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 |

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | Гергель В.П. |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Математические модели современного естествознания** |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриат** |

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Прикладная математика и информатика (общий профиль)** |

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **Очная** |

Нижний Новгород

2018

1. **Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 «Математические модели современного естествознания» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 ОПОП направления подготовки 010302 «Прикладная математика и информатика». Освоение на определенном периоде обучения – 3 годa, 5 семестр.

**Целями освоения дисциплины являются:**

* формирование и развитие упорядоченных знания о фундаментальных понятиях и законах и методах изучения динамических систем различной природы, для понимания явлений и процессов, происходящих в природе и технике, изучение методов применения математики и механики к решению конкретных задач по исследованию различных видов движения материальных объектов
* освоение навыков практического использования методов математического моделирования динамических систем, привитие особого стиля мышления – математического моделирования;
* развитие способности к познанию и культуры мышления в целом.

Успешное изучение дисциплины необходимо также для выполнения научно-исследовательской работы, прохождения производственной практики и итоговой государственной аттестации.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине , соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой;

ОПК-4 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;

ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Код компетенции | Содержание компетенции | Планируемые результаты обучения |
|  | ОПК-1Базовый этап | способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой | Уметь использовать фундаментальные знания законов механики, математики в будущей профессиональной деятельности |
| Мотивация (личностное отношение) |
|  | ОПК-4 Базовый этап | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | Владеть методами решения стандартных задач профессиональной деятельности |
| Мотивация (личностное отношение) |
| 3 | ПК-1 Базовый этап | способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям | Уметь собирать, обрабатывать и интерпретировать данные научных исследований |
| Мотивация (личностное отношение) |
| 4 | ПК-2 Базовый этап | способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат | *Знать* методы постановки классических задач математики и механики. |
| *Уметь* математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи механики. |
| *Владеть* математическими методами, применяемыми при постановке классических задач механики |
| Мотивация (личностное отношение) |

В целом, результате освоения дисциплины, обучающийся должен получить необходимые знания, выработать умения, а при выполнении в последующем научно-исследовательской работы, прохождения производственной практики и выполнения выпускной квалификационной работы, приобрести (овладеть) необходимый опыт для полноценного формирования компетенций.

1. **Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа – занятия лекционного типа, 32 часа – практические занятия, 2 часа промежуточной аттестации), 78 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. 36 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,****форма промежуточной аттестации по дисциплине** | **Всего****(часы)** | в том числе |
| **контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** |
|  **Занятия лекционного типа** |  **Занятия семинарского типа** |  **Занятия лабораторного типа** |  | **Всего** |
| Очная |  |  | Очная |  |  | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная |  |  |  | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная |
| 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. | 10 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 2. Математическое и физическое моделирование. Анализ размерностей. П- теорема. | 13 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |  | 7 |  |  |
| 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. | 16 |  |  | 4 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  | 8 |  |  |
| 4 . Динамические системы с дискретным временем. Диаграмма Ламерея. | 10 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 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. | 16 |  |  | 4 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  | 8 |  |  |
| 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 | 13 |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |  | 7 |  |  |
| 7. Изолированные, закрытые открытые процессы. Термодинамическое равновесие. Неравновесное состояние. Необратимый и обратимый процессы Предмет термодинамики: классическая, линейная нелинейная термодинамика | 10 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 8. Наука о равновесиях и равновесных процессах. Аксиомы классической термодинамики1 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. | 22 |  |  | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  |  |  |  | 12 |  |  | 10 |  |  |
| 9.Аппарат классической термодинамики. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости. | 11 |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 7 |  |  |
| 10. Неравновесные процессы. Локальное термодинамическое равновесие. | 10 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 11.Эволюционные процессы в открытых системах Самоорганизация. Диссипативные структуры ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского.  | 11 |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 7 |  |  |
| В т.ч. текущий контроль | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация: экзамен**  |

1. **Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Активные и интерактивные формы,лекции, практические занятия, тематическая контрольная работа, зачет, экзамен. Из традиционных методов преподавания используются: рассказ по теме. Из активных и интерактивных методов преподавания используются различные методы обсуждения индивидуальных случаев, различных точек зрения на те ли иные проблемы, дискуссии по спорным вопросам.

В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем. Проводятся самостоятельные, контрольные работы.

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
обучающихся**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

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 (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
* подготовка к промежуточной аттестации (экзамен).
1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**
	1. **Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.**

Дисциплина направлена на развитие компетенций:

ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой;

ОПК-4 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;

ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой

| **Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** |
| --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| Не зачтено | зачтено |
| УМЕТЬ: использовать фундаментальные знания законов механики, математики в будущей профессиональной деятельности | Отсутствие умений или частично освоенное умение | В целом успешное, но не систематически освоенное умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение | Сформированное умение |

ОПК-4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

| **Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** |
| --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| Не зачтено | зачтено |
| ВЛАДЕТЬ: методами решения стандартных задач профессиональной деятельности | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки | Общие, но не структурированные навыки | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки | Сформированные систематические навыки |

ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

| **Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** |
| --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| незачтено | зачтено |
| УМЕТЬ: собирать, обрабатывать и интерпретировать данные научных исследований | Отсутствие умений или частично освоенное умение | В целом успешное, но не систематически освоенное умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение | Сформированное умение |

ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

| **Планируемые результаты обучения**\* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** |
| --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| незачтено | зачтено |
| ЗНАТЬ: методы постановки классических задач математики и механики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание | В целом успешное, но не систематическое знание | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание | Успешное и систематическое знание |
| УМЕТЬ: математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи механики | Отсутствие умений или частично освоенное умение | В целом успешное, но не систематически освоенное умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение | Сформированное умение |
| ВЛАДЕТЬ: математическими методами, применяемыми при постановке классических задач механики | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки | Общие, но не структурированные навыки | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки | Сформированные систематические навыки |

* 1. **Описание шкал оценивания**

В соответствии с учебным планом контроль усвоения студентами содержания дисциплины проводится в форме экзамена.

