

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
1158631	Специальные главы физики

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> 1. Электроника и автоматика физических установок	<b>Код ОП</b> 1. 14.05.04/22.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Электроника и автоматика физических установок	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.05.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Рябухин Олег Владимирович	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	экспериментальной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Специальные главы физики**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Специальные главы физики» направлен на изучение фундаментальных физических основ, методов, законов и моделей теоретической физики; приобретаются дополнительные навыки использования знаний различных разделов теоретической физики в профессиональной деятельности. Цель обучения – сформировать навыки и умения корректно использовать основные принципы теоретической физики при освоении специальных дисциплин профессиональной деятельности. Модуль образуют восемь дисциплин: Дисциплина «Атомная физика» направлена на формирование теоретических знаний атомной физики, приложений этих знаний для решения практических задач. Основная задача – сформировать знания и умения в области атомной физики, которые студенты смогут применить при освоении дисциплин образовательной программы и выполнении профессиональной деятельности. Дисциплина «Теоретическая механика» направлена на формирование теоретических знаний статики, кинематики, динамики материальной точки, динамики системы материальных точек, динамики твёрдого тела. Рассматриваются основные понятия и принципы аналитической механики: дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах, уравнение Лагранжа в случае потенциальных сил при наличии непотенциальных сил и диссипации. Дисциплина «Электродинамика» направлена на формирование знаний теоретических основ, понятий, законов и моделей электродинамики. Студенты знакомятся с результатами и выводами специальной теории относительности, формулировкой основополагающих принципов, лежащих в основе электродинамических явлений, с выводом основных уравнений электромагнитного поля (уравнения движения заряда и уравнений Максвелла) для четырехмерного пространства. Дисциплина «Квантовая механика» направлена на формирование теоретических знаний основных понятий и принципов квантовой механики, её математического аппарата. Студенты научатся пользоваться математическим аппаратом квантовой механики, будут способны применять его к исследованию простейших квантовых систем. Овладение квантовой механикой в таком объеме позволит студентам в будущем изучать другие разделы современной физики. Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» посвящена изучению процессов, происходящих в макроскопических телах, т.е. телах, состоящих из очень большого числа частиц. Рассмотрены идеальные, неидеальные и неравновесные системы. Дисциплина «Ядерная физика» направлена на формирование у студентов представлений и знаний в области ядерной физики, необходимых для производственной и научно-исследовательской деятельности специалиста. В результате освоения дисциплины студент должен знать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, основные методы ядерно-физических исследований, типы ядерных реакций и их закономерности, законы прохождения излучения через вещество, уметь проводить анализ данных о свойствах ядер для определения нейтроннофизических свойств материалов и их радиоактивности. Дисциплина «Математическое моделирование в физике» предоставляет обучающимся возможность получить комплексное представление о методах вычислительного физического эксперимента, основных модельных подходах и приближениях, определяемых внешними граничными условиями. Дисциплина «Физика твердого тела» нацелена на теоретическое и экспериментальное изучение природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях.

## 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	Атомная физика	7
2	Теоретическая механика	4
3	Электродинамика	4
4	Квантовая механика	5
5	Термодинамика и статистическая физика	3
6	Ядерная физика	4
7	Математическое моделирование в физике	3
8	Физика твердого тела	4
ИТОГО по модулю:		34

### 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Научное мировоззрение и коммуникации</li> <li>2. Специальные разделы математики</li> <li>3. Высшая математика</li> </ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы электронной техники</li> <li>2. Радиационные и ядерные технологии</li> <li>3. Радиационные технологии в условиях спецприменения</li> <li>4. Основы физики радиационных воздействий на радиоэлектронную аппаратуру</li> </ol>

### 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

Атомная физика	<p>ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
Квантовая механика	<p>ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p>

		Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде
Математическое моделирование в физике	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
	ОПК-2 - Способен применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач	<p>З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Демонстрировать способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p>

<p>Теоретическая механика</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
<p>Термодинамика и статистическая физика</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p>

		Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде
Физика твердого тела	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
Электродинамика	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного</p>

		<p>задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
Ядерная физика	<p>ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Атомная физика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Мазуренко Владимир Гаврилович	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	Кафедра теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мазуренко Владимир Гаврилович, Профессор, теоретической физики и прикладной математики

## 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
P1.1	Теоретические основы атомной физики. Развитие атомистических представлений о веществе.	Доказательства атомного строения вещества. (Закон Гей-Люсака, закона кратных отношений, закон Авогадро, экспериментальные доказательства дискретной структуры электрических зарядов, перенос электрического заряда в газах). Движение нерелятивистской заряженной частицы в постоянных и однородных электрическом и магнитном полях. Определение электрического заряда электрона. (Опыт Томсона. Опыт Милликена). Основы релятивистской динамики частицы. (Зависимость массы от скорости).  Сила и импульс. Взаимосвязь
P1.2	Теоретические основы атомной физики. Развитие атомистических представлений об излучении.	Виды излучения. Энергетические величины излучения. Интегральные и спектральные характеристики излучения. Тепловое равновесное излучение. Испускательная и поглотительная способности тела. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения: законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Формула Рэлея-Джинса. «Ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза квантов энергии. Формула Планка и следствия, вытекающие из нее. Явление внешнего фотоэффекта и его законы. Уравнение Эйнштейна для фото-эффекта и его экспериментальная проверка. Внутренний фотоэффект. Фотоны, их энергия, масса и импульс. Эффект Комптона.

<b>P1.3</b>	Теоретические основы атомной физики. Волновые свойства частиц. Корпускулярно-волновой дуализм в световых явлениях.	Гипотеза де Бройля о двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества и ее подтверждение. (Опыт Девиссона и Джермера). Свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
<b>P1.4</b>	Теоретические основы атомной физики. Строение атома и теория Бора.	Атомные спектры и их закономерности. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ридберга. Модель атома Томсона и ее неприменимость для описания линейчатых оптических спектров. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа- частиц. Планетарная модель атома, ее проверка и ее недостатки. Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца). Теория строения водородоподобных атомов по Бору. Учет движения ядра в теории Бора. Магнитные свойства атома в теории Бора. Недостатки теории Бора.
<b>P1.5</b>	Теоретические основы атомной физики. Физические основы квантовой механики.	Основные положения квантовой механики. (Волновая функция, ее нормировка, средние значения, операторы импульса и энергии). Волновое уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Применение квантовой механики к простейшим задачам о стационарных состояниях частицы. (Частица в прямоугольной потенциальной яме. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прозрачности). Квантово-механическая теория атома. Электрон в водородоподобном атоме. Энергетический спектр электрона. Квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное орбитальное.
<b>P1.6</b>	Теоретические основы атомной физики. Орбитальный, спиновый и полный механический и магнитный моменты электрона в атоме.	Орбитальный момент количества движения, магнитный орбитальный момент. Опыт Штерна и Герлаха. Собственный момент количества движения электрона (спин), магнитный спиновый момент. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа. Полный механический момент электрона, полный и эффективный магнитные моменты. Внутреннее и магнитное внутреннее квантовые числа. Фактор Ланде. Спин - орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра
<b>P1.7</b>	Теоретические основы атомной физики. Структура и спектры сложных атомов.	Определение энергетических состояний электронов в сложных атомах. Сложение моментов и типы связи электронов в атоме. Застройка электронных оболочек в атоме. Принцип Паули. Правило Хунда. Оптические спектры сложных атомов. Энергетические уровни и оптический спектр атома во внешнем постоянном магнитном поле. (Нормальный и аномальный эффект Зеемана, эффект Пашена-Бака).
<b>P1.8</b>	Теоретические основы атомной физики. Молекулярные спектры.	Элементарные сведения о строении молекул. Особенности молекулярных спектров. Квантование колебательных и вращательных уровней. Спектры поглощения и комбинационного рассеяния света
<b>P1.9</b>	Теоретические основы атомной физики. Рентгеновское излучение.	Открытие рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Дифракция и интерференционное отражение рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга

<b>P2.1</b>	Практика атомной физики. Развитие атомистических представлений о веществе.	Экспериментальные доказательства дискретной структуры электрических зарядов, перенос электрического заряда в газах). Определение электрического заряда электрона. (Опыт Томсона. Опыт Милликена).
<b>P2.2</b>	Практика атомной физики. Развитие атомистических представлений об излучении.	Экспериментальная проверка законов теплового излучения: Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Проверка формулы Рэлея-Джинса, формулы Планка и следствий, вытекающих из нее. Проверка законов внешнего фотоэффекта, уравнения Эйнштейна для фотоэффекта. Исследование вынужденного излучения, оптических генераторов.
<b>P2.3</b>	Практика атомной физики. Строение атома и теория Бора.	Экспериментальное исследование атомных спектров и их закономерностей. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ридберга. Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца).
<b>P2.4</b>	Практика атомной физики. Волновые свойства частиц.	Экспериментальное подтверждение волновых свойств электрона
<b>P2.5</b>	Практика атомной физики. Физические основы квантовой механики.	Экспериментальное исследование прохождения частицы через потенциальный барьер. Изучение комбинационного рассеяния и изотопической структуры спектров
<b>P2.6</b>	Практика атомной физики. Орбитальный, спиновый и полный механический и магнитный моменты электрона в атоме.	Экспериментальное подтверждение спин-орбитального взаимодействия. Тонкая структура спектра.
<b>P2.7</b>	Практика атомной физики. Рентгеновское излучение.	Проверка закона Мозли, уравнения Лауэ. Практическое применение условия Вульфа-Брэгга.
<b>P2.8</b>	Практика атомной физики. Структура и спектры сложных атомов.	Исследование оптических спектров сложных атомов.
<b>P2.9</b>	Практика атомной физики. Молекулярные спектры.	Элементарное изучение особенностей молекулярных спектров. Квантование колебательных и вращательных уровней.

<b>P2.10</b>	Практика атомной физики. Основы зонной теории полупроводников.	Применение и свойства полупроводниковых фотоэлементов и туннельного диода.
--------------	---	--

### 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 профориентационная деятельность	Технология создания коллектива Технология самостоятельной работы	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	3-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Атомная физика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Савельев, И. В.; Курс общей физики; Наука, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477374> (Электронное издание)
2. Борн, М., М., Медведев, Б. В.; Атомная физика; Мир, Москва; 1965; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483255> (Электронное издание)
3. Матышев, А. А.; Атомная физика. Том 1 : учебное пособие.; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/43939.html> (Электронное издание)
4. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998> (Электронное издание)
5. , Ландсберг, Г. С.; Элементарный учебник физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82898> (Электронное издание)
6. ; Оптика. Атомная физика: лабораторный практикум : практикум.; Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), Ставрополь; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457493> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Ландсберг, Г. С., Рытов, С. М., Сушинский, М. М., Ландсберг-Барышанская, Ф. С., Шапиро, Ф. Л.; Элементарный учебник физики : учеб. пособие для подгот. отд.-ний вузов : в 3 т. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика; Наука, Москва; 1986 (34 экз.)
2. Савельев, И. В.; Курс общей физики : учеб. пособие для вузов : в 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика; Наука, Москва; 1987 (27 экз.)
3. Сивухин, Д. В.; Атомная и ядерная физика, ч. 1. Атомная физика : [учебное пособие для физических специальностей вузов.; Наука, Главная редакция физико-математической литературы, Москва; 1986 (164 экз.)
4. Гольдин, Л. Л.; Введение в квантовую физику; Наука, Москва; 1988 (11 экз.)
5. Шпольский, Э. В.; Атомная физика : учеб. пособие для вузов : в 2 т. Т. 1. Введение в атомную физику; Наука, Москва; 1984 (36 экз.)
6. Матвеев, А. Н.; Атомная физика : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1989 (16 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники Отделения ядерной физики физического факультета МГУ - <http://affp.phys.msu.ru/>

Образовательный сайт с информацией разных предметных областей для студентов - <https://studopedia.ru/fizika.php>

### 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

Электронно-библиотечная система «Юрайт» предоставляет доступ к издательским коллекциям, включая как электронные версии книг издательства, так и коллекции полнотекстовых файлов других издательств - <https://www.biblio-online.ru/>

Электронно-библиотечная система издательства "Лань" предоставляет доступ к издательским коллекциям, включая как электронные версии книг издательства, так и коллекции полнотекстовых файлов других издательств - <http://lanbook.com/>

Национальная библиографическая база данных научного цитирования (профессиональная база данных) - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Атомная 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	Mathematica 6.0.1 Educational Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
6	Лабораторные занятия	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab R2015a + Simulink

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теоретическая механика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Берестова Светлана Александровна	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра теоретической механики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Берестова Светлана Александровна, Заведующий кафедрой, теоретической механики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Смешанная модель обучения с использованием онлайн-курса УрФУ;
- 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	Статика	Основные понятия и аксиомы. Сведения о физических и аксиоматических основах статики. Система сходящихся сил. Решение основных задач статики для простейшей системы сил. Момент силы. Пара сил. Понятие мер вращательного действия сил. Основная теорема статики. Знакомство с алгоритмом эквивалентного преобразования произвольной системы сил к простейшему виду. Условия равновесия тел под действием различных систем сил. Получение необходимых и достаточных условий уравновешенности различных систем сил. Инварианты системы сил. Понятие о скалярном и векторном инвариантах статики как характеристиках системы сил независящих от выбора центра приведения. Расчет ферм. Применение уравнений равновесия к расчету стержневых конструкций. Законы трения. Знакомство с физическими основами законов трения и их использование при решении задач о равновесии тел. Центр тяжести. Знакомство с методами

		нахождения положения центра тяжести тел произвольной формы.
<b>P2</b>	Кинематика	Кинематика точки. Применение аналитических методов для задания положения точки в пространстве при описании ее движения. Знакомство с кинематическими характеристиками движения точки и установление способов их нахождения при различных способах задания движения. Простейшие движения твердого тела. Знакомство с поступательным и вращательным движением твердого тела. Установление уравнений движения и определение кинематических характеристик твердого тела и его точек. Сложное движение точки. Принципы рассмотрения движения точки в разных системах отсчета. Плоское движение твердого тела. Знакомство с плоским движением твердого тела. Установление уравнений движения и определение кинематических характеристик твердого тела и его точек
<b>P3</b>	Динамика материальной точки и механической системы	Динамика материальной точки. Знакомство с эмпирическими законами динамики. Дифференциальные уравнения движения точки. Получение математической модели движения точки в виде дифференциальных уравнений. Прямолинейные колебания материальной точки. Сведения о математической модели прямолинейных свободных и вынужденных колебаний точки. Введение в динамику механической системы. Определение механической системы и ее моделирование совокупностью взаимодействующих между собой материальных точек. Классификация действующих на систему сил. Меры механического движения. Понятие о скалярных и векторных мерах движения материальных точек и механических систем. Меры действия сил. Понятие о скалярных и векторных мерах действия сил. Общие теоремы динамики механической системы. Установление связи между мерами действия сил и мерами движения. Динамика твердого тела. Получение математической модели при поступательном, вращательном и плоском движениях твердого тела в виде дифференциальных уравнений. Принцип Даламбера. Знакомство с методом кинетостатики, позволяющим

		применять методы статики для записи уравнения движения механических систем.
--	--	---

### 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	дистанционное образование	Технология самостоятельной работы	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теоретическая механика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Бать, М. И., Джанелидзе, Г. Ю., Меркин, Д. Р.; Теоретическая механика в примерах и задачах : сборник задач и упражнений.; Наука, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438552> (Электронное издание)
2. Кирсанов, М. Н., Кириллов, А. И.; Решебник: теоретическая механика : сборник задач и упражнений.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69247> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Денисов, Ю. В., Берестова, С. А.; Теоретическая механика : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств".; УрФУ, Екатеринбург; 2013 (34 экз.)

2. , Митюшов, Е. А.; Теоретическая механика в примерах и задачах : [учеб. пособие] для студентов вузов, обучающихся по машиностроит. направлениям.; Академия, Москва; 2012 (368 экз.)

### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронный каталог Зональной научной библиотеки УрФУ. Режим доступа <http://opac.urfu.ru/>, свободный.

Электронно-библиотечная система «Лань». Режим доступа <https://e.lanbook.com/>

<http://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

Онлайн-курс "Инженерная механика": <https://openedu.ru/course/urfu/ENGM/>

## 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	Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Google Chrome
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Периферийное устройство  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Google Chrome
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электродинамика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зверев Владимир Владимирович	доктор физико- математических наук, доцент	Профессор	Кафедра теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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	Уравнения Максвелла	<p>Уравнения Максвелла в дифференциальной форме в абсолютной (гауссовой) системе единиц СГС. Связь между напряженностями электрического и магнитного полей и соответствующими индукциями. Электрическая и магнитная поляризации. Случай линейной связи между напряженностями полей и индукциями, электрическая и магнитная восприимчивости. Выражение для силы Лоренца.</p> <p>Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в рационализованной системе единиц МКСА (системе СИ). Электрическая и магнитная проницаемости вакуума. Правила перехода между системами единиц.</p>
P2	Обобщенные функции	<p>Обращение преобразования разложения в ряд Фурье; идея введения дельта-функции. Использование дельта-функции для представления пространственной плотности заряда и плотности тока в случае системы точечных частиц.</p> <p>Использование дельта-функции при интегрировании по пространственным переменным. Примеры выполнения действий с использованием обобщенных функций, построенных на основе дельта-функции. Правила "снятия" интегралов для случаев, когда подынтегральная функция содержит дельта-функцию, аргументом которой является линейная функция; дифференцируемая функция, обращающаяся в ноль.</p>

<b>P3</b>	Электрическая поляризация в диэлектриках	<p>Физическая природа электрической поляризации диэлектриков. Коэффициент поляризации (диэлектрическая восприимчивость) и диэлектрическая проницаемость.</p> <p>Плотность нескомпенсированного (связанного) заряда, ее связь с плотностью поляризации.</p>
<b>P4</b>	Магнитная поляризация и магнитная проницаемость	<p>Физическая природа магнитной поляризации магнетиков.</p> <p>Магнитные моменты атомов с точки зрения классической и квантовой физики. Орбитальные и собственные (спиновые) моменты электронов. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Плотность тока поляризации и плотность тока намагничения. Уравнение непрерывности для плотности тока поляризации. Связь между полем намагничения и распределением магнитных моментов атомов. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость.</p>
<b>P5</b>	Закон Ома в дифференциальной форме	Закон Ома в дифференциальной форме. Поле сторонних сил; ЭДС. Проводимость изотропной и анизотропной среды.
<b>P6</b>	Условия на границах раздела сред	Условия на границе раздела сред; их вывод из уравнений Максвелла в интегральной форме. Поверхностные плотность зарядов и плотность токов.
<b>P7</b>	Плотность силы Лоренца. Энергия поля	Плотности силы Лоренца, выраженная через плотность зарядов и плотность токов. Плотность мощности, связанной с работой силы Лоренца; полная мощность для некоторой области. Уравнение баланса энергии, учитывающее поток энергии через граничную поверхность. Плотность энергии электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.
<b>P8</b>	Электростатическое поле	<p>Уравнения электростатики. Введение скалярного потенциала электростатического поля; уравнение Пуассона для потенциала. Решение в случае одиночного точечного заряда; системы зарядов. Представление уравнения Пуассона в форме уравнения для функции Грина. Решение уравнения для функции Грина. Выражение для потенциала, создаваемого непрерывным распределением зарядов. Энергия электростатического взаимодействия зарядов (случаи непрерывного распределения зарядов, системы точечных зарядов).</p> <p>Мультипольное разложение для электростатического потенциала. Член, связанный с наличием нескомпенсированного заряда, дипольный и квадрупольный члены. Общий вид мультипольного разложения, записанного с использованием полиномов и присоединенных полиномов (функций) Лежандра; с помощью сферических функций.</p>

		<p>Мультипольное разложение для энергии системы зарядов, находящихся во внешнем поле; силы, действующей на систему зарядов.</p> <p>Энергия взаимодействия двух систем зарядов.</p> <p>Потенциал двойного слоя. Связь между потенциалом в некоторой точке пространства и телесным углом, под которым поверхность видна из этой точки. Скачок потенциала на поверхности двойного слоя.</p> <p>Потенциал поля связанных зарядов; его связь с поляризацией среды. Вектор Герца.</p> <p>Решение уравнения Лапласа в сферических координатах.</p> <p>Запись общего решения в виде ряда с использованием присоединенных полиномов (функций) Лежандра.</p> <p>Асимптотическое поведение отдельных членов ряда при стремлении радиальной переменной к нулю; к бесконечности.</p> <p>Проводник во внешнем электростатическом поле.</p> <p>Электрическое поле, скалярный потенциал, плотность зарядов внутри проводника. Поверхностное распределение зарядов. Граничное условие на поверхности проводника.</p> <p>Задача о проводящем шаре, помещенном во внешнее электрическое поле, которое вдали от шара является однородным. Потенциал вблизи шара, распределение заряда на поверхности шара, дипольный момент шара.</p> <p>Задача о шаре из диэлектрика, помещенном во внешнее электрическое поле, являющееся вдали от шара однородным. Граничные условия на поверхности диэлектрика. Потенциал вблизи шара, во внутренних точках шара. Плотность поляризации диэлектрика, дипольный момент шара, поверхностный заряд.</p> <p>Метод отражений. Поле, создаваемое точечным зарядом, находящимся вблизи плоской граничной поверхности проводника, который заполняет полупространство.</p>
<p><b>P9</b></p>	<p>Векторный потенциал. Калибровочная инвариантность</p>	<p>Введение векторного потенциала. Калибровочное преобразование и калибровочная инвариантность.</p> <p>Калибровка Кулона и калибровка Лоренца.</p>
<p><b>P10</b></p>	<p>Магнитостатическое поле</p>	<p>Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал.</p> <p>Уравнение Пуассона для векторного потенциала; его решение. Закон Био-Савара.</p> <p>Мультипольное разложение для векторного потенциала в</p>

		<p>магнитостатическом приближении. Магнитно-дипольный вклад в векторный потенциал. Магнитный момент системы движущихся зарядов; его связь с механическим моментом. Силы, действующие на магнитный диполь. Уравнение движения магнитного момента, находящегося во внешнем магнитном поле. Ларморовская прецессия. Гиромагнитное отношение. Добавление в уравнение движения членов релаксации (трения). Магнитный резонанс.</p> <p>Векторный потенциал, описывающий поле однородно намагниченной среды. Уравнение Пуассона для магнитного вектора Герца; его решение. Скалярный магнитный потенциал. Магнитные заряды. Энергия магнитного поля и энергия взаимодействия стационарных токов.</p>
<p><b>P11</b></p>	<p>Волновые решения уравнений Максвелла</p>	<p>Волновые решение уравнений Максвелла. Волновые уравнения для электрического и магнитного полей. Плоская волна в пространстве. Волновой вектор; его связь с частотой колебаний (случай волны в вакууме). Связь между направлениями волнового вектора, векторов электрического и магнитного поля.</p> <p>Волновые уравнения для потенциалов. Поле, создаваемое неподвижным точечным зарядом, величина которого зависит от времени. Сферические волны. Опережающее и запаздывающее решения. Отбор решения, удовлетворяющего принципу причинности. Общие выражения для скалярного и векторного потенциалов, создаваемых зависящими от времени распределениями зарядов и токов, с учетом эффекта запаздывания.</p> <p>Поле, создаваемое точечным зарядом, движущимся по заданной траектории. Потенциалы Льенара-Вихерта. Связь между спектральными компонентами потенциалов и плотностей зарядов (плотностей токов). Спектральные функции (фурье-образы) потенциалов полей, создаваемых одиночным движущимся зарядом. Явные выражения для напряженностей полей, создаваемых движущимся зарядом.</p> <p>Поле, создаваемое зарядом, движущимся равномерно. Поле излучения, порождаемое зарядом, движущимся ускоренно.</p> <p>Поле, создаваемое системой движущихся зарядов, вдали от области локализации. Отбор члена мультипольного разложения, убывающего с ростом расстояния наиболее медленно. Электрическое и магнитное поле, выраженные через скорость изменения векторного потенциала. Напряженности поля излучения в дипольном приближении.</p>

		<p>Перенос энергии при дипольном излучении: энергия, излучаемая в заданный телесный угол в единицу времени; полная мощность (интенсивность) излучения.</p> <p>Электрическое квадрупольное и магнитное дипольное излучение; соответствующие вклады в векторный потенциал, электрическое и магнитное поле, полную интенсивность излучения.</p> <p>Значения электрического и магнитного полей с точки зрения неподвижного наблюдателя и наблюдателя, движущегося с постоянной скоростью. Постулаты теории относительности.</p> <p>Инерционные системы отсчета; преобразование Лоренца.</p> <p>Формулы, связывающие значения полей, соответствующие различным инерционным системам отсчета. Инвариантность некоторых условий, налагаемых на значения полей.</p>
<p><b>P12</b></p>	<p>Переменное электромагнитное поле в однородной среде</p>	<p>Переменное электромагнитное поле в однородной среде.</p> <p>Приближение линейного отклика. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, зависящие от частоты.</p> <p>Вещественная и мнимая части диэлектрической проницаемости. Связь между мнимой частью диэлектрической проницаемости и проводимостью среды.</p> <p>Соотношения Крамерса-Кронига.</p> <p>Монохроматическое электромагнитное поле и плоская волна в среде. Связь между волновым вектором и частотой.</p> <p>Коэффициент преломления, фазовая скорость волны.</p> <p>Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред: равенство углов падения и отражения, закон Снеллиуса, явные выражения для амплитуд электрического поля отраженной и преломленной волн.</p> <p>Метаматериалы. Скин-эффект.</p>
<p><b>P13</b></p>	<p>Электродинамика и теория относительности</p>	<p>Скорость распространения взаимодействия. Принцип относительности в классической физике. Инерциальные системы отсчета. Преобразование Галилея. Гипотеза эфира.</p> <p>Опыт Майкельсона-Морли. Принцип относительности Эйнштейна. Интервал. Преобразования Лоренца. Световой конус. 4-векторы и 4-тензоры.</p> <p>Релятивистские энергия и импульс. Уравнение движения релятивистской заряженной частицы в электромагнитном поле. Связь между энергией и импульсом частицы.</p> <p>Зависимость энергии от времени. 4-тензор электромагнитного поля. Законы сохранения. Волновые уравнения для потенциалов в 4-векторной форме. Уравнения Максвелла. Закон сохранения заряда. Закон сохранения энергии-импульса.</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 самостоятельной работы	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электродинамика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Барыбин, А. А.; Электродинамика волноведущих структур: теория возбуждения и связи волн : монография.; Физматлит, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76669> (Электронное издание)
2. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978> (Электронное издание)
3. Яворский, Б. М., Дик, Ю. И.; Основы физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2003; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76738> (Электронное издание)
4. Гуревич, Л. Э.; Электродинамика 1. Микроскопическая электродинамика; Издание Ленинградского государственного университета, Ленинград; 1940; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114098> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Савельев, И. В.; Основы теоретической физики : В 2 т. Т. 1. Механика. Электродинамика; Наука, Москва; 1991 (38 экз.)
2. Терлецкий, Я. П., Рыбаков, Ю. П.; Электродинамика : Учеб. пособие.; Высшая школа, Москва; 1990 (14 экз.)
3. Иродов, И. Е.; Электромагнетизм. Основные законы : Учеб. пособие для студентов вузов.; Физматлит, Москва; 2000 (45 экз.)
4. Ландау, Л. Д., Берестецкий, В. Б., Лифшиц, Е. М., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т. Т. 4. Квантовая электродинамика; Наука, Москва; 1989 (32 экз.)
5. Бредов, М. М., Топтыгин, И. Н.; Классическая электродинамика : учебное пособие для студентов физических специальностей втузов.; Наука, Москва; 1985 (52 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **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. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).

3. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
4. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
5. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».
6. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
7. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

### 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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab R2015a + Simulink
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Квантовая механика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Кислов Алексей Николаевич	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	строительной механики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Кислов Алексей Николаевич, Заведующий кафедрой, строительной механики**

## 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
1.	Предпосылки к созданию квантовой механики.	Исторический обзор фундаментальных экспериментов, сыгравших важную роль в становлении квантовой теории. Корпускулярно-волновой дуализм и дискретность значений некоторых физических величин.
2.	Математический аппарат квантовой механики.	Абстрактное гильбертово пространство. Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения оператора. Представления векторов и операторов. Изменение представления.
3.	Основные принципы и понятия квантовой механики.	Постулаты квантовой механики. Правила квантования. Соотношение неопределенностей для физических величин. Координатное представление. Импульсное представление.
4.	Квантовая динамика.	Изменение квантовых состояний во времени. Зависимость физических величин от времени. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния.
5.	Элементарные применения квантовой механики (на примере одномерного движения частицы).	Свободное движение частицы. Частица в потенциальном силовом поле прямоугольной формы. Линейный гармонический осциллятор. Движение частицы в периодическом поле.
6.	Механические моменты.	Общие свойства оператора углового момента. Векторное сложение двух моментов. Коэффициенты Клебша-Гордана. Орбитальный момент и сферические функции. Собственный момент и матрицы Паули. Полный угловой момент.

7.	Движение в центральном потенциальном поле.	Особенности движения частицы в поле центральных сил. Свободное вращательное движение частицы. Движение электрона в кулоновском поле. Спектр энергии и вид волновых функций стационарных состояний водородоподобного атома.
8.	Приближенные методы решения уравнения Шредингера.	Стационарная теория возмущений. Простейшие приложения стационарной теории возмущений. Нестационарная теория возмущений и элементы теории квантовых переходов. Вариационный метод.
9.	Многоэлектронные системы.	Принцип тождественности частиц: бозоны и фермионы. Многочастичные волновые функции для систем бозонов и фермионов. Теория атома гелия. Метод самосогласованного поля для атомов со многими электронами. Двухатомная молекула.

### 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	деятельность по социальной и профессиональной адаптации в вузе	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания,</p>

				относящиеся к области профессиональной деятельности Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Квантовая механика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Кислов, А. Н.; Квантовая механика; ; 2007; [http://study.urfu.ru/view/Aid\\_view.aspx?AidId=935](http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=935) (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. Котельников, В. А.; Модельная нерелятивистская квантовая механика; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68964> (Электронное издание)
4. Соколов, А. А.; Введение в квантовую механику : монография.; Физматгиз, Москва; 1958; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257427> (Электронное издание)
5. Киселёв, В. В.; Квантовая механика: курс лекций : курс лекций.; МЦНМО, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=62965> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Кислов, А. Н., Зверев, В. В.; Нерелятивистская квантовая механика : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 14.03.02 - Ядерная физика и технологии и по специальности 14.05.04 - Электроника и автоматика физических установок.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (10 экз.)
2. Ландау, Л. Д., Берестецкий, В. Б., Лифшиц, Е. М., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т. Т. 4. Квантовая электродинамика; Наука, Москва; 1989 (32 экз.)
3. Валишев, М. Г., Повзнер, А. А., Сидоренко, Ф. А.; Курс общей физики : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям. Ч. 2. Электростатика. Постоянный ток; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (25 экз.)
4. Зелевинский, В. Г.; Лекции по квантовой механике : Учеб. пособие.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2002 (6 экз.)
5. Блохинцев, Д. И.; Основы квантовой механики : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1983 (21 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

## 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. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
3. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
4. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
5. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».
6. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
7. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Квантовая 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 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	Рабочее место преподавателя	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Термодинамика и статистическая физика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зенков Евгений Вячеславович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Зенков Евгений Вячеславович, Доцент, теоретической физики и прикладной математики**

## 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	Предмет и метод физики многочастичных систем. Микро- и макро-описание. Флуктуации коллективных параметров в многочастичной системе; закон . Необходимость применения статистических методов.
P2	Феноменологическая термодинамика	Термодинамический метод описания физических свойств макроскопических систем. Внешние и внутренние параметры. Термодинамическое равновесие и понятие температуры. Уравнения состояния. Уравнения некоторых термодинамических процессов. Начала термодинамики. Абсолютная температура. Термодинамические потенциалы. Направление течения процессов в термодинамической системе. Неравенство Клаузиуса. Термодинамика сложных систем. Фазы и компоненты. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Поверхностная энергия. Метастабильные состояния. Бинодаль. Спинодаль. Критическая точка. Уравнения типа Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы второго рода. Соотношения Эренфеста. Теория Ландау. Критические показатели и точные соотношения между ними.
P3	Принципы статистического описания классических систем	Классическая гамильтонова динамика микросостояний системы. Фазовое пространство. Фазовая траектория. Разбегание фазовых траекторий. Модель бильярда Синая. Функция распределения. Эргодическая гипотеза. Теорема Лиувилля об инвариантности фазового объёма. Гидродинамика

		<p>фазовой жидкости. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Теорема возврата Пуанкаре.</p>
<b>P4</b>	Классическая теория ансамблей Гиббса	<p>Понятие статистического ансамбля. Микроканоническое распределение Гиббса. Энтропия и статистический вес макросостояния изолированной системы.</p> <p>Каноническое распределение Гиббса для закрытой системы в термостате. Модуль распределения. Статистический интеграл (сумма). Свободная и внутренняя энергии. Соотношение Гиббса-Гельмгольца. Вычисление основных термодинамических величин в равновесной системе. Максвелловское распределение частиц по импульсам, скоростям и энергиям. Равномерность распределения энергии по степеням свободы в классической статистике.</p> <p>Большое каноническое распределение для системы с переменным числом частиц.</p> <p>Распределения Гиббса как наиболее вероятные распределения в равновесной системе. Закон возрастания энтропии.</p>
<b>P5</b>	Классическая теория неидеального газа	<p>Статистический интеграл системы попарно взаимодействующих частиц. Вириальное разложение. Второй вириальный коэффициент в модели короткодействующего потенциала с жесткой сердцевиной. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p>
<b>P6</b>	Классическая теория гауссовых флуктуаций	<p>Дисперсия энергии и числа частиц в большом каноническом ансамбле. Термодинамическая эквивалентность микроканонического и большого канонического ансамбля. Общий подход к вычислению малых флуктуаций термодинамических параметров. Многомерное распределение Гаусса.</p>
<b>P7</b>	Вторичное квантование	<p>Ограниченность классического описания. Квантовый способ описания микросостояний. Критерии "квантовости" системы. Роль дискретности энергетического спектра. Тепловая длина волны де Бройля. Уменьшение числа возбужденных степеней свободы при понижении температуры.</p> <p>Принцип тождественности квантовых частиц. Симметризация многочастичных волновых функций. Разложение многочастичной волновой функции по базису. Числа заполнения одночастичных состояний. Матричные элементы одно- и двухчастичных операторов. Операторы рождения и уничтожения. их перестановочные соотношения. Полевые операторы. Основные физические операторы в представлении вторичного квантования.</p>
<b>P8</b>	Основы статистической физики квантовых систем	<p>Равновесный статистический оператор. Каноническое распределение в квантовом случае. Статистическая сумма. Обоснование третьего начала термодинамики.</p> <p>Теория теплоёмкости кристалла в гармоническом приближении. Модель Эйнштейна и Дебая. Сравнение с классической теорией.</p>

		Плавление кристалла. Критерий Линдемана.
<b>Р9</b>	Вырожденный идеальный газ.	<p>Понятие квазичастицы. Возбужденное состояние квантовой системы как газ квазичастиц. Примеры из физики конденсированного состояния.</p> <p>Квантовый идеальный газ. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Классический предел. Переход к распределению Больцмана. Критерий вырождения, температура вырождения. Уравнение состояния квантового идеального газа. Квантовые поправки к уравнению Менделеева-Клапейрона.</p> <p>Вырожденный ферми-газ. Энергия Ферми. Ступенька Ферми. Внутренняя энергия и давление ферми-газа при абсолютном нуле температур. Фермиевская функция при ненулевой температуре. Тепловой слой Ферми. Термодинамика вырожденного нерелятивистского ферми-газа. Интегралы Зоммерфельда. Парамагнетизм Паули.</p> <p>Вырожденный идеальный газ бозонов. Качественный анализ температурной зависимости химического потенциала вырожденного бозе-газа. Критическая температура. Эйнштейновская “конденсация” идеального газа бозонов. Температурная зависимость числа частиц в конденсате. Термодинамика нерелятивистского бозе-газа ниже точки конденсации.</p> <p>Применение статистики Бозе к равновесному тепловому излучению. Распределение Планка. Формула Планка для спектральной объёмной плотности энергии равновесного излучения. Предельные случаи Рэля-Джинса и Вина. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Термодинамика фотонного газа (температурная зависимость полного числа фотонов, внутренней энергии, теплоёмкости, давления и энтропии).</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 самостоятельной работы	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной	З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании

			<p>деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения</p>	<p>и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>
--	--	--	---	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Термодинамика и статистическая физика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Самойлович, А. Г.; Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие.; Государственное технико-теоретическое изд-во, Москва; 1955; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255755> (Электронное издание)
2. Кондратьев, А. С.; Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : практикум.; Физматлит, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400> (Электронное издание)
3. Румер, Ю. Б.; Термодинамика, статистическая физика и кинетика; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482845> (Электронное издание)
4. Ландсберг, П., П.; Задачи по термодинамике и статистической физике; Мир, Москва; 1974;

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495527> (Электронное издание)

5. , Михнев, Л. В., Бондаренко, Е. А.; Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие.; Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), Ставрополь; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467404> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Климонтович, Ю. Л.; Статистическая физика : Учеб. пособие для физ. специальностям вузов.; Наука, Москва; 1982 (5 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. , Белонучкин, В. Е., Заикин, Д. А., Ципенюк, Ю. М.; Основы физики. Курс общей физики : учебник для студентов вузов : в 2 т. Т. 2. Квантовая и статистическая физика ; Физматлит, Москва; 2001 (299 экз.)
4. Лифшиц, Е. М., Ландау, Л. Д., Питаевский, Л. П.; Статистическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. Ч. 2. Теория конденсированного состояния; Физматлит., Москва; 2000 (1 экз.)
5. Леонтович, М. А.; Введение в термодинамику. Статистическая физика : [учеб. пособие].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (2 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **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. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Термодинамика и статистическая физика**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ 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	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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Ядерная физика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Рябухин Олег Владимирович	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	Кафедра экспериментально й физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Рябухин Олег Владимирович, Доцент, экспериментальной 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	История развития ядерной физики. Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание, порядок изучения материала, связь с другими дисциплинами учебного плана и место в подготовке специалистов по направлению 14.05.04. Формы контроля самостоятельной работы. Характеристика учебной литературы.
P2	Свойства атомных ядер	2.1. Масса, энергия, заряд ядер. Связь массы и энергии. 2.2. Энергия связи и устойчивость ядер. Удельная энергия связи. Энергия связи ядра относительно составных частей. Нуклоностабильные ядра. 2.3. Радиус ядра. Анализ формулы Вейцеккера. Рассеяние быстрых нейтронов на ядрах. Мезоатомы. Рассеяние быстрых электронов на ядрах. 2.4. Спин и магнитный момент нуклонов и ядер. Эффекты Пашена – Бака и Зеемана. Определение спина ядра методом молекулярных пучков. Метод магнитного резонанса Раби.
P3	Модели ядер	3.1. Капельная модель ядра. 3.2. Модель ядерных оболочек. 3.3. Обобщённая модель ядра.

<b>P4</b>	Радиоактивные превращения ядер	<p>4.1. Общие закономерности распада ядер</p> <p>4.2. Альфа-распад ядер.</p> <p>4.3. Бета-распад ядер.</p> <p>4.4. Гамма-излучение ядер</p>
<b>P5</b>	Взаимодействие излучения с веществом	<p>5.1. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Формула Бете-Блоха. Связь пробега с энергией. Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова. Переходное излучение. Синхротронное излучение. Упругое рассеяние заряженных частиц. Формула Резерфорда. Многократное рассеяние. Особенности ослабления <math>\gamma</math> - излучения в веществе.</p> <p>5.2. Взаимодействие <math>\gamma</math>-квантов с веществом. Фотоэффект. Комптоновский эффект. Эффект образования пар. Ослабление <math>\gamma</math> - излучения в веществе.</p>
<b>P6</b>	Ядерные взаимодействия (реакции)	<p>6.1. Обозначение и классификация, основные параметры ядерных реакций.</p> <p>6.2. Законы сохранения, кинематика и порог ядерных реакций.</p> <p>6.3. Механизмы протекания ядерных реакций. Прямые ядерные реакции. Механизм составного ядра (Боровская теория ядерных реакций). Уровни энергии промежуточного ядра. Сечение образования промежуточного ядра в нерезонансной области. Принцип детального равновесия. Сечение образования ядра в резонансной области (формулы Брейта – Вигнера).</p> <p>6.4. Особенности ядерных реакций под действием заряженных частиц</p> <p>6.5. Роль центробежного барьера в ядерных реакциях</p> <p>6.6. Роль процесса ионизации в ядерных реакциях</p> <p>6.7. Ядерные реакции под действием заряженных частиц. Реакции под действием <math>\alpha</math> - частиц. Реакции под действием протонов.</p> <p>6.8. Ядерные реакции под действием нейтронов. Радиационный захват нейтронов. Реакции с образованием протонов. Реакции с образованием <math>\alpha</math> - частиц. Реакции деления. Реакции с образованием нуклонов. Неупругое рассеяние нейтронов. Упругое рассеяние нейтронов.</p> <p>6.9. Замедление нейтронов.</p> <p>6.10. Реакция деления ядер. Элементарная теория деления ядер. Механизм реакции деления.</p> <p>6.11. Ядерные реакции под действием гамма – квантов.</p> <p>6.12. Термоядерные реакции.</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	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология образования в сотрудничестве	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	<p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Ядерная физика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (0 экз.)
2. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2009 (0 экз.)
3. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : учебник.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. Физика элементарных частиц; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
2. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
3. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Атомиздат, Москва; 1974 (21 экз.)
4. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (18 экз.)
5. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (12 экз.)
6. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2009 (10 экз.)
7. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2009 (10 экз.)
8. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика: В 2 кн. : Учебник для вузов. Кн. 2. Физика элементарных частиц; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (1 экз.)
9. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика: В 2 кн. : Учебник для вузов. Кн. 1. Ч. II. Физика атомного ядра. Ядерные взаимодействия; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (1 экз.)
10. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика: В 2 кн. : Учебник для вузов. Кн. 1. Физика атомного ядра. Ч. 1: Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (1 экз.)
11. Мухин, К. Н.; Физика атомного ядра : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (3 экз.)
12. Мухин, К. Н.; Физика ядерных реакций : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (3 экз.)
13. Мухин, К. Н.; Физика элементарных частиц : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (18 экз.)
14. Мухин, К. Н.; Физика атомного ядра : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2009 (15 экз.)
15. Мухин, К. Н.; Физика ядерных реакций : учебник [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2009 (15 экз.)

16. Мухин, К. Н.; Физика атомного ядра : [учебник для вузов по специальности "Физика"].; Атомиздат, Москва; 1974 (5 экз.)
17. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : Учеб. пособие для студентов физ. фак. клас. ун-тов, а также для студентов др. вузов, обучающихся по специальности "Ядерная физика" и направлению "Физика".; Эдиториал УРСС, Москва; 2002 (21 экз.)
18. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : учеб. пособие для студентов физ. фак. клас. ун-тов, а также для студентов др. вузов, обучающихся по специальности "Ядерная физика" и направлению "Физика".; [КомКнига], Москва; 2006 (1 экз.)
19. Ишханов, Б. С., Капитонов, И. М., Юдин, Н. П.; Частицы и атомные ядра : учебник по дисциплине "Физика атомного ядра" для студентов вузов, обучающихся по специальностям 010701 - "Физика", 010705 - "Физика атомного ядра и частиц" и направлению 010700 - "Физика".; ЛКИ, Москва; 2007 (1 экз.)
20. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 010701.65 - Физика и направлению 010700.62 - Физика.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2010 (1 экз.)
21. Ишханов, Б. С.; Частицы и атомные ядра : учебник по дисциплине "Физика атомного ядра" для студентов вузов, обучающихся по специальностям 010701 - "Физика", 010705 - "Физика атомного ядра и частиц" и направлению 010700 - "Физика".; URSS, Москва; 2013 (1 экз.)
22. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : Учеб. пособие для вузов по спец. "Ядерная физика".; Эдиториал УРСС, Москва; 2004 (1 экз.)
23. Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : Учеб. пособие.; УРСС, Москва; 2002 (1 экз.)
24. Ишханов, Б. С.; Частицы и атомные ядра : учебник для вузов.; [Изд-во ЛКИ, Москва; 2007] (22 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" Издательство "Лань"

ПолнотекстоваяБД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>)

ПолнотекстоваяБД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>)

Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

ПолнотекстоваяБД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>)

### **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**

<http://cdfc.sinp.msu.ru/>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Ядерная физика**

**Сведения об оснащённости 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 Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
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 Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	ПО для дистанционного образования
5	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическое моделирование в физике**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ботов Михаил Алексеевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	высшей математики
2	Кузнецов Алексей Юрьевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	экспериментальной физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ботов Михаил Алексеевич, Старший преподаватель, высшей математики
- Кузнецов Алексей Юрьевич, Доцент, экспериментальной 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	Основные понятия, определения, типы математических моделей, этапы моделирования, постановка целей и задач курса. Сущность метода математического моделирования. Математическое моделирование как методология решения прикладных задач на ЭВМ. Определение математической модели. Типы моделей: дескриптивные модели; оптимизационные модели; игровые модели; имитационные модели; статистические модели. Требования к математическим моделям: адекватность, универсальность, экономичность. Методы получения математических моделей: теоретический, экспериментальный. Этапы математического моделирования: постановка задачи, построение математической модели, решение уравнений модели, оценка и формальный анализ решения, содержательный анализ решения с позиций предметной области.
P2	Дескриптивные модели	1. Задача остывания нагретого тела (закон теплопроводности Ньютона). Физическая постановка задачи. Построение математической модели. Решение уравнения модели методом Эйлера, сравнение численного решения с точным, анализ

		<p>точности, графическое представление. Анализ решения уравнения модели с точки зрения предметной области.</p> <p>2. Движение тела в поле тяжести. Математическая модель - система двух ОДУ первого порядка. Траектория движения тела, графическое изображение траекторий на ЭВМ. Движение в среде с трением; сила, зависящая от координаты. Анализ решения уравнения модели с точки зрения предметной области.</p> <p>3. Колебания. Простой гармонический осциллятор. Математическая модель, численное решение. Затухающие колебания. Линейный отклик на внешнюю силу. Принцип суперпозиции. Анализ решения уравнения модели с точки зрения предметной области.</p> <p>4. Динамика популяции. Модели динамики численности популяций. Понятия: конкуренция, комменсализм, хищничество. Одновидовая модель. Одновидовая модель: логистическое уравнение. Двухвидовая модель типа "хищник-жертва". Двухвидовая модель "хищник-жертва" с логистическим членом. Двухвидовая модель "хищник-жертва": приближение Лесли. Двухвидовая модель: конкурирующие популяции. Модель эпидемии.</p>
<p><b>РЗ</b></p>	<p>Метод молекулярной динамики</p>	<p>1. Молекулярно-динамическая модель системы</p> <p>2. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Динамические детерминированные модели многочастичных систем. Метод молекулярной динамики.</p> <p>3. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия. Парные и многочастичные потенциалы, особенности потенциалов для простейших систем.</p> <p>4. Начальные условия в молекулярно-динамической модели. Математическая модель начальных условий для типичных задач: расчет макроскопических характеристик системы в состоянии термодинамического равновесия, расчет параметров релаксации, каскады столкновений.</p> <p>5. Граничные условия в МД-модели. Зеркальные и периодические граничные условия. Жесткая граница, упругая граница, свободная граница.</p> <p>6. Расчет микроскопических параметров системы: траектория движения частиц, изменение энергии частицы вдоль траектории, распределение частиц по скоростям, механизмы и типы диффузионных скачков, частота скачков и др.</p> <p>7. Расчет макроскопических параметров системы: температура, давление, теплоемкость, радиальная функция распределения, уравнение состояния МД-системы.</p> <p>8. Процессы переноса. Кинетические коэффициенты, средний квадрат смещения, формула Эйнштейна для коэффициента диффузии, зависимость кинетических коэффициентов от температуры и массы частиц в газе и твердом теле.</p>

		<p>9. Метод молекулярной статистики (МС). Область применимости метода МС, понятие равновесной атомной конфигурации кристалла с дефектом. Энергетика образования, взаимодействия и миграции структурных дефектов в металлах.</p> <p>10. Метод молекулярной статистики для ионных кристаллов. Модели структурных дефектов в ионных кристаллах. Энергии образования и миграции основных дефектов (Шоттки, Френкеля), равновесная атомная конфигурация ионного кристалла с вакансией, сравнение с конфигурацией вакансии в металлах. Закон Кулона для взаимодействия между заряженными дефектами в ионных кристаллах, расчеты энергии взаимодействия методом МС.</p>
<b>P4</b>	Метод Монте-Карло	<p>1. Стохастические методы моделирования физических молекулярных систем. Сущность метода Монте-Карло (МК). Области применения метода Монте-Карло. Генераторы случайных чисел. Проверка равномерности распределения и некоррелированности случайных чисел.</p> <p>2. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло. Анализ сходимости значения интеграла.</p> <p>3. Расчет средних значений для системы в термостате (канонический ансамбль) методом МК. Микросостояние, вероятность появления микросостояния с заданной энергией. Формула для расчета среднего значения макроскопической характеристики системы методом МК. Алгоритм Метрополиса генерации последовательности микросостояний в методе МК, вычисление среднего значения в алгоритме Метрополиса.</p> <p>4. Сравнение методов Монте-Карло и молекулярной динамики.</p>
<b>P5</b>	Теория перколяции	<p>1. Основные понятия теории перколяции: бесконечный кластер, порог перколяции. Задача протекания по узлам. Эксперимент Ватсона и Лиса. Поведение электропроводности плоской квадратной решетки.</p> <p>2. Два способа описания бесконечного кластера: электропроводность сетки и намагниченность решетки с магнитными примесями. Задача протекания по связям. Порог перколяции для различных типов решеток.</p> <p>3. Определение порога перколяции методом Монте-Карло. Точный смысл порога перколяции для бесконечной системы.</p> <p>4. Структура бесконечного кластера, скелет, мертвые концы, радиус корреляции. Зависимость радиуса корреляции от доли неблокированных узлов или связей, индекс радиуса корреляции. Влияние размеров системы на порог перколяции, интерпретация порога перколяции для конечных систем.</p> <p>5. Поведение электропроводности решетки вблизи порога перколяции; критический индекс электропроводности. Поведение намагниченности вблизи порога перколяции. Соотношение «массы» скелета и «массы» мертвых концов вблизи порога перколяции.</p>

Р6	Статистические модели в экологии	<p>1. Математические модели, основанные на методах математической статистики. Основные понятия, определения, сведения о компьютерных пакетах.</p> <p>2. Статистические модели дисперсионного типа. Однофакторные модели дисперсионного типа, постановка задачи. Сравнение двух классов (<math>k=2</math>). Примеры применения моделей дисперсионного типа в задачах медико – экологического мониторинга.</p> <p>3. Многофакторные модели дисперсионного типа. Постановка задачи, главные эффекты, взаимодействие факторов. Таблица дисперсионного анализа, статистическая значимость эффектов. Процедуры множественного сравнения. Примеры построения многофакторных моделей дисперсионного типа в задачах медико – экологического мониторинга.</p> <p>4. Статистические модели регрессионного типа. Обоснование моделей, типы, методы моделирования и интерпретация. Регрессионные модели как основа моделирования взаимосвязи и прогноза.</p> <p>5. Модели простой линейной регрессии. Коэффициент корреляции, коэффициент регрессии, их «физический» смысл. Статистическая значимость коэффициента корреляции и коэффициента регрессии; уровень статистической значимости коэффициентов и объем выборки.</p> <p>6. Модели множественной линейной регрессии. Значимость уравнения регрессии в целом, таблица дисперсионного анализа, критерий Фишера, коэффициенты уравнения регрессии. Множественный коэффициент корреляции, коэффициент детерминации. Примеры построения моделей множественной линейной регрессии в задачах медико – экологического мониторинга.</p> <p>7. Статистические модели дискриминантного типа. Постановка задачи, сущность и назначение моделей дискриминантного типа. Анализ информативности признаков, методы оценки индивидуальной и коллективной информативности признаков, выбор информативного набора признаков. Линейная дискриминантная функция, методы распознавания образов в дискриминантных моделях. Примеры построения моделей дискриминантного типа в задачах медико – экологического мониторинга.</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	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве	ОПК-2 - Способен применять математический	У-1 - Обоснованно выбрать

			<p>аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач</p>	<p>возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Демонстрировать способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование в физике

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Маккинли, , Слинкина, , А.; Python и анализ данных; Профобразование, Саратов; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/88752.html> (Электронное издание)
2. Соболев, И. М., Пирогова, Г. Я.; Численные методы Монте-Карло; Наука, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457076> (Электронное издание)

3. Бурьков, Д. В.; Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Таганрог; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612169> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Турчак, Л. И., Плотников, П. В.; Основы численных методов : Учеб. пособие для вузов.; Физматлит, Москва; 2002 (2 экз.)
2. Буйначев, С. К., Бутаков, С. В.; Моделирование движения и нагрузок плоских механизмов на языке PYTHON : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.02, 15.04.02 "Технологические машины и оборудование".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. Войтишек, А. В.; Лекции по численным методам Монте-Карло : учебное пособие.; ИПЦ НГУ, Новосибирск; 2018 (2 экз.)
4. Снарский, А. А., Безсуднов, И. В., Севрюков, В. А.; Процессы переноса в макроскопически неупорядоченных средах. От теории среднего поля до перколяции; ЛКИ, Москва; 2007 (1 экз.)
5. Поршневу, С. В.; Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Информатика".; Горячая Линия - Телеком, Москва; 2011 (15 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).

### **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**

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

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Государственная публичная научно-техническая библиотека (<http://www.gpntb.ru>).

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Математическое моделирование в физике**

**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>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</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>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Самостоятельная работа студентов	Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика твердого тела**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Пустоваров Владимир Алексеевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	Кафедра экспериментально й физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Пустоваров Владимир Алексеевич, Профессор, экспериментальной 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	Цели и задачи, связь с другими дисциплинами специальности. Физика твердого тела и научно-технический прогресс. Обзор учебной литературы по курсу. Требования к уровню знаний, формы контроля освоения содержания курса.
P2	Кристаллическое состояние твердых тел. Дефекты в твердом теле	Симметрия кристаллов. Операции симметрии. Точечные группы симметрии. Пространственная решетка. Кристаллические системы (сингонии). Установка кристаллов и индексы Миллера. Примеры кристаллических структур. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна, основные свойства первой зоны Бриллюэна. Дифракция в кристаллах. Анизотропия физических свойств кристаллов. Выращивание кристаллов. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты, их классификация. Плотность дефектов в состоянии теплового равновесия. Стехиометрия. Центры окраски. Механизмы создания радиационно-индуцированных дефектов. Конфигурационная диаграмма F-центра, люминесценция.

		<p>Проявление дефектов кристаллической структуры в зонной схеме твердого тела.</p> <p>Термостимулированная люминесценция.</p> <p>Экспериментальные методы изучения дефектов кристаллической структуры.</p> <p>Линейные дефекты (дислокации), вектор Бюргерса. Плоские (двухмерные) дефекты. Нанокристаллы, их особенности, применение в современных технологиях.</p>
<b>P3</b>	Типы связей в кристаллах	<p>Кристаллы инертных газов. Силы Ван-дер-Ваальса-Лондона. Потенциал Леннарда-Джонса. Равновесная постоянная решетки. Энергия связи. Объемный модуль упругости.</p> <p>Ионные кристаллы. Электроотрицательность. Энергия связи, потенциал ионизации. Постоянная Маделунга, энергия Маделунга.</p> <p>Ковалентные кристаллы. Степень ионности. Металлические кристаллы.</p>
<b>P4</b>	Колебания кристаллической решетки	<p>Классический и квантовый гармонический осцилляторы. Колебательные моды непрерывной струны. Колебательные моды одномерной решетки, состоящей из одинаковых атомов. Колебательные моды двухатомной линейной решетки.</p> <p>Колебательный спектр трехмерных решеток, акустические и оптические ветви колебаний. Фазовая скорость. Фононы. Локальные фононы.</p> <p>Экспериментальные методы исследования спектра колебаний кристаллической решетки.</p> <p>Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах.</p>
<b>P5</b>	Электроны в твердом теле	<p>Гамильтониан кристалла. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Одноэлектронное уравнение Шредингера. Волновая функция электрона в твердом теле. Теорема Блоха.</p> <p>Приближение свободных электронов. Энергия Ферми. Приближение почти свободных электронов. Способы построения зонной схемы. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Метод сильной связи.</p> <p>Электронная структура твердого тела. Примеры построения зонной схемы кристаллов.</p>
<b>P6</b>	Динамика электронов в кристалле	<p>Теория электропроводности Друде. Статистика Ферми-Дирака. Полуклассическая модель динамики электрона. Волновой пакет, групповая скорость движения, уравнения движения.</p> <p>Метод эффективной массы. Дырки. Экситоны, типы, параметры, проявление в оптических спектрах и физических свойствах.</p>

<b>P7</b>	Оптические свойства твердых тел	<p>Макроскопическая теория распространения электромагнитных волн в твердом теле. Оптические константы. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига.</p> <p>Формирование спектра поглощения. Поглощение света решеткой. Межзонные переходы. Правило Урбаха. Межзонные переходы с излучением. Оже процессы.</p> <p>Кросслоуминесценция.</p> <p>Оптические свойства металлов. Теория Друде.