

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль |
|------------|----------------------|
| 1155224 | Теоретическая физика |

Екатеринбург

| | |
|---|---|
| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
| Образовательная программа 1. Астрономия | Код ОП 1. 03.05.01/33.01 |
| Направление подготовки 1. Астрономия | Код направления и уровня подготовки 1. 03.05.01 |

Программа модуля составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|--------------------------------|--|------------------|---|
| 1 | Кузнецов Александр Васильевич | кандидат физико-математических наук, доцент | Доцент | Департамент фундаментальной и прикладной физики |
| 2 | Москвин Александр Сергеевич | доктор физико-математических наук, профессор | Профессор | теоретической и математической физики |
| 3 | Овчинников Александр Сергеевич | доктор физико-математических наук, доцент | Профессор | теоретической и математической физики |
| 4 | Памятных Евгений Алексеевич | доктор физико-математических наук, профессор | Профессор | теоретической и математической физики |
| 5 | Панов Юрий Демьянович | кандидат физико-математических наук, доцент | Доцент | теоретической и математической физики |
| 6 | Урсулов Андрей Владимирович | кандидат физико-математических наук, доцент | Доцент | Департамент фундаментальной и прикладной физики |
| 7 | Черняк Владимир Григорьевич | доктор физико-математических наук, профессор | профессор | кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем |

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Теоретическая физика

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из дисциплин «Теоретическая механика», «Теория колебаний», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Термодинамика», «Статистическая физика», «Методы математической физики» и расширяет базовые знания общих разделов физики и рассматривает вопросы описания и изучения материи как физических многокомпонентных систем с точки зрения основных фундаментальных взаимодействий.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1 | Электродинамика | 4 |
| 2 | Статистическая физика | 4 |
| 3 | Теоретическая механика | 4 |
| 4 | Термодинамика | 3 |
| 5 | Квантовая теория | 7 |
| 6 | Методы математической физики | 5 |
| 7 | Теория колебаний | 4 |
| ИТОГО по модулю: | | 31 |

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

| | |
|------------------------------------|---|
| Пререквизиты модуля | Не предусмотрены |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. Общая астрометрия 2. Астрофизика 3. Общая физика |

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) |
|---------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Квантовая теория | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков | <p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p> |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |

| | | |
|------------------------------|---|---|
| | математикой и другими естественными науками | |
| Методы математической физики | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков | <p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p> |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |
| Статистическая физика | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с | <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | использованием фундаментальных знаний и практических навыков | Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |
| Теоретическая механика | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков | З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

| | | |
|------------------|---|--|
| | физико-математических дисциплин | |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |
| Теория колебаний | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков | З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |
| Термодинамика | ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в | З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях |

| | | |
|------------------------|--|--|
| | <p>междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p> | <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p> |
| | <p>ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин</p> | <p>З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований</p> |
| | <p>ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками</p> | <p>З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области</p> |
| <p>Электродинамика</p> | <p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных</p> | <p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | знаний и практических навыков | |
| | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |
| | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электродинамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------|--|---------------------|---|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико-математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |
| 2 | Памятных Евгений Алексеевич | доктор физико-математических наук, профессор | Профессор | теоретической и математической физики |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Памятных Евгений Алексеевич, Профессор, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| P1 | Специальная теория относительности и релятивистская механика | Исторические предпосылки создания специальной теории относительности. Новый принцип относительности. Относительность одновременности. Интервал. Инвариантность интервала. Преобразование Лоренца. Классификация интервалов. Релятивистская механика Принцип наименьшего действия. Действие для свободной частицы. Функции Лагранжа и Гамильтона. Импульс и энергия частицы. Релятивистское уравнение динамики. О движениях со скоростями, большими скорости света. Тахионы. Четырехмерная геометрия. Пространство-время физических событий. Скаляры, векторы, тензоры. Операция свертки. Дифференцирование и интегрирование в четырехмерном пространстве. Ковариантная запись уравнений механики. Четырехмерные скорость, ускорение, импульс, сила. Преобразование энергии и импульса. |

| | | |
|------------------|---|---|
| <p>P2</p> | <p>Уравнения электромагнитного поля</p> | <p>Заряд частицы и потенциалы электромагнитного поля. Действие для заряда в электромагнитном поле. Уравнение движения для заряда в электромагнитном поле. Напряженности полей. Сила Лоренца. Функции Лагранжа и Гамильтона для заряда в электромагнитном поле. Тензор электромагнитного поля и преобразование полей. Инварианты поля. Классификация полей. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерная и трехмерная запись уравнений. Интегральная форма записи уравнений электромагнитного поля. Постановка задач теории электромагнитного поля. Граничные условия. Единственность решения уравнений электромагнитного поля. Закон сохранения энергии с учетом электромагнитного поля. Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля. Потенциалы электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля для потенциалов. Неоднозначность потенциалов. Условие калибровки. Калибровка Лоренца и калибровка Кулона. Уравнения для потенциалов в этих калибровках.</p> |
| <p>P3</p> | <p>Стационарные электромагнитные поля</p> | <p>Электростатика. Электромагнитное поле неподвижных зарядов. Основная задача электростатики. Энергия поля в электростатике. Элементарный электрический заряд и бесконечность энергии электростатического поля элементарного заряда в классической электродинамике. Магнитостатика. Электромагнитное поле постоянных токов. Основная задача магнитостатики. Энергия поля для магнитостатических явлений. Линейные токи. Поле системы линейных токов. Взаимоиндукция и самоиндукция О квазистационарных явлениях.</p> |
| <p>P4</p> | <p>Электромагнитные волны и их излучение</p> | <p>Электромагнитные волны. Электромагнитное поле в отсутствие источников. Основные характеристики электромагнитных волн. Плоские и сферические волны. Электромагнитные волны в волноводах. Излучение электромагнитных волн. Электромагнитное поле переменных источников. Запаздывающие потенциалы. Опережающие потенциалы. Поле ограниченной системы колеблющихся источников. Статическая, индукционная и волновая зоны. Дипольное излучение. Магнитодипольное и квадрупольное излучения.</p> |
| <p>P5</p> | <p>Электромагнитное поле и излучение движущегося заряда</p> | <p>Потенциалы Лиенара – Вихерта для поля движущегося заряда. Напряженности поля движущегося заряда. Поле, связанное с зарядом, и поле излучения. Излучение ускоренно движущегося заряда.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>Потери энергии на излучение в линейных и циклических ускорителях. Рассеяние электромагнитной волны свободным зарядом.</p> <p>Торможение излучением. Лоренцевская сила трения излучением. Естественная ширина спектральных линий.</p> <p>Границы применимости классической электродинамики.</p> |
|--|--|---|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика

