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
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Математические модели современного естествознания
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.03.02 Прикладная математика и информатика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Прикладная математика и информатика (общий профиль)
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2020 год

1.Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины Б1.В.ДВ.03.02.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 «Математические модели современного естествознания» относится к части ООП направления подготовки *01.03.02 «Прикладная математика и информатика»*, формируемой участниками образовательных отношений.

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****	
ПК-13 *Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике*	*ПК-13.1. Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике*	**Знает** методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике.	*Собеседование*
	ПК-13.3. Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятель-	**Умеет** корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности.	*Задание*

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****	
	ности		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	**5 з.е.**
Часов по учебному плану	**180**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	**98**
- занятия лекционного типа	**32**
- занятия семинарского типа	**32**
- занятия лабораторного типа	**32**
- текущий контроль (КСР)	**2**
самостоятельная работа	**46**
Промежуточная аттестация – экзамен	**36**

3.2. . Содержание дисциплины

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	**Всего (часы)**	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**СР[1], часы**
		ЗЛеТ[2]	**ЗСеТ[3]**	**ЗЛаТ[4]**	**Всего**	
Введение	6	2	2		4	2
Детерминированные и вероятностные модели	18	2	4	4	10	8
Динамические системы с дискретным и непрерывным временем	22	4	6	6	16	6
Равновесная и неравновесная термодинамика	25	8	4	4	16	9
Системы с распределенными параметрами. Уравнение теплопроводности, волновое уравнение.	12	2	4	4	10	2
Электромагнитное поле	18	4	2	4	10	8
Математические модели микромира	24	6	4	4	14	10
Релятивистская механика	17	4	6	6	16	1
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
ИТОГО	180	32	32	32	98	46

[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. Математическое и физическое моделирование. 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. Структура сил и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Кельвина и Тета. Волчок Лагранжа. Левитация тел в силовых полях. Устойчивость гибкого вала с регулируемым числом оборотов.

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

10. Модель Лоренца. Странный аттрактор Лоренца

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

12. 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.

13.Аппарат классической термодинамики. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости.

14. Неравновесные процессы. Локальное термодинамическое равновесие.

15.Эволюционные процессы в открытых системах Самоорганизация. Диссипативные структуры ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского.

16. Системы с распределенными параметрами.

Уравнение теплопроводности.

Волновое уравнение. Волна. Фронт волны. Плоская волна. Фазовая скорость волны. Дисперсия. Дисперсионное уравнение. Групповая скорость

17. Электромагнитное поле. Вектор напряженности электрического поля и вектор магнитной индукции. Уравнения Максвелла. Электромагнитная волна

18.. 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.

19. Математические модели объектов микромира

Корпускулярные свойства света. Фотон. Фотоэлектрический эффект.

Волны де Бройля.

20. Пси-функция. Уравнение Шредингера.

Формализм отыскания возможных значений физической величины и вероятности, с которыми она принимает эти значения

Принцип неопределенности.

21. Движение квантовой частицы в некоторых простых одномерных полях. Свободное движение квантовой частицы. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.

22. Специальная теория относительности

Принцип относительности. Классическая механика преобразования Галилея.

Принцип существования наибольшей скорости распространения взаимодействия Релятивистская динамика.

23. Преобразование Лоренца.

Кинематические эффекты «замедления» времени и «сокращения длины».

Сложение скоростей.

24. Импульс. Релятивистская динамика. Энергия.

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*.

5.1.Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		**Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)**		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	**зач**	Отсутствие знаний теоретического материала.	Отсутствие минимальных умений. Невозмож-	Отсутствие владения материалом. Невозмож-

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
		Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	ность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно		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.	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован 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

Оценка		Уровень подготовки
		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»

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

5.2.1. Контрольные вопросы (ПК-13)

вопросы	*Код формируемой компетенции*
Динамическая система. Фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Эволюционные процессы и динамические системы. Фазовый портрет.	ПК-13
2. Математическое и физическое моделирование. П- теорема.	ПК-13
3. Вероятностные модели**.** Распределение скоростей молекул в газе (распределение Максвелла). Распределение молекул газа в силовом поле (распределение Больцмана).	ПК-13
4.Тепловое расширение тел.	ПК-13
5.Флуктуации. Среднеквадратичная и относительная флуктуации.	ПК-13
6. Динамические системы с дискретным временем. Диаграмма Ламерея.	ПК-13
7.Экспоненциальные процессы. Примеры экспоненциальных процессов.	ПК-13
8.Уравнение Ферхюльста. Примеры биологических и социальных объектов. Задача об эволюции числа рыб в водоеме в зависимости от интенсивности рыболовства.	ПК-13
9. Изолированные, закрытые, открытые процессы. Термодинамическое равновесие. Неравновесное состояние. Предмет термодинамики: классическая, линейная нелинейная термодинамика.	ПК-13
10. Наука о равновесиях и равновесных процессах. Аксиомы классической термодинамики.	ПК-13
11.Второе начало термодинамики. Энтропия. Соотношение Гиббса. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Статистическое толкование энтропии.	ПК-13
12.Адиабатический и политропный процессы идеального газа.	ПК-13
13.Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости.	ПК-13
14.Неравновесные процессы. Локальное термодинамическое равновесие.	ПК-13
15. Эволюционные процессы в открытых системах. Самоорганизация. Диссипативные структуры	ПК-13
16. Системы с распределенными параметрами. Уравнение теплопроводности.	ПК-13
17. Волновое уравнение. Волна. Фронт волны. Плоская волна. Фазовая скорость волны. Дисперсионное уравнение. Групповая скорость.	ПК-13
18. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Электромагнитная волна.	ПК-13

19. Задача об изменении температуре поверхностного слоя Земли под влиянием суточных и годовых колебаний температуры над ней. Скорость образования льда на поверхности водоема.	ПК-13
20. Корпускулярные свойства света. Фотон. Фотоэлектрический эффект.	ПК-13
21. Волны де Бройля. Пси-функция. Уравнение Шредингера.	ПК-13
22. Формализм отыскания возможных значений физической величины и вероятности, с которыми она принимает эти значения	ПК-13
23. Принцип неопределенности.	ПК-13
24. Свободное движение квантовой частицы. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.	ПК-13
25. Принцип относительности. Классическая механика, преобразования Галилея. Принцип существования наибольшей скорости распространения взаимодействия.	ПК-13
26. Релятивистская динамика.	
27. Преобразование Лоренца.	ПК-13
28. Кинематические эффекты «замедления» времени и «сокращения длины».	ПК-13
29. Сложение скоростей в релятивистской механике.	ПК-13
30. Импульс. Релятивистская динамика. Масса, энергия, относительность.	ПК-13

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-13

Какое количество тепла необходимо сообщить макроскопической системе, находящейся при Т=290 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

5.2.3. Вопросы для собеседования

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.

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:

1. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm
2. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm
3. 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 ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор(ы)	_____	д.ф.-м.н., профессор Новиков В.В.
Рецензент(ы)	_____	
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 1 декабря 2021 года, протокол № 2.