

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины

Концепции современного естествознания

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения
Очная

Нижегород

2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 – Концепции современного естествознания

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Концепции современного естествознания» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», формируемой участниками образовательных отношений.

1. 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-4. Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1. Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем	Знать значение и роль математического моделирования в познании окружающего мира, процессов и явлений, происходящих в нем Знать понятия динамической системы, ее состояния и оператора, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркации Знать основные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии, изучаемые в дисциплине. Владеть навыками интерпретации результатов исследования математических моделей	Доклад Тест, задачи собеседование
	ПК-4.2. Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы	Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для выбора и построения адекватных математических моделей для решения задач из предметной области	Контрольная работа

	<i>ПК-4.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой</i>	<i>Владеть концепцией динамической системы как универсального метода моделирования реальных процессов самой разнообразной (как детерминированной, так и вероятностной) природы;</i>	<i>собеседование</i>
--	--	---	----------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	65
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Математическая модель и динамические системы. Экспоненциальные процессы.	27	8	8		16	11
Раздел 2. Балансовые динамические модели.	26	8	8		16	10
Раздел 3. Линейный осциллятор. Электромеханические аналогии и уравнение Лагранжа.	27	8	8		16	11
Раздел 4. Математические модели сосуществования.	27	8	8		16	11
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация –зачет						
Итого	108	32	32		65	43

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачёт).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Концепции современного естествознания» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий, подготовка к выполнению письменных контрольных работ и подготовку к зачёту.

Тематика самостоятельной работы

Раздел 1. Введение. Математическая модель и динамические системы. Экспоненциальные процессы. – теоретическая часть – главы 1, 8 [1], решение задач. Проверка задания.

Раздел 2. Балансовые динамические модели. – теоретическая часть – главы 2-7 [1], решение задач. Проверка задания.

Раздел 3. Линейный осциллятор. Электромеханические аналогии и уравнение Лагранжа. – теоретическая часть – главы 13,14,20-22 [1], решение задач. Проверка задания

Раздел 4. Математические модели сосуществования. – теоретическая часть – глава 9 [1], решение задач. Проверка задания

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), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено			Зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозмож-	При решении стандартных задач не продемонстрир	Продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,

	ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего- ся от ответа	ированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	решены все основные задачи с отдельными несущест- венным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос- ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего- ся от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр- ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонст- рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри- рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ирован творческий подход к решению нестандартн ых 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»
не зачтено	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

5.2.1 Контрольные вопросы для зачета

вопросы	Код формируемой компетенции
Что такое динамическая система, фазовое пространство,	ПК-4

фазовая переменная, фазовая траектория, фазовый портрет?	
Дифференциальные уравнения как один из способов задания оператора динамической системы. Геометрический смысл дифференциального уравнения. Примеры.	ПК-4
Истечение жидкости из сосуда. Простейшая модель. Ограничения применимости.	ПК-4
Уточнённая модель истечения жидкости из сосуда. Быстрый процесс разгона и медленный – вытекания. Сопоставление с простейшей моделью.	ПК-4
Математическая модель истечения с постоянным притоком. Равновесный режим и его устойчивость	ПК-4
Модель изменения уровня воды в водохранилище с плотиной и гидроэлектростанцией. Критический уровень и зоны безопасности.	ПК-4
Математическая модель засоления ограниченного водоёма с заливом.	ПК-4
Энергетическая модель сердца	ПК-4
Экспоненциальные процессы. Время удвоения и уменьшения вдвое. Явление внезапного кризиса при экспоненциальных процессах.	ПК-4
Математическая модель разгона ракеты. Формула Циолковского.	ПК-4
Модели динамики развития биологической популяции.	ПК-4
Математическая модель Вольтерра – Лотки сосуществования хищника и жертвы и её уточнение.	ПК-4
Модели сосуществования конкурирующих видов	ПК-4
Модели симбиоза.	ПК-4
Математическая модель линейного осциллятора. Фазовые портреты и параметрический портрет.	ПК-4
Принцип наименьшего действия и уравнения Лагранжа – Максвелла	ПК-4
Вынужденные колебания линейного осциллятора. Явления резонанса и сдвига фазы	ПК-4

5.2.2. Вопросы для собеседования для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Что такое динамическая система, фазовое пространство, фазовая переменная, фазовая траектория, фазовый портрет?
2. Почему дифференциальные уравнения могут являться способом задания оператора динамической системы?
3. В чем заключается геометрический смысл дифференциального уравнения?