На экзамене определяется:

* уровень усвоения студентом основного учебного материала по дисциплине;
* уровень понимания студентом изученного материала.

Экзамен включает устную и письменную часть. Письменная часть направлена на выявление степени освоения базовых понятий. Устная часть экзамена заключается в собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

| **Шкала оценок в соответствии со стандартом** | **Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ** | **Описание оценки** |
| --- | --- | --- |
| Отлично | Превосходно | Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление. |
| Отлично | Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на дополнительные вопросы (задания) допускаются незначительные неточности. |
| Хорошо | Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями. |
| Хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета). |
| Удовлетворительно | Удовлетворительно | Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя. |
| Неудовлетворительно | Неудовлетворительно | Студент показывает неудовлетворительное знание вопросов билета, основ курса и базовых понятий.  |
| Плохо | Студент показывает полное незнание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |

* 1. **Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

* индивидуальное собеседование,
* письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

* практические контрольные задания.

Типы практических контрольных заданий:

* задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий,
* установление последовательности действий (описание алгоритма выполнения действия).
	1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции**

**Образец практических контрольных заданий**

1. Уравнение Ферхюльста. Примеры биологических и социальных объектов. Задача об эволюции числа рыб в водоеме в зависимости от интенсивности рыболовства.
2. Адиабатический и политропный процессы идеального газа
3. Математическое и физическое моделирование. П- теорема.
4. Определить дальность полета пули S с помощью метода размерностей. Пуля выпущена горизонтально со скоростью $υ на высоте h$ над Землей.
5. 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

**Вопросы к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ОПК-1)**

1.Динамическая система..Фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Эволюционные процессы и динамические системы. Фазовый портрет.

2. Математическое и физическое моделирование. П- теорема.

3. Вероятностные модели**.** Распределение скоростей молекул в газе (распределение Максвелла). Распределение молекул газа в силовом поле (распределение Больцмана).

4.Тепловое расширение тел.

5.Флуктуации. Среднеквадратичная и относительная флуктуации.

6. Динамические системы с дискретным временем. Диаграмма Ламерея.

**7.**Экспоненциальные процессы. Примеры экспоненциальных процессов.

**8.**Уравнение Ферхюльста. Примеры биологических и социальных объектов. Задача об эволюции числа рыб в водоеме в зависимости от интенсивности рыболовства.

**Вопросы к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ОПК-4)**

9.Изолированные, закрытые открытые процессы. Термодинамическое равновесие. Неравновесное состояние. Предмет термодинамики: классическая, линейная нелинейная термодинамика.

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

11.Второе начало термодинамики. Энтропия. Соотношение Гиббса. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Статистическое толкование энтропии.

12.Адиабатический и политропный процессы идеального газа.

13.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

**Задачи к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ОПК-1)**

Скорость капиллярных волн на поверхности воды зависит от коэффициента поверхностного натяжения  , плотности , длины волны . Определить с помощью метода размерностей скорость волн.

Известно распределение вероятностей  случайной переменной x, принимающей значения из . Написать выражения, определяющие следующие средние арифметические и среднеквадратичную флуктуацию .

**Задачи к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ОПК-4)**

Известно распределение вероятности . Получить распределение вероятностей для переменной y связанной с x зависимостью /

Найти статистический вес наиболее вероятного распределения 10 одинаковых молекул по двум одинаковым половинам сосуда. Определить вероятность такого распределения.

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

 **Задачи к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ПК-1)**

Какова энтропия 1л азота при Т=350 К и давлении р=, если энтропия при Т=298,15 К и давлении р= равна 

Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на ΔТ=72 К, сообщив ему количество тепла Q=1.6 кАж. Найти приращение его внутренней энергии и величину. 

Найти изменение энтропии ΔS 30 г льда при превращении его в пар, если начальная температура льда -40 С, а температура пара 100 С. Теплоемкость воды и льда считать постоянными, а все процессы – происходящими при атмосферном давлении. Удельная теплоемкость льда с=0,11 кал/г град.

 **Задачи к экзамену для оценки уровня сформированности компетенции (ПК-2)**

Наряду с внутренней энергией U и энтальпией H=U+рV в термодинамике широко пользуются функциями F=U-ТS (свободная энергия) и G=F+рV (потенциал Гиббса) Показать, что

 U=F-T

Наряду с внутренней энергией U и энтальпией H=U+рV в термодинамике широко пользуются функциями F=U-ТS (свободная энергия) и G=F+рV (потенциал Гиббса) Показать, что



* 1. **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ № 55-ОД от 13.02.2014

<http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf>

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ № 247-ОД от 10.06.2015.

1. **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. (171 экз)
2. Юдович В.И. Математические модели естественных наук. СПб:- Лань.2011, 336 с. <https://e.lanbook.com/book/689#book_name>

б) дополнительная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Москва. (более 25 экз)

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>
4. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованные мультимедийной техникой (компьютер, проектор, экран). 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Автор(ы) |  | д.ф.-м.н., профессорНовиков 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 ННГУ им. Н.И. Лобачевского