

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Математические модели современного естествознания

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

специалист

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Математические модели современного естествознания» относится к обязательной части

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.25, «Математические модели современного естествознания» относится к обязательной части ООП специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	ОПК-1.1. Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук.	Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин, математическое и физическое моделирование	<i>Собеседование</i>
	ОПК-1.2. Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук.	Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики	<i>Контрольная работа</i>
	ОПК-1.3. Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики.	Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики.	<i>Контрольная работа</i>
ОПК-2 Способен создавать, анализировать и реализовывать новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и	ОПК-2.1. Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования	Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования.	<i>Собеседование</i>
	ОПК-2.2. Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной	Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе	<i>реферат</i>

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
управлении	и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук.	теоретических знаний в области математических и компьютерных наук.	
	ОПК 2.3. Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности	Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности	<i>доклад на семинаре</i>

1. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины¹

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 з.е.
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	64
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	82
Промежуточная аттестация – зачет	5,6 семестр

3.2. . Содержание дисциплины.

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
Введение	6	2	2		4	2
Детерминированные и вероятностные модели	12	2	4		6	6
Динамические системы с дискретным и непрерывным временем	32	6	12		18	14
Равновесная и неравновесная термодинамика	42	8	16		24	18

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
Системы с распределенными параметрами. Уравнение теплопроводности, волновое уравнение.	12	2	4		6	6
Электромагнитное поле	23	4	8		12	11
Математические модели микромира	33	6	12		18	15
Релятивистская механика	24	4	8		12	12
¹ Самостоятельная работа обучающегося.						
² Занятия лекционного типа.						
³ Занятия семинарского типа.						
⁴ Занятия лабораторного типа.						

Краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

1. Понятие модели. Познавательная роль модели. Математика как язык описания природы и язык точных наук. Динамическая система. Фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Эволюционные процессы и динамические системы. Фазовый портрет. Состояния равновесия динамической системы. Аттрактор. Репеллер.

2.. Анализ размерностей. П- теорема

3. Детерминированные и вероятностные модели.

Случайные величины. Распределение скоростей молекул в газе (распределение Максвелла). Распределение молекул газа в силовом поле (распределение Больцмана). Распределение Гиббса. Барометрическая формула. О тепловом расширении тел. Флуктуации. Среднеквадратичная и относительная флуктуации

4. Динамические системы с дискретным временем. Диаграмма Ламерея.

5. Динамические системы с непрерывным временем. Экспоненциальные процессы. Экспоненциальная функция. Периоды удвоения и полураспада. Примеры экспоненциальных процессов: радиоактивный распад, процесс разряда конденсатора, торможение парашютиста, остывание тел, ослабление интенсивности излучения при прохождении через поглощающую среду. Рост народонаселения, развитие производства, экономики, науки, накопление знаний.

6. Логистическая модель. Уравнение Ферхюльста. Примеры биологических и социальных объектов. Задача об эволюции числа рыб в водоеме в зависимости от интенсивности рыболовства. Задача о планировании с обратной связью. Модель хищник-жертва.

7. Математическая модель засоления водоема с заливом сточными водами с растворенным загрязнителем. Равновесный водный режим и равновесная соленость. Возможность непредсказуемых смен равновесного уровня. Загадки Каспийского моря

8. Автоколебания. Разрывные колебания тормозной колодки. Колебания скрипичной струны. Долгопериодические изменения угловой скорости вращения Земли.

9. Модель Лоренца. Странный аттрактор Лоренца

10. Изолированные, закрытые открытые процессы. Термодинамическое равновесие. Неравновесное состояние. Необратимый и обратимый процессы Предмет термодинамики: классическая, линейная нелинейная термодинамика.

11. Наука о равновесиях и равновесных процессах. Аксиомы классической термодинамики

- 1 аксиома. Температура.
Функция состояния и функция процесса. Понятия работы и теплоты.
- 2 аксиома. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики.
- 3 аксиома. Второе начало термодинамики. Энтропия. Соотношение Гиббса. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Статистическое толкование энтропии.
- 4 аксиома. Третье начало термодинамики.
Адиабатический и политропный процессы идеального газа.
12. Аппарат классической термодинамики. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости.
13. Неравновесные процессы. Локальное термодинамическое равновесие.
11. Эволюционные процессы в открытых системах Самоорганизация. Диссипативные структуры ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского.
- 14.. Системы с распределенными параметрами.
Уравнение теплопроводности.
Волновое уравнение. Волна. Фронт волны. Плоская волна. Фазовая скорость волны. Дисперсия. Дисперсионное уравнение. Групповая скорость
15. Электромагнитное поле. Вектор напряженности электрического поля и вектор магнитной индукции. Уравнения Максвелла. Электромагнитная волна
- 16.. Бегущие волны и дисперсионное уравнение. Задача об изменении температуре поверхностного слоя Земли под влиянием суточных и годовых колебаний температуры над ней. Скорость образования льда на поверхности водоема.
17. Математические модели объектов микромира
Корпускулярные свойства света. Фотон. Фотоэлектрический эффект.
Волны де Бройля.
18. Пси-функция. Уравнение Шредингера.
Формализм отыскания возможных значений физической величины и вероятности, с которыми она принимает эти значения
- Принцип неопределенности.
19. Движение квантовой частицы в некоторых простых одномерных полях Свободное движение квантовой частицы. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.
20. Специальная теория относительности
Принцип относительности. Классическая механика, преобразования Галилея.
Принцип существования наибольшей скорости распространения взаимодействия
Релятивистская динамика.
21. Преобразование Лоренца.
Кинематические эффекты «замедления» времени и «сокращения длины».
Сложение скоростей.
- 22 . Импульс. Релятивистская динамика. Энергия.

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 64 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: математическое и физическое моделирование.
- компетенций – ОПК-1, ОПК-2.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий), контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
	Допущено несколько несущественных ошибок	задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	недочетов.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.1.1. Контрольные вопросы (ОПК-1, ОПК-2)

1. Математическое и физическое моделирование. П- теорема.
2. Энтропия. Соотношение Гиббса. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Статистическое толкование энтропии.
3. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости.
4. Эволюционные процессы в открытых системах. Самоорганизация. Диссипативные структуры.
5. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Электромагнитная волна.
6. Формализм отыскания возможных значений физической величины и вероятности, с которыми она принимает эти значения
7. Импульс. Релятивистская динамика. Масса, энергия, относительность.

5.1.1. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Какое количество тепла необходимо сообщить макроскопической системе, находящейся при $T=290\text{ К}$, чтобы ее статистический вес увеличился на 1%?

Найти изменение энтропии моля идеального газа при изохорическом, изотермическом и изобарическом процессах.

Газ состоит из молекул, масса каждой m , При какой температуре число молекул со скоростями в интервале $(v, v + dv)$ будет максимально. Найти наиболее вероятную скорость молекул, отвечающую такой температуре

Задача об изменении температуре поверхностного слоя Земли под влиянием суточных и годовых колебаний температуры над ней. Скорость образования льда на поверхности водоема

Частица массы находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти квантовое число n энергетического уровня частицы, если интервалы энергии до соседних с ним уровней относятся как 1,4 : 1.

Фигура в форме эллипса с полуосями a, b ($b > a$) , движущийся в своей плоскости со скоростью V_0 вдоль большой полуоси. При какой скорости V в лабораторной системе эллипс примет форму круга

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ю.И. Неймарк . Математические модели в естествознании и технике. Н.Новгород. Изд-во ННГУ.2004.401 с. (165 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Юдович В.И. Математические модели естественных наук. СПб:- Лань.2011, 336 с. (2 экз.)

2. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Механика и прикладная математика: Логика и особенности приложения математики. М. Наука. 1990. 360 с. (2 экз., 1983 – 2 экз.)
3. В.С. Анищенко. Знакомство с нелинейной динамикой. Саратов. 2000. 180 с. (2 экз.)
4. Безручко Б.П., Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Путь в синергетику. Москва. URSS. 302 с.
5. Соросовский образовательный журнал. Электронный журнал. Режим доступа к статьям: www.issep.rssi.ru/cgi-bin/rubr.pl
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Москва.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/thermal.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.05.01
Фундаментальные математика и механика.

Автор

д.ф.-м.н., профессор Новиков В.В.

Заведующий кафедрой

теоретической, компьютерной и

экспериментальной механики

д.ф.-м.н., профессор Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30.11.2022 года, протокол № 3.