4. Простейшая модель истечения жидкости из сосуда. Ограничения применимости.
5. Уточнённая модель истечения жидкости из сосуда. Быстрый процесс разгона и медленный – вытекания. Сопоставление с простейшей моделью.
6. Математическая модель истечения с постоянным притоком. Равновесный режим и его устойчивость
7. Модель изменения уровня воды в водохранилище с плотиной и гидростанцией. Критический уровень и зоны безопасности.
8. Объясните математическую модель засоления ограниченного водоёма с заливом.
9. Энергетическая модель сердца
10. Что такое экспоненциальные процессы? Время удвоения и уменьшения вдвое. Явление внезапного кризиса при экспоненциальных процессах.
11. Математическая модель разгона ракеты. Формула Циолковского.
12. Модели динамики развития биологической популяции.
13. Математическая модель Вольтерра – Лотки сосуществования хищника и жертвы и её уточнение.
14. Модели сосуществования конкурирующих видов
15. Модели симбиоза.
16. Математическая модель линейного осциллятора. Фазовые портреты и параметрический портрет.
17. Принцип наименьшего действия и уравнения Лагранжа – Максвелла
18. Вынужденные колебания линейного осциллятора. Явления резонанса и сдвига фазы

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задание 1. Пусть H – высота цилиндрического сосуда, наполненного водой, S – площадь поперечного сечения, σ – площадь сечения дырки в дне сосуда ($\sigma \ll S$). Каким уравнением описывается процесс оседания уровня h воды в сосуде согласно модели Торричелли?

Задание 2. Пусть H – высота цилиндрического сосуда, наполненного водой, S – площадь поперечного сечения, σ – площадь сечения дырки в дне сосуда ($\sigma \ll S$). Чему равна скорость V вытекания воды через отверстие в дне сосуда?

Задание 3. Пусть H_0 – начальная высота столба воды в сосуде цилиндрической формы, S – площадь поперечного сечения сосуда, σ – площадь отверстия в дне сосуда ($\sigma \ll S$), g – ускорение свободного падения. Чему равно время $t_{\text{выт}}$ вытекания воды из сосуда?

Задание 4. Сколько фазовых траекторий содержит фазовая прямая x , если оператор динамической системы задается дифференциальным уравнением $\dot{x} = x^3 + 3x^2 - 4$?

Задание 5. Сколько фазовых траекторий содержит фазовая прямая x , если оператор динамической системы задается дифференциальным уравнением $\dot{x} = x^3 + 3x^2 - 2$?

Задание 6. Сколько устойчивых состояний равновесия содержит фазовая прямая x , если оператор динамической системы задается дифференциальным уравнением $\dot{x} = 2 - 3x^2 - x^3$?

Задание 7. Чему равно время удвоения или уменьшения вдвое для переменной, изменяющейся по экспоненциальному процессу с параметром λ ?

Задание 8. Какого типа состояние равновесия имеет линейный осциллятор в точке $(0,0)$, если $\delta = 1, \beta = -2$?

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Исследовать взаимодействие двух популяций и нарисовать фазовый портрет

$$\begin{cases} \dot{x} = 2x - x^2 - 3xy \\ \dot{y} = y - 2y^2 - 2xy \end{cases}$$

2. Исследовать взаимодействие двух популяций и нарисовать фазовый портрет

$$\begin{cases} \dot{x} = x - 3x^2 - xy \\ \dot{y} = 2y - y^2 - 2xy \end{cases}$$

3. Исследовать взаимодействие двух популяций и нарисовать фазовый портрет

$$\begin{cases} \dot{x} = 2x - 3x^2 - xy \\ \dot{y} = 2y - y^2 - 2xy \end{cases}$$

4. Исследовать взаимодействие двух популяций и нарисовать фазовый портрет

$$\begin{cases} \dot{x} = x - 3x^2 - xy \\ \dot{y} = 2y - 3y^2 - 2xy \end{cases}$$

5.2.5. Типовые варианты контрольной работы

Вариант №1

1. Два парашютиста прыгают с высоты 1,5 км один за другим с интервалом времени 3 минуты. Первый сразу раскрывает парашют, а второй – лишь на высоте 0,5 км от земли. Который из них приземлится первым, если предельная скорость падения без парашюта равна 50 м/сек, а с парашютом 5 м/сек?
2. Воронка имеет форму конуса радиуса $R = 0,5 \text{ м}$ и высоты $H = 1 \text{ м}$, обращенного вершиной вниз. За какое время вытечет вся вода из воронки через круглое отверстие радиуса 2 см, сделанное в вершине конуса?

Вариант №2

1. В баке находится 100 литров раствора, содержащего 10 кг соли. В бак вливается 5 литров чистой воды в минуту и смесь с той же скоростью вытекает во второй бак вместимостью 100 литров, заполненный чистой водой. Избыток жидкости из него вытекает с той же скоростью 5 литров в минуту в третий бак вместимостью 100 литров, заполненный чистой водой. В баках имеет место полное перемешивание. Когда количество соли в третьем баке будет максимальным и чему оно равно?
2. В прямоугольный бак размером $1 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} \times 1 \text{ м}$ поступает 4 литра воды в секунду. В дне имеется отверстие площадью 3 см^2 . За какое время наполнится бак?

Вариант №3

1. В сосуд, содержащий 10 литров воды, поступает со скоростью 2 литра в минуту раствор, в каждом литре которого содержится 0,3 кг соли. Поступающий раствор перемешивается с водой и смесь вытекает из сосуда с той же скоростью. Сколько соли будет в сосуде через 5 минут?

2. В бак сечением S поступает вода интенсивностью P . Через отверстие в дне эффективным сечением $\sigma \ll S$ она поступает во второй бак емкостью V . Когда наполнится второй бак, если вначале оба бака были пустыми.

Вариант №4

1. Лодка замедляет свое движение под действием сопротивления воды, которое пропорционально скорости движения. Начальная скорость лодки 1,5 м/сек, скорость ее через 4 сек равна 1 м/сек. Когда скорость лодки уменьшится до 1 см/сек? Какой путь может пройти лодка до полной остановки?
2. За какое время вытечет вся вода из сферического сосуда радиуса R , если у него внизу имеется дырка эффективным сечением σ ?

5.2.6. Темы докладов

Типовые примеры тем докладов

1. Динамическая система. Пространство состояний и оператор. Фазовый портрет. Игра “Жизнь” Конуэя.
2. Экспоненциальные процессы. Время удвоения и уменьшения вдвое. Явление внезапного кризиса. Примеры.
3. Примеры, приводящие к понятию линейного осциллятора: колебания массы на пружине, колебания заряда конденсатора в электрическом контуре и др.

Типовые примеры тем докладов

1. Загадки Каспийского моря.
2. Модели развития отдельной популяции.
3. Модели сосуществования популяций.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Учебник.— Н. Новгород, Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2004. — 401 с. (161 экз.)
2. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. «Динамические модели теории управления». М.: Наука, 1985.- 400 с. (144 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1976.- 336 с.(37 экз.)
2. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М. 1981.-568 с. (37 экз)
3. Кузнецов Ю.А. Математические модели современного естествознания. Часть1. Н. Новгород, Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2010.. — 101 с. (40 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Дмитриев А.В. «Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы». — НИУ ВШЭ. [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?cid=123460>

2. Бабаева М. А. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=3806>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Наличие рекомендованной литературы.

Презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУиДС, корп.2).

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

Автор (ы): к.ф.-м.н., доц. каф. ТУиДС Губина Е.В.,

асс. каф. ТУ и ДС Кадина Е.Ю.

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н Осипов Г.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30.11.2022 года, протокол № 3