Электронные ресурсы (издания)

1. Новожилов, Ю. В.; Электродинамика; Наука, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492471> (Электронное издание)
2. Левич, В. Г.; Курс теоретической физики; Наука, Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494682> (Электронное издание)
3. Федоров, Н. Н.; Основы электродинамики; Высшая школа, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492391> (Электронное издание)
4. Пеннер, Д. И.; Электродинамика и специальная теория относительности; Просвещение, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481460> (Электронное издание)
5. Угаров, В. А.; Специальная теория относительности; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481486> (Электронное издание)

6. Терлецкий, Я. П.; Электродинамика; Высшая школа, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492478> (Электронное издание)
7. Матвеев, А. Н.; Электродинамика и теория относительности : монография.; Высшая школа, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474145> (Электронное издание)
8. Алексеев, А. И.; Сборник задач по классической электродинамике; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492374> (Электронное издание)
9. , Памятных, , Е. А.; Электродинамика. Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68416.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов: В 10 т. Т. 2. Теория поля.- 8-е изд., стер.; Физматлит, Москва; 2001 (2 экз.)
2. Бредов, М. М., Топтыгин, И. Н.; Классическая электродинамика : Учеб. пособие для студентов физ. спец. вузов.; Наука, Москва; 1985 (52 экз.)
3. Новожилов, Ю. В.; Электродинамика : [учебное пособие для физических специальностей университетов].; Наука, Москва; 1978 (22 экз.)
4. Левич, В.Г.; Курс теоретической физики : для физ.-техн. вузов и фак. Т. 1. Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе.; Наука, Москва; 1969 (9 экз.)
5. Угаров, В. А.; Специальная теория относительности : Учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов.; Наука, Москва; 1977 (4 экз.)
6. Батыгин, В. В., Бредов, М. М.; Сборник задач по электродинамике : учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1970 (33 экз.)
7. Киттель, Ч.; Механика : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2005 (24 экз.)
8. Кацнельсон, М. И.; Введение в теорию относительности : Учеб. пособие.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Екатеринбург; 1996 (173 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- 2 Электронная библиотека УрФУ oras.urfu.ru
- 3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|---|---|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---|
| | | <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>Компьютерные классы, приспособленные для тестирования в режиме on-line.</p> | |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Статистическая физика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------------|--|------------------------|--|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико- математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |
| 2 | Овчинников Александр Сергеевич | доктор физико- математических наук, доцент | Профессор | теоретической и математической физики |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Овчинников Александр Сергеевич, Профессор, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|-------------------------------|---|
| P1 | Основные принципы статистики. | Примеры. Основные определения: общее, частное, особое решение. Интегральная кривая. Понятие о задаче Коши и граничной задаче. Геометрическая интерпретация решений. |
| P2 | Распределение Гиббса. | Каноническое распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса. |
| P3 | Идеальный газ. | Распределение Больцмана. Столкновения молекул. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа/ Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон распределения. Одноатомный идеальный газ. |

| | | |
|------------|---|---|
| P4 | Распределения Ферми- и Бозе. Ферми- и Бозе-газы. | Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Основные свойства Ферми- и Бозе-газа. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Вырожденный Бозе-газ, Бозе-конденсация. Статистика фотонного газа. |
| P5 | Конденсированные тела. | Теплоемкость твердых тел. Низкие температуры. Теплоемкость твердых тел. Высокие температуры. Формула Дебая. Квантовая жидкость. Спектр бозевского типа. Сверхтекучесть. Квантовая жидкость. Спектр фермиевского типа. |
| P6 | Неидеальные газы. | Отклонение газов от идеальности. Формула Ван-дер-Ваальса. Термодинамические величины классической плазмы. |
| P7 | Сверхпроводимость. | Сверхтекучий ферми-газ. Энергетический спектр. Сверхтекучий ферми-газ. Термодинамические величины. Уравнения Гинзбурга-Ландау. |
| P8 | Флуктуации. | Распределение Гаусса. Флуктуации основных физических величин. Флуктуации в идеальном газе. Флуктуации параметра порядка при фазовых переходах II рода. |
| P9 | Теория линейного отклика | Линейная реакция системы на внешнее возмущение. Формулы Кубо. Электропроводность и магнитная восприимчивость. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига и принцип симметрии Онсагера. |
| P10 | Основные представления современной теории систем многих частиц. | Основные представления современной теории систем многих частиц. |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | фундаментальных физико- математических дисциплин | |
|--|--|--|---|--|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая физика

Электронные ресурсы (издания)

1. Кубо, Р., Р.; Термодинамика; Мир, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495525> (Электронное издание)
2. Ландау, Л. Д.; Собрание трудов; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83031> (Электронное издание)
3. Мигдал, А. Б.; Качественные методы в квантовой теории; Наука, Москва; 1975; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450072> (Электронное издание)
4. Маттук, Р., Р.; Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел; Мир, Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483384> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Кубо, Р.; Статистическая механика : Современ. курс с задачами и решениями: Пер. с англ.; Мир, Москва; 1967 (8 экз.)
2. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 5. Статистическая физика, ч.1. - 4-е изд., испр.; Наука, Москва; 1995 (25 экз.)
3. Садовский, М. В.; Лекции по статистической физике : [Учеб. пособие для вузов].; Ин-т компьютерных исследований, Москва; 2003 (44 экз.)
4. Ландау, Л. Д., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. Т. 9. Статистическая физика, ч.2.: Теория конденсированного состояния ; Наука, Москва; 1978 (9 экз.)
5. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 1. Механика ; Наука, Москва; 1988 (102 экз.)
6. Маттук, Р. Д., Ричард Д., Бонч-Бруевич, В. Л., Краско, Г. Л., Сурис, Р. А.; Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел; Мир, Москва; 1969 (7 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- 2 Электронная библиотека УрФУ opac.urfu.ru
- 3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая физика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------|---|---|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет | Mathematica 6.0.1 Educational Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не требуется |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретическая механика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|--------------------------------|--|------------------------|--|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико- математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |
| 2 | Урсулов Андрей Владимирович | кандидат физико- математических наук, доцент | Доцент | Департамент фундаментальной и прикладной физики |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Урсулов Андрей Владимирович, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|---|---|
| P1 | Введение. Механика материальной точки. | Материальная точка. Кинематика материальной точки в криволинейных координатах. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Силы. |
| P2 | Механика систем свободных материальных точек. | Уравнения движения системы материальных точек. Внутренние и внешние силы. Интегралы движения. Импульс. Момент импульса. Момент сил. Кинетическая энергия системы. Потенциальная энергия. Полная энергия системы. Теорема вириала. |
| P3 | Механика систем со связями. | Понятие связей и их классификация. Степени свободы механической системы. Движение при наложенных связях. Силы реакции связей. Виртуальные и действительные перемещения. Идеальные связи. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Уравнения Лагранжа первого рода. Принцип Даламбера. |
| P4 | Формализм Лагранжа. | Обобщенные координаты. Скорость и кинетическая энергия в обобщенных координатах. Принцип Гамильтона. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы. Диссипативные силы в обобщенных координатах. Диссипативная функция Релея. Неоднозначности в определении функции Лагранжа. Свойства уравнений Лагранжа. Обобщенно-потенциальные силы. Обобщенный потенциал. Сила Лоренца, как обобщенно- |

| | | |
|------------|-----------------------------------|--|
| | | потенциальная сила. Обобщенный импульс. Законы изменения и сохранения обобщенного импульса. Обобщенная энергия. Законы изменения и сохранения обобщенной энергии. Циклические переменные. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени. Понятие о теореме Нетер. |
| P5 | Движение в центральном поле. | Задача двух тел. Центральное поле. Эффективная потенциальная энергия. Закон движения и траектория частицы в центральном поле. Точки поворота траектории. Задача Кеплера. Кулоновское поле. Потенциалы притяжения и отталкивания. Траектории частицы в случае потенциалов притяжения и отталкивания. |
| P6 | Упругое рассеяние. | Рассеяние в центральном поле. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния. Полное сечение рассеяния. Формула Резерфорда. |
| P7 | Механические колебания. | Положение устойчивого равновесия механических систем. Теорема Лагранжа-Дирихле. Колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания. Затухающие колебания систем с одной степенью свободы. Аперриодическое затухание. Вынужденные колебания. Резонанс. Свободные колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты и нормальные колебания. |
| P8 | Формализм Гамильтона. | Канонические переменные. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Фазовое пространство. Интегралы движения и законы сохранения в механике Гамильтона. Теорема об интегралах движения (необходимое и достаточное условие того, что функция является интегралом движения). Скобки Пуассона. Канонические уравнения в симметричном виде. |
| P9 | Канонические преобразования. | Вывод канонических уравнений Гамильтона из принципа наименьшего действия. Производящая функция канонического преобразования. Типы производящих функций. |
| P10 | Формализм Гамильтона-Якоби. | Уравнение Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби. Теорема Нетер. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени. |
| P11 | Механика абсолютно твердого тела. | Абсолютно твердое тело. Неподвижная и подвижная системы отсчета. Число степеней свободы абсолютно твердого тела. Угловая скорость. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Движение твердого тела в неподвижной системе отсчета. Динамические уравнения Эйлера. Углы Эйлера. Кинематические уравнения Эйлера. |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательск | Технология формирования | ПК-1 - Владеет методами | З-1 - Изложить основные методы |

| | | | | |
|--|------------------------------|---|---|---|
| | ая, научно-исследовательская | уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | астрономических, физических и математических исследований |
|--|------------------------------|---|---|---|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретическая механика

Электронные ресурсы (издания)

1. Лагранж, Ж. Л.; Abhandlungen über Variations-Rechnung : монография.; Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig; 1894; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467259> (Электронное издание)
2. Аппель, П. Э., Малкин, И. Г.; Теоретическая механика Динамика точки; Гос. изд-во физико-математической лит., Москва; 1960; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235362> (Электронное издание)
3. Аппель, П. Э., Малкин, И. Г.; Теоретическая механика Аналитическая механика; Гос. изд-во физико-математической лит., Москва; 1960; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235363> (Электронное издание)
4. Павленко, Ю. Г.; Задачи по теоретической механике : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2003; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69273> (Электронное издание)
5. Павленко, Ю. Г.; Лекции по теоретической механике : учебник.; Физматлит, Москва; 2002; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69274> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 1. Механика ; Наука, Москва; 1988 (102 экз.)
2. Голдстейн, Г., Рубашов, А. Н.; Классическая механика; Наука, Москва; 1975 (56 экз.)
3. Коткин, Г. Л.; Сборник задач по классической механике; РХД, Москва; 2001 (29 экз.)
4. Ольховский, И. И.; Задачи по теоретической механике для физиков : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (22 экз.)
5. Ольховский, И. И.; Курс теоретической механики для физиков : [учебник для вузов].; Издательство Московского университета, Москва; 1978 (38 экз.)
6. Урсулов, А. В.; Теоретическая механика. Решение задач : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 011000 "Физика", 011501 "Астрономия", 011800 "Радиофизика", 222900 "Нанотехнологии".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012 (204 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

2 Электронная библиотека УрФУ opac.urfu.ru

3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

4 Теоретическая механика [Электронный ресурс] .— Электрон. дан. ([632] Мб) .— [Б. м.] : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", [2004] .— 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) .— (Электронная библиотека) .— Загл. с этикетки диска .— Доступ из сети Научной библиотеки УрГУ

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретическая механика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------|--|---|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя | Mathematica 6.0.1 Educational Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>Компьютерные классы, приспособленные для тестирования в режиме on-line.</p> | |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Термодинамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|----------------------------------|--|------------------------|--|
| 1 | Кузнецов Александр Васильевич | кандидат физико- математических наук, доцент | Доцент | Департамент фундаментальной и прикладной физики |
| 2 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико- математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Александр Васильевич, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики
- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|------------------------------|--|
| P1 | Основы термодинамики | |
| P1 T1 | Введение | Предмет курса. Макроскопические системы. Тепловое движение. Феноменологический характер термодинамики, ее математический аппарат. Основные положения термодинамики. Внешние и внутренние термодинамические параметры. Термодинамическое состояние, число термодинамических степеней свободы. Состояние термодинамического равновесия. Функции состояния и функции процессов. Экстенсивные и интенсивные параметры. Жесткие и податливые, адиабатические и диатермические стенки. Изолированная система. "Общее начало" термодинамики. Флуктуации. Транзитивность термодинамического равновесия. Термометр. "Нулевое начало" термодинамики. Эмпирическая температура. Различные термометрические шкалы. Газовый термометр. Релаксация. Время релаксации. Равновесный процесс. Внутренняя энергия. Работа и теплота. Термодинамические силы. Термические и калорическое уравнения состояния. |
| P1 T2 | Первое начало термодинамики. | Внутренняя энергия. Работа и теплота. Термодинамические силы. Термические и калорическое уравнения состояния. |

| | | |
|--------------|---------------------------------------|--|
| | | Исходные формулировки первого начала. Уравнение первого начала. Теплоемкости и скрытые теплоты. Связь между теплоемкостями. Термостат. Равновесный элемент теплоты как форма Пфаффа. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Теплоемкости и модули упругости. Теплоёмкости и температурная зависимость тепла, выделяющегося при химических реакциях. |
| P1 T3 | Второе начало термодинамики | Взаимное превращение теплоты и работы. Второе начало термодинамики. Компенсация. Формулировка Кельвина. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатической недостижимости Каратеодори. Теорема Каратеодори. Энтропия и абсолютная температура. Связь между абсолютной и эмпирической температурами. Независимость абсолютной температуры от выбора термометрического тела. Основное уравнение равновесной термодинамики. Вычисление энтропии. Второе начало для неравновесных процессов. Связь между уравнениями состояния. Коэффициент полезного действия тепловых машин. Холодильная установка. Тепловой насос. Цикл Карно. Формулировка Клаузиуса. Границы применимости второго начала. |
| P2 | Методы термодинамики | |
| P2 T1 | Метод термодинамических потенциалов | Метод циклов и метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия как потенциал. Свободная энергия. Потенциал Гиббса. Энтальпия. Уравнения Гиббса - Гельмгольца. Химический потенциал. Большой потенциал. Уравнение Гиббса – Дюгема. |
| P3 | Приложения термодинамики | |
| P3 T1 | Условия термодинамического равновесия | Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Общие условия равновесия. Стабильные и метастабильные равновесия. Условия равновесия двухфазной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Максимальная работа. |
| P3 T2 | Растворы | Концентрация раствора. Растворимость. Потенциал Гиббса слабого раствора. Химические потенциалы растворителя и растворённого вещества. Законы Рауля. Методы очистки вещества. Осмос. Формула Вант-Гоффа. |
| P3 T3 | Фазовые переходы | Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Тройная точка. Критическая точка. Явления перегрева и переохлаждения. Правило фаз Гиббса. Принцип Ле-Шателье - Брауна. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Теория молекулярного поля Вейсса. Теория Ландау. Переход ферромагнетик-парамагнетик. Критические явления. Критические показатели. Неравенство Рашбрука. Гипотеза подобия. Роль флуктуаций. |

| | | |
|--------------|-----------------------------|--|
| | | |
| P4 | Третье начало термодинамики | |
| P4 T1 | Третье начало термодинамики | Формулировка Нернста – Планка. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Поведение физических величин при стремлении абсолютной температуры к нулю. |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

Электронные ресурсы (издания)

1. Базаров, И. П.; Методологические проблемы статистической физики и термодинамики; Московский университет, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482779> (Электронное издание)
2. Кубо, Р., Р.; Термодинамика; Мир, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495525> (Электронное издание)
3. Терлецкий, Я. П.; Статистическая физика; Высшая школа, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482849> (Электронное издание)
4. Кричевский, И. Р.; Понятия и основы термодинамики; Химия, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495524> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Базаров, И. П.; Термодинамика; Высшая школа, Москва; 1991 (18 экз.)

2. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 5. Статистическая физика, ч.1. - 4-е изд., испр.; Наука, Москва; 1995 (25 экз.)
3. Ландау, Л. Д., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. Т. 9. Статистическая физика, ч.2.: Теория конденсированного состояния ; Наука, Москва; 1978 (9 экз.)
4. Кубо, Р., Ичимура, Х., Усуи, Ц., Хасизуме, Н., Башкиров, А. Г., Тареева, Е. Е., Зубарев, Д. Н., Плакида, Н. М.; Термодинамика : соврем. курс с задачами и решениями.; Мир, Москва; 1970 (21 экз.)
5. Кричевский, И. Р.; Понятия и основы термодинамики; Химия, Москва; 1970 (6 экз.)
6. , Кузнецов, А. В., Панов, Ю. Д.; Термодинамика : Метод. указания для студентов 4 курса.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Екатеринбург; 1999 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- 2 Электронная библиотека УрФУ opac.urfu.ru
- 3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|--------------|---------------------|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|--|--|
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет | Mathematica 6.0.1 Educational Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Квантовая теория

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------|--|---------------------|---|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико-математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |
| 2 | Москвин Александр Сергеевич | доктор физико-математических наук, профессор | Профессор | теоретической и математической физики |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Москвин Александр Сергеевич, Профессор, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| P1 | Краткая история возникновения и развития квантовых представлений | Квантовая гипотеза Планка о дискретности излучения и поглощения света. Формула Планка. Кванты свободного электромагнитного поля – фотоны и теория фотоэффекта Эйнштейна. Теория Бора атома водорода и пространственное квантование Зоммерфельда–Вильсона. Гипотеза Луи де Бройля о волновых свойствах материи. Матричная механика Гейзенберга и волновая механика Шредингера. Вероятностная трактовка волновой функции Борном. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита о спине электрона. Релятивистское уравнение Дирака. Основы квантовой теории систем многих частиц. Решающие эксперименты по проверке квантовых представлений. |
| P2 | Основные принципы и постулаты квантовой механики. | Волновая функция. Принцип суперпозиции. Операторы в квантовой механике, их связь с физическими наблюдаемыми величинами. Операторный формализм. Понятие измерения. Среднее значение физической величины. Неопределенность физической величины. Соотношение неопределенностей и его физический смысл. |
| P3 | Преобразования в квантовой механике | Преобразование координат и преобразования физической системы. Группы преобразований. Понятие группы и представление групп. Примеры групп, используемых в квантовой механике. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике. Теорема Вигнера о связи собственных |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | <p>значений энергии и волновых функций с неприводимыми представлениями группы симметрии системы.</p> <p>Преобразование сдвига и оператор импульса. Однородность пространства и закон сохранения импульса. Преобразование поворота в трехмерном пространстве и оператор момента импульса. Преобразование скалярных и тензорных функций.</p> <p>Преобразование векторной функции. Оператор спина.</p> <p>Изотропность пространства и закон сохранения момента импульса.</p> |
| P4 | Математический аппарат теории момента количества движения | <p>Коммутационные соотношения для компонент момента.</p> <p>Операторы повышения и понижения. Квантовое число момента и его возможные значения. Матричные элементы оператора момента. Матрицы Паули и их свойства. Векторная модель сложения моментов. Правило треугольника. Коэффициенты векторного сложения моментов (коэффициенты Клебша–Гордана), их свойства.</p> |
| P5 | Уравнение Шредингера | <p>Уравнение Шредингера как обобщение классического уравнения Гамильтониан–Якоби. Уравнение Шредингера и вариационный принцип. Плотность вероятности и плотность потока вероятности. Стационарное решение уравнения Шредингера, свойства стационарных состояний.</p> <p>Квазистационарное состояние.</p> |
| P6 | Простейшие и точно решаемые задачи квантовой механики | <p>Одномерное движение, общие свойства решений.</p> <p>Потенциальные ямы и барьеры. Туннелирование.</p> <p>Гармонический осциллятор, спектр энергии и волновые функции. Два метода анализа («традиционный» и метод бозе–операторов). Движение частицы в центральном поле.</p> <p>Разделение радиальных и угловых переменных.</p> <p>Сферические функции. Пространственный ротатор.</p> <p>Нерелятивистская теория атома водорода. Энергетический спектр. Волновые функции. Распределение электронной плотности в различных nlm– состояниях. Особенности s, p, d – состояний. Гибридизация и типы гибридных орбиталей.</p> <p>Элементы квантовой химии, молекулярные орбитали.</p> |
| P7 | Теория возмущений | <p>Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Вырожденный уровень. Теория возмущений для двух близких уровней. Эффективные гамильтонианы.</p> <p>Псевдоспиновый формализм Теория возмущений, зависящих от времени. Квантовые переходы, вероятность перехода.</p> <p>Основные уравнения нестационарной теории возмущений.</p> <p>Общий вид решения основного уравнения. Матрица рассеяния. Квантовые переходы под действием «постоянного» и периодического возмущения. «Золотое» правило Ферми.</p> <p>Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия–время.</p> |
| P8 | Избранные главы квантовой теории | <p>Элементы квантовой теории упругого рассеяния.</p> <p>Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем, правила отбора. Уравнение Дирака и основы релятивистской квантовой механики. Спин. Релятивистские поправки. Тонкая структура спектра атома водорода. Элементы квантовой теории систем многих частиц. Бозоны и фермионы.</p> <p>Принцип Паули. Элементы теории многоэлектронного атома.</p> |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория

Электронные ресурсы (издания)

1. Давыдов, А. С.; Квантовая механика : монография.; Наука, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499379> (Электронное издание)
2. Елютин, П. В.; Квантовая механика с задачами : сборник задач и упражнений.; Физматлит, Москва; 2001; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68967> (Электронное издание)
3. Соколов, А. А.; Квантовая механика : монография.; Просвещение, Москва; 1965; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474073> (Электронное издание)
4. Мессиа, А., А.; Квантовая механика : монография.; Наука, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499392> (Электронное издание)
5. Мессиа, А., А.; Квантовая механика : монография.; Наука, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499393> (Электронное издание)
6. Блохинцев, Д. И.; Основы квантовой механики; Наука, Москва; 1976; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495577> (Электронное издание)
7. Шпольский, Э. В.; Атомная физика; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1949; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213904> (Электронное издание)
8. Гольдман, И. И., Гейликман, Б. Т.; Сборник задач по квантовой механике; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва; 1957;

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257398> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Давыдов, А. С.; Квантовая механика : учеб. пособие для ун-тов.; Наука, Москва; 1973 (56 экз.)
2. Соколов, А. А.; Квантовая механика : [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов].; Наука, Москва; 1979 (49 экз.)
3. Ландау, Л. Д., Пиастровский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория.- 4-е изд., испр. ; Наука, Москва; 1989 (34 экз.)
4. Блохинцев, Д. И.; Основы квантовой механики : учебное пособие.; Наука, Москва; 1976 (27 экз.)
5. Галицкий, В. М.; Задачи по квантовой механике : учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1981 (19 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- 2 Электронная библиотека УрФУ opac.urfu.ru
- 3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>
- 2 www.math-atlas.org. The Mathematical Atlas. Доступ свободный.
- 3 arxiv.org. arXiv, Cornell University. Доступ свободный.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|--------------|---------------------|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | |
| 2 | Практические занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p> |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>Компьютерные классы, приспособленные для тестирования в режиме on-line</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p> |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p> |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы математической физики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-------------------------------|--|------------------------|--|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | доктор физико- математических наук, доцент | Заведующий кафедрой | астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды |
| 2 | Панов Юрий Демьянович | кандидат физико- математических наук, доцент | Доцент | теоретической и математической физики |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Панов Юрий Демьянович, Доцент, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|---|---|
| P1 | Функциональные пространства. Теорема Фурье. | Метрическое пространство – аксиомы, примеры, неравенство Коши-Буняковского-Шварца. Сходимость в метрическом пространстве. Фундаментальная последовательность. Полное метрическое пространство; примеры. Принцип сжимающих отображений (формулировка). Непрерывность метрики. Ограниченные и компактные множества. Теорема Хаусдорфа. Линейное пространство – аксиомы. Линейно независимая система. Нормированное пространство – аксиомы, примеры. Банахово пространство. Непрерывность нормы. Сходимость ряда в нормированном пространстве. Аксиомы скалярного произведения. Гильбертово пространство; примеры. Равенство параллелограмма. Связь гильбертова, нормированного и метрического пространства. Непрерывность скалярного произведения. Ортогональные вектора, их свойства. Процесс ортогонализации по Шмидту. Важнейшие системы классических ортогональных полиномов. Теорема об ортогональном разложении (формулировка). Полная система и базис. Пример: различие полной системы и базиса. Достаточный признак полноты системы в гильбертовом пространстве. Теорема Фурье. |
| P2 | Операторы в гильбертовом пространстве. Теорема Гильберта. | Линейные операторы в гильбертовом пространстве; примеры. Алгебра линейных операторов. Ограниченные операторы, норма оператора. Линейные операторы, непрерывные в точке. |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | <p>Лемма о линейном непрерывном операторе. Теорема о равносильности ограниченности и непрерывности линейного оператора. Примеры: оператор дифференцирования и интегральный оператор в L_2. Вполне непрерывные операторы. Ограниченность (непрерывность) вполне непрерывного оператора. Примеры: единичный оператор в бесконечномерном пространстве, конечномерный оператор. Лемма о произведении непрерывного и вполне непрерывного оператора. Лемма об операторе, обратном вполне непрерывному. Теорема о пределе последовательности вполне непрерывных операторов (формулировка). Задача на собственные значения. Неотрицательные операторы. Симметричные операторы. Пример: оператор дифференцирования в L_2. Свойства симметричных операторов. Свойства симметричных вполне непрерывных операторов. Теорема Гильберта. Пример симметричного вполне непрерывного оператора: интегральный оператор Фредгольма с симметричным ядром.</p> |
| P3 | <p>Основные линейные уравнения математической физики</p> | <p>Основные линейные уравнения математической физики: уравнение колебаний струны (вывод), уравнение теплопроводности (вывод). Граничные и начальные условия для уравнения колебаний и уравнения теплопроводности. Уравнения Лапласа, Пуассона, Гельмгольца, Шредингера.</p> |
| P4 | <p>Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка</p> | <p>Математическая классификация линейных дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка в точке. Связь физической и математической классификации уравнений. Приведение к каноническому виду уравнений с постоянными коэффициентами. Приведение к каноническому виду в случае двух переменных в области. Пример: уравнение Трикоми.</p> |
| P5 | <p>Постановка основных краевых задач для уравнений математической физики</p> | <p>Постановка основных краевых задач для уравнений математической физики: задача Коши, краевая задача в узком смысле, смешанная задача. Постановка внешних краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона. Условия излучения для уравнения Гельмгольца. Корректно и некорректно поставленные задачи математической физики. Пример Адамара. Принцип максимума для гармонических функций и единственность решения краевых задач для уравнения Пуассона. Принцип максимума и единственность решения задачи Коши для уравнения теплопроводности. Интеграл энергии и единственность решения смешанной задачи для уравнения колебаний струны в случае закрепленных концов.</p> |
| P6 | <p>Свойства дифференциального оператора основных классических уравнений математической физики. Задача Штурма–Лиувилля</p> | <p>Первая и вторая формула Грина. Свойства линейного дифференциального оператора основных классических уравнений математической физики, его собственных значений и собственных функций. Решение задачи на собственные значения методом разделения переменных. Задача Штурма–Лиувилля. Построение функции Грина краевой задачи для ОДУ. Свойства функции Грина. Сведение задачи Штурма–Лиувилля к задаче на собственные значения для интегрального оператора Фредгольма с симметричным ядром.</p> |

| | | |
|-----------|---|--|
| P7 | Решение краевых задач для уравнений математической физики методом Фурье | Применение метода Фурье для решения смешанной задачи для уравнения теплопроводности и уравнения колебаний. Случай неоднородных граничных условий. Применение специальных функций в задачах с цилиндрической симметрией: задача о колебаниях круглой мембраны. Применение специальных функций в задачах со сферической симметрией: задача об остывании шара. Применение метода Фурье для краевой задачи в узком смысле. Задача Дирихле для уравнения Лапласа в круге. Формула Пуассона. |
| P8 | Задача Коши | Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Метод Даламбера. Бегущие волны. Принцип Дюамеля для волнового уравнения. Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Интеграл Пуассона. Свойства фундаментального решения для уравнения теплопроводности. Принцип Дюамеля для уравнения теплопроводности. Задача Коши для трехмерного волнового уравнения. Формула Пуассона. |
| P9 | Основные нелинейные уравнения математической физики | Источники нелинейности в задачах математической физики: граничные условия, зависимость свободного члена уравнения, зависимость коэффициентов уравнения, учет дисперсии в волновых процессах. Квазилинейные и нелинейные уравнения. Основные нелинейные уравнения математической физики: уравнение Бюргерса, синус-Гордона, Кортевега – де Фриза, нелинейное уравнение Шредингера. Методы решения нелинейных уравнений: квазилинейные уравнения 1-го порядка, нелинейные уравнения 1-го порядка, автомодельные решения, бегущие волны. Примеры решения уравнений и задачи Коши. |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин | З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математической физики

Электронные ресурсы (издания)

1. Кудряшов, С. Н.; Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241103> (Электронное издание)
2. Владимиров, В. С.; Уравнения математической физики : учебник.; Физматлит, Москва; 2000; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68126> (Электронное издание)
3. ; Сборник задач по уравнениям математической физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485543> (Электронное издание)
4. Шилов, Г. Е.; Математический анализ; Гос. изд-во физико-математической лит., Москва; 1961; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230807> (Электронное издание)
5. Кошляков, Н. С.; Уравнения в частных производных математической физики; Высшая школа, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468207> (Электронное издание)
6. Будак, Б. М.; Сборник задач по математической физике : сборник задач и упражнений.; Физматлит, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67912> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Никифоров, А. Ф.; Лекции по уравнениям и методам математической физики : [учеб. пособие для вузов].; Интеллект, Долгопрудный; 2009 (31 экз.)
2. Танкеев, А. П., Устинов, В. В.; Дифференциальные уравнения математической физики для начинающих; УрО РАН, Екатеринбург; 2012 (10 экз.)
3. Кудряшов, Н. А.; Методы нелинейной математической физики : [учеб. пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2010 (5 экз.)
4. Владимиров, В. С.; Уравнения математической физики : учебник для вузов.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2004 (53 экз.)
5. , Владимиров, В. С.; Сборник задач по уравнениям математической физики; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2003 (7 экз.)
6. Садовничий, В. А.; Теория операторов : Учеб. для студентов ун-тов и пед. вузов.; Высш. шк., Москва; 1999 (11 экз.)
7. Тихонов, А. Н.; Уравнения математической физики : [учеб. пособие для вузов].; Наука, Москва; 1977 (108 экз.)
8. Кошляков, Н. С.; Дифференциальные уравнения математической физики; Физматгиз, Москва; 1962 (8 экз.)
9. Панов, Ю. Д.; Математическая физика. Методы решения задач : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2005 (119 экз.)
10. Егоров, Р. Ф.; Математическая физика. Инвариантные решения : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (48 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

2 Электронная библиотека УрФУ orac.urfu.ru

3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1 Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

2 www.math-atlas.org. The Mathematical Atlas. Доступ свободный.

3 arxiv.org. arXiv, Cornell University. Доступ свободный.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математической физики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|--|--|
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>Компьютерные классы, приспособленные для тестирования в режиме on-line</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p> |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p> |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория колебаний

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-------------------------------|---|------------------|--|
| 1 | Вилисова Елена Анатольевна | кандидат физико- математических наук, без ученого звания | Доцент | физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Вилисова Елена Анатольевна, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| P1 | Предмет теории колебаний. Классификация колебательных процессов. | Примеры колебательных систем и колебательных процессов. Периодические и непериодические процессы. Гармоническое колебание. Его характеристики. Число степеней свободы колебательной системы. Системы с распределёнными параметрами. Типы колебательных процессов (свободные, вынужденные, параметрические колебания, автоколебания). Линейные и нелинейные колебательные системы. Активные и пассивные колебательные системы. Автономные и неавтономные системы. |
| P2 | Малые свободные колебания. Фазовый портрет колебательной системы. | Незатухающие колебания колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного гармонического осциллятора, его решение. Фазовая плоскость, изображающая точка, фазовая траектория. Фазовый портрет динамической системы. Фазовая скорость. Определение особой точки фазовой траектории. Особая точка типа «центр». Построение фазового портрета методом изоклин. Неколебательное движение динамической системы вблизи положения неустойчивого равновесия. Особая точка типа «седло». Затухающие колебания колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного осциллятора с затуханием (случай вязкого трения). Затухающий осцилляторный процесс. Характеристики затухания |

| | | |
|------------------|---|---|
| | | <p>(коэффициент затухания, логарифмический декремент, добротность). Добротность осцилляторов (механических, электрических, оптических). Фазовый портрет затухающих колебаний осциллятора. Аперидический процесс. Фазовый портрет аперидического процесса. Особые точки типа «устойчивый фокус» и «устойчивый узел». Критический режим.</p> <p>Графические методы представления колебаний: метод осциллограмм, метод фазовой плоскости, метод векторных диаграмм, спектральный метод.</p> <p>Примеры систем с «отрицательным трением». Нарастающий осцилляторный процесс. Логарифмический инкремент нарастания. Нарастающий аперидический процесс. Особые точки типа «неустойчивый фокус» и «неустойчивый узел».</p> <p>Классификация фазовых портретов и особых точек (для систем с одной степенью свободы). Комбинированные типы особых точек в трёхмерном фазовом пространстве.</p> |
| <p>Р3</p> | <p>Линейные и нелинейные колебательные системы.</p> | <p>Нелинейность в природе. Линейные и нелинейные дифференциальные уравнения. Условия линеаризации колебательных процессов. Некоторые методы решения нелинейных задач: метод поэтапного рассмотрения, метод фазовых траекторий, метод медленно меняющихся амплитуд, метод возмущений и др.</p> <p>Следствия нелинейности (возникновение высших гармоник, смещение точки равновесия, неизохронность). Математический маятник как простейшая нелинейная колебательная система. Фазовый портрет нелинейного математического маятника (консервативный и неконсервативный случай). Затухающие колебания в системах с сухим трением.</p> |
| <p>Р4</p> | <p>Вынужденные колебания</p> | <p>Силовое и параметрическое воздействие. Влияние интенсивности силового воздействия на линейность системы. Уравнение вынужденных колебаний. Метод комплексных амплитуд. Частота и начальная фаза вынужденных колебаний. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазочастотная характеристика (ФЧХ). Явление резонанса. Добротность колебательной системы. Лоренцевый контур. Полоса пропускания колебательной системы. Квазистатический режим колебаний (медленные колебания). Режим быстрых колебаний. Резонанс скоростей и ускорений. Фазовый портрет вынужденных колебаний.</p> <p>Вынужденные колебания в нелинейных системах. Случай слабой нелинейности. Метод гармонического баланса. Амплитудно-частотная характеристика для консервативных и неконсервативных систем. Скачки амплитуды через физические</p> |

| | | |
|-----------|--|---|
| | | <p>нереальную область. Явление гистерезиса. АЧХ для систем с жёсткой и мягкой нелинейностью.</p> |
| P5 | <p>Параметрические колебания.</p> | <p>Параметрическое возбуждение, параметрические колебания, параметрический резонанс. Раскачивание качелей. Маятник переменной длины. Глубина модуляции параметра. Неограниченное нарастание амплитуды колебаний. Фазовый портрет параметрического раскачивания маятника. Параметрическое возбуждение колебаний в колебательном контуре. Периодическая модуляция параметра. Энерговложение в колебательную систему при параметрической «накачке». Емкостная параметрическая машина. Условия параметрического резонанса.</p> <p>Математическое описание параметрического резонанса в линейных колебательных системах. Уравнение Матье. Области параметрического возбуждения (параметрической неустойчивости) для консервативных и диссипативных систем. Амплитудно-частотная характеристика параметрического резонанса, сопоставление с АЧХ силового резонанса. Нелинейные параметрические колебания. Ограничение амплитуды колебаний. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов. Парадоксальные опыты по наблюдению стабилизации неустойчивого состояния равновесия.</p> <p>Использование параметрического возбуждения в электрических схемах (параметрические усилители, генераторы, преобразователи).</p> <p>Нежелательные параметрические колебания в механических системах.</p> |
| P6 | <p>Автоколебательные системы.</p> | <p>Автоколебания. Принцип работы автоколебательных систем.</p> <p>Механические часы с маятником. Установившиеся стационарные колебания. Фазовый портрет. Предельный цикл на фазовой плоскости. Независимость амплитуды колебаний от начальных условий.</p> <p>Маятник Фруда. Условие самовозбуждения колебаний. Предельный цикл.</p> <p>Генератор электромагнитных колебаний. Генератор с индуктивной обратной связью. Возникновение установившихся автоколебаний. Математическое описание. Условие самовозбуждения колебаний в генераторе. Амплитуда стационарных колебаний.</p> <p>Использование автоколебаний в технике. Негативные автоколебания.</p> |
| P7 | <p>Колебательные системы со многими степенями свободы.</p> | <p>Правило определения числа степеней свободы в механических и электрических системах. Парциальные системы. Общее правило выделения парциальных систем. Парциальные</p> |

| | | |
|-----------|---------------------------------------|--|
| | | <p>частоты. Примеры разбиения сложных колебательных систем на парциальные системы.</p> <p>Колебательная система с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды). Нормальные частоты. Коэффициент распределения амплитуд. Система двух связанных пружинных маятников. Случай близких нормальных частот. Биения. Случай сильно различающихся нормальных частот. Определение нормальных частот через парциальные частоты. Вынужденные колебания двух связанных осцилляторов.</p> <p>Колебательная система с N степенями свободы. Связанные колебания в нагруженной струне. Дисперсионное соотношение.</p> |
| P8 | Распределённые колебательные системы. | Волновое уравнение. Двухпроводная линия. Телеграфные уравнения. Волновое сопротивление линии. Фазовая скорость волны в линии. |
| P9 | Хаотические колебания. | Динамические и стохастические системы. Стохастические и хаотические колебания. Признаки хаотичности. Аттракторы. Странный аттрактор. Фрактальные множества, фракталы. |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|--|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками | З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория колебаний

Электронные ресурсы (издания)

1. Горелик, Г. С.; Колебания и волны : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68389> (Электронное издание)

2. Стрелков, С. П.; Введение в теорию колебаний : монография.; Наука, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474040> (Электронное издание)
3. Алешкевич, В. А.; Курс общей физики. Механика : учебник.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69337> (Электронное издание)
4. Андронов, А. А., Железцов, Н. А.; Теория колебаний; Наука, Москва; 1981; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=123658> (Электронное издание)
5. Карлов, Н. В.; Колебания, волны, структуры : монография.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68395> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Горелик, Г. С., Рытов, С. М.; Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику : учебное пособие для вузов.; Физматлит, Москва; 2007 (2 экз.)
2. Андронов, А. А., Манделъштам, Л. И.; Теория колебаний; Наука, Москва; 1981 (6 экз.)
3. Ильин, М. М., Колесников, К. С.; Теория колебаний : учебник для вузов.; Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2001 (5 экз.)
4. Алешкевич, В. А., Алешкевич, В. А.; Механика : учеб. пособие для вузов.; Academia, Москва; 2004 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>
- 3 Электронная научная библиотека <https://elibrary.ru>
- 4 Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория колебаний

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|--------------|---------------------|--|--|
| | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Лекции | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Не требуется |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |