная работа
10	Дискретные модели в биологии	4			2			тест
ИТОГО		34			30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии: учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2024. – 181 с.
2. Журавков М. А. Основные подходы, принципы и особенности механико-математического моделирования в геомеханике : курс лекций / М. А. Журавков, С. Н. Лопатин ; БГУ, Механико-математический фак., Каф. теоретической и прикладной механики. – Минск : БГУ, 2024. – 125 с. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320041>.
3. Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по программам высшего образования в областях: "Инженерное дело, технологии и технологические науки" и "Науки об обществе" / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. – Изд. 5-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 291 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/305219>.
4. Коваленко, Н. С. Параллельное программирование. Математические модели, методы и алгоритмы: учебно-методическое пособие для студентов по специальности "математика и информационные технологии (по направлениям)", направление специальности "математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии)" / Н. С. Коваленко, С. А. Вельченко, М. И. Овсеец ; БГУ. – Минск : БГУ, 2022. – 255 с. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/298143>.

Дополнительная литература

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 736 с.
2. Ерофеев В.Т., Козловская И.С. Основы математического моделирования: курс лекций. – Мн.: БГУ, 2002. – 195 с.
3. Ерофеев В. Т., Козловская И. С. Уравнения с частными производными с приложениями в экономике. – Мн.: БГУ, 2001.
4. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука, 1997.
5. Матвеев А. Н. Электродинамика. – М.: Высш. шк., 1980.
6. Марри Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. – М.: Мир, 1983.
7. Ильинский А. С., Кравцов В. В., Свешников А. Г. Математические модели электродинамики. – М.: Высш. шк., 1991.
8. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики/ В.С. Владимиров. – 2-е изд., стер. – М.: МАИК "Наука", 2000.
9. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики/ В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. – М.: Физматлит, 2003.

10. В. П. Дьяконов. Mathematica 5/6/7. Полное руководство. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 624 с.
11. S. Wolfram. The Mathematica book. – 5 ed.: Cambridge, University Press.
12. Дезин, А.А. Общие вопросы теории граничных задач/ А.А. Дезин. – М.: Мир, 1980.
13. Ерофеев В. Т. Теоремы сложения. – Мн.: Наука и техника, 1989
14. Аполлонский С. М., Ерофеев В. Т. Эквивалентные граничные условия в электродинамике. – СПб.: Безопасность, 1999
15. Харин Ю. С., Малюгин В. И., Кирлица В. П., Лобач В. И., Хацкевич Г. А. Основы имитационного и статистического моделирования. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997.
16. Шапиро А. П., Луппов С. П. Рекуррентные уравнения в теории популяционной биологии. – М.: Наука, 1983.
17. Моисеев, Н. П. Модели экологии и эволюции. М.: Знание, 1983.
18. Самарский, А.А. Теория разностных схем/ А.А. Самарский. – М.: Наука, 1989.
19. Самарский, А.А. Введение в численные методы/ А.А. Самарский. – М.: Наука, 1987.
20. Самарский, А.А. Численные методы/А.А. Самарский, А.В. Гулин. – М.: Наука, 1989.
21. Henson, Shandelle M. Mathematical Modeling in Biology : a research methods approach : [textbook] / Shandelle M. Henson, James L. Hayward. – Boca Raton ; London ; New York : CRC Press : Taylor & Francis Group, 2023. – xxi, 315 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Устная форма:

- Устные опросы;
- Проведение тестов.

Письменная форма:

- Отчеты по лабораторным работам;
- Контрольная работа.

Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Математическое моделирование в естествознании» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для общей оценки качества усвоения студентами 1 ступени высшего образования учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы. Рейтинговая оценка, дает возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения и предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку:

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- работа на лабораторных занятиях – 50%;
- выполнение тестов – 50%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) 40 % и экзаменационной отметки 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 6. Устойчивость моделей в биологии на основе ОДУ. (2ч.)

Устойчивость модели Мальтуса. Устойчивость модели-Лотки Вольтерра. Устойчивость обобщённой модели Лотки-Вольтерра.

Исследовать заданные модель Лотки-Вольтерра и обобщенную модель Лотки-Вольтерра на устойчивость. По результатам исследования охарактеризовать взаимодействие особей в соответствии с моделями.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 9. Стохастические модели в биологии. (2ч.)

Марковские стохастические процессы в популяциях. Параболические уравнения для плотности распределения популяций. Стохастические пространственные модели популяций.

Для заданных моделей стохастических уравнений определить типы и исследовать на устойчивость. По результатам исследования охарактеризовать взаимодействие особей в соответствии с моделями.

(Форма контроля – контрольная работа).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *метод группового обучения*, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую

функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов 1 ступени высшего образования по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, презентации лекций, методические указания к лабораторным занятиям, электронные версии домашних заданий, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т. ч. вопросы для подготовки к зачёту, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к экзамену

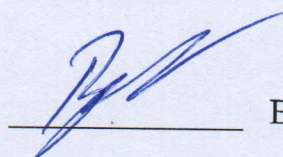
1. Электромагнитные характеристики среды. Уравнение непрерывности заряда.
2. Уравнения электромагнитного поля.
3. Уравнения электростатики и магнитостатики.
4. Аналитическое моделирование электрических полей с помощью уравнения Лапласа.
5. Аналитическое моделирование магнитных полей с помощью уравнения Лапласа.
6. Моделирование источников электрического поля.
7. Моделирование источников магнитного поля.
8. Представление полей элементарных источников через сферические функции.
9. Моделирование граничных условий в электродинамике.
10. Постановка краевых задач электростатики.
11. Интегральная модель для внешней задачи электростатики для диэлектрического прозрачного тела.
12. Интегральная модель для внешней задачи Дирихле электростатики для металлического тела.
13. Интегральная модель для внешней задачи Неймана электростатики для металлического тела.
14. Модель Мальтуса для популяции.
15. Логистическая модель популяции.

16. Модель Лотки-Вольтерра.
17. Устойчивость популяционных моделей. Исследование стационарных точек.
18. Обобщение модели Лотки-Вольтерра. Устойчивость.
19. Моделирование пространственно-распределённых популяций.
20. Уравнение Колмогорова-Петровского-Пискунова.
21. Автомодельные решения популяционных уравнений.
22. Пространственное моделирование двухкомпонентных популяций.
23. Уравнения пространственной динамики популяции амёб.
24. Постановка начально-краевых задач. Диссипативные структуры.
25. Марковские стохастические процессы в популяциях.
26. Параболические уравнения для плотности распределения популяций.
27. Стохастические пространственные модели популяций.
28. Имитационное моделирование популяций. Клеточные автоматы.
29. Абстрактные эволюционные модели. Пример Дарвиновской модели.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
доктор педагогических наук, профессор



В. В. Казаченок

14.05.2024

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на 20__/20__ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)