МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Математические модели в естествознании** |

(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

|  |
| --- |
| **Математическое моделирование и вычислительная математика** |

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **бакалавр** |

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017 год

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

Дисциплина «Математические модели в естествознании» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОПОП: Б1.В.ДВ.08.02. Обязательна для освоения на определенном периоде обучения – 4, 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.

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.

Планируемые результаты обучения представлены в нижеприведённой таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| *ОПК-1 базовый* | *У1 (ОПК-1)* *Уметь* использовать фундаментальные знания в области естествознанияв будущей профессиональной деятельности  *З1 (ОПК-1) Знать* фундаментальные законы естествознания  *В1 (ОПК-1). Владеть* фундаментальными знаниями в области естествознания |
| *ОПК-4 базовый* | *У1 (ОПК-4) Уметь* решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий  *З1 (ОПК-4) Знать* Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности  *В1 (ОПК-4) Владеть* методами решения стандартных задач профессиональной деятельности |
| *ПК-1 базовый* | *У1 (ПК-1)* *Уметь* осознанно определять общие формы и закономерностей отдельной предметной области  *З1 (ПК-1) Знать* общие формы и закономерности отдельной предметной области  *В1(ПК-1). Владеть* опытом использования общих форм и закономерностей области естествознания |
| *ПК-2 базовый* | *У1 (ПК-2)* *Уметь* математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи математики и механики  *З1 (ПК-2) Знать*  методы постановки естественнонаучных задач и классических задач математики и механики  *В1(ПК-2). Владеть* математическими методами, применяемыми при постановке естественнонаучных задач и классических задач математики и механики |

1. **Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 115 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (66 часов – занятия лекционного типа, 49 часов – практические занятия), 137 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое  содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма  промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **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** | | | **Консультации** | | | | **Всего** | | |
| Очная | Вечерняя | | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | 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. | 6 |  | |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| 2. Математическое и физическое моделирование. Анализ размерностей. П- теорема. | 9 | |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 6 |  |  | 3 |  |  |
| 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. | 1  2 |  | |  | 4 |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 8 |  |  | 4 |  |  |
| 4 . Динамические системы с дискретным временем. Диаграмма Ламерея. | 6 |  | |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| 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. | 1  2 |  | |  | 4 |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 8 |  |  | 4 |  |  |
| 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 | 9 |  | |  | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 6 |  |  | 3 |  |  |
| 7. Изолированные, закрытые открытые процессы. Термодинамическое равновесие. Неравновесное состояние. Необратимый и обратимый процессы Предмет термодинамики: классическая, линейная нелинейная термодинамика | 6 |  | |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| 8. 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. | 1  8 |  | |  | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 1  2 |  |  | 6 |  |  |
| 9.Аппарат классической термодинамики. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Критерии наличия равновесия и его устойчивости. | 1  8 |  | |  | 4 |  |  | 8 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 1  2 |  |  | 6 |  |  |
| 10. Неравновесные процессы. Локальное термодинамическое равновесие. | 6 |  | |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| 11.Эволюционные процессы в открытых системах Самоорганизация. Диссипативные структуры ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского. | 6 |  | |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| **Промежуточная аттестация: зачёт**  выполнение тематической контрольной работы | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Используются лекции, практические занятия, тематическая контрольная работа, зачет в сочетании с различными методами обсуждения индивидуальных случаев, различных точек зрения на те ли иные проблемы, дискуссиями 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 (модулю)**
   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** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики | Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики |
| УМЕТЬ: самостоятельно разобраться с современными математическими средствами, освоить и использовать их для решения практических задач естествознания | Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно- исследовательской работы; способностью формулировать результат | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат | Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат |

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

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | | удовлетворительно | хорошо | отлично | |
| незачтено | | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: основные понятия, операции и правила современного тензорного исчисления | Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | | Успешное и систематическое знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления |
| УМЕТЬ: использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | | Сформированное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления |
| ВЛАДЕТЬ: навыками использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | Общие, но не структурированные навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | | Сформированные систематические навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания |

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** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | | отлично |
| незачтено | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: постановки классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | Отсутствие знаний или фрагментарное знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематическое знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | Успешное и систематическое знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | |
| УМЕТЬ: использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать о тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | Сформированное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | |
| ВЛАДЕТЬ: методами тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Отсутствие навыков или фрагментарные навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Общие, но не структурированные навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Сформированные систематические навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | |

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

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | | удовлетворительно | хорошо | | отлично |
| незачтено | | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики | Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики | |
| УМЕТЬ: самостоятельно разобраться с современными математическими средствами, освоить и использовать их для решения практических задач естествознания | Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно- исследовательской работы; способностью формулировать результат | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат | Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат | | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат | |

* 1. Описание шкал оценивания

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

На зачёте определяется:

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

Зачёт включает устную и письменную часть. Письменная часть направлена на выявление степени освоения базовых понятий. Устная часть зачёта 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** |
| --- | --- | --- | --- |
| Зачтено | 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. |
| Незачтено | 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 (модулю), 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

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

Адиабатический и политропный процессы идеального газа

Математическое и физическое моделирование. П- теорема.

Определить дальность полета пули S с помощью метода размерностей. Пуля выпущена горизонтально со скоростью над Землей.

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

* 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,

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

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

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](http://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>
4. **Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой (компьютер, проектор, экран), для проведения занятий лекционного и семинарского типа.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (профиль "Математическое моделирование и вычислительная математика").

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 \_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Математические модели в естествознании 2** |

(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

|  |
| --- |
| **Математическое моделирование и вычислительная математика** |

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **бакалавр** |

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017 год

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

Дисциплина «Математические модели в естествознании 2» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОПОП: Б1.В.ДВ.08.02. Обязательна для освоения на определенном периоде обучения – 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.

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.

Планируемые результаты обучения представлены в нижеприведённой таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| *ОПК-1 базовый* | *У1 (ОПК-1)* *Уметь* использовать фундаментальные знания в области естествознанияв будущей профессиональной деятельности  *З1 (ОПК-1) Знать* фундаментальные законы естествознания  *В1 (ОПК-1). Владеть* фундаментальными знаниями в области естествознания |
| *ОПК-4 базовый* | *У1 (ОПК-4) Уметь* решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий  *З1 (ОПК-4) Знать* методы решения стандартных задач профессиональной деятельности  *В1 (ОПК-4) Владеть* методами решения стандартных задач профессиональной деятельности |
| *ПК-1 базовый* | *У1 (ПК-1)* *Уметь* осознанно определять общие формы и закономерностей отдельной предметной области  *З1 (ПК-1) Знать* общие формы и закономерности отдельной предметной области  *В1(ПК-1). Владеть* опытом использования общих форм и закономерностей области естествознания |
| *ПК-2 базовый* | *У1 (ПК-2)* *Уметь* математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи математики и механики  *З1 (ПК-2) Знать*  методы постановки естественнонаучных задач и классических задач математики и механики  *В1(ПК-2). Владеть* математическими методами, применяемыми при постановке естественнонаучных задач и классических задач математики и механики |

1. **Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины (модуля) в 5 семестре составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 51 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (34 часа – занятия лекционного типа, 17 часов – практические занятия), 57 час составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **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** | | | **Консультации** | | | | **Всего** | | |
| Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная | Очная | Вечерняя | Заочная |
| 1.. Системы с распределенными параметрами.  Уравнение теплопроводности.  Волновое уравнение. Волна. Фронт волны. Плоская волна. Фазовая скорость волны. Дисперсия. Дисперсионное уравнение. Групповая скорость. | 1  0 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 2 Электромагнитное поле. Вектор напряженности электрического поля и вектор магнитной индукции. Уравнения Максвелла. Электромагнитная волна | 1  0 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 3. 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. | 1  0 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 4.Математические модели объектов микромира  Корпускулярные свойства света. Фотон. Фотоэлектрический эффект.  Волны де Бройля. | 9 |  |  | 2 |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 3 |  |  | 6 |  |  |
| 5. Пси-функция. Уравнение Шредингера.  Формализм отыскания возможных значений физической величины и вероятности, с которыми она принимает эти значения  Принцип неопределенности | 1  00 |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 6. Движение квантовой частицы в некоторых простых одномерных полях  Свободное движение квантовой частицы. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. | 6 |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |
| 7.Специальная теория относительности  Принцип относительности. Классическая механика, преобразования Галилея.  Принцип существования наибольшей скорости распространения взаимодействия Релятивистская динамика. | 4 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | 1 |  |  | 3 |  |  |
| 8. Преобразование Лоренца.  Кинематические эффекты «замедления» времени и «сокращения длины».  Сложение скоростей. | 1  0 |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  | 4 |  |  | 6 |  |  |
| 9 . Импульс. Релятивистская динамика.  Энергия | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |
| **Промежуточная аттестация: зачёт,**  выполнение тематической контрольной работы | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Используются лекции, практические занятия, тематическая контрольная работа, зачет в сочетании с различными методами обсуждения индивидуальных случаев, различных точек зрения на те ли иные проблемы, дискуссиями 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 (модулю)**
   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** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | отлично |
| незачтено | зачтено | | |
| ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики | Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики |
| УМЕТЬ: самостоятельно разобраться с современными математическими средствами, освоить и использовать их для решения практических задач естествознания | Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно- исследовательской работы; способностью формулировать результат | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат | Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат |

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

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | | удовлетворительно | хорошо | отлично | |
| незачтено | | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: основные понятия, операции и правила современного тензорного исчисления | Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления | | Успешное и систематическое знание основных понятий, операций и правил современного тензорного исчисления |
| УМЕТЬ: использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления | | Сформированное умение использовать на практике математический аппарат современного тензорного исчисления |
| ВЛАДЕТЬ: навыками использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | Общие, но не структурированные навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания | | Сформированные систематические навыки использования на практике аппарата современного тензорного исчисления для математического и численного моделирования различных явлений механики, физики, естествознания |

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** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | | отлично |
| незачтено | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: постановки классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | Отсутствие знаний или фрагментарное знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | В целом успешное, но не систематическое знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | Успешное и систематическое знание постановок классических задач математики и механики с использованием тензорного исчисления | |
| УМЕТЬ: использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | В целом успешное, но не систематически освоенное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать о тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | Сформированное умение использовать тензорное исчисление для математически корректных постановок естественнонаучных задач и классических задач математики и механики | |
| ВЛАДЕТЬ: методами тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Отсутствие навыков или фрагментарные навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Общие, но не структурированные навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | Сформированные систематические навыки использования на практике методов тензорного исчисления для математического моделирования теоретических и прикладных задач | |

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

| **Планируемые результаты  обучения**\*  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| неудовлетворительно | | удовлетворительно | хорошо | | отлично |
| незачтено | | зачтено | | | |
| ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики | В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики | Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики | |
| УМЕТЬ: самостоятельно разобраться с современными математическими средствами, освоить и использовать их для решения практических задач естествознания | Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям естествознания | |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно- исследовательской работы; способностью формулировать результат | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат | Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат | | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат | Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат | |

* 1. Описание шкал оценивания

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

На зачёте определяется:

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

Зачёт включает устную и письменную часть. Письменная часть направлена на выявление степени освоения базовых понятий. Устная часть зачёта 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** |
| --- | --- | --- | --- |
| Зачтено | 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. |
| Незачтено | 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 (модулю), 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

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

Адиабатический и политропный процессы идеального газа

Математическое и физическое моделирование. П- теорема.

Определить дальность полета пули S с помощью метода размерностей. Пуля выпущена горизонтально со скоростью над Землей.

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

* 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,

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

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

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](http://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>
4. **Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой (компьютер, проектор, экран), для проведения занятий лекционного и семинарского типа.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (профиль "Математическое моделирование и вычислительная математика").

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 \_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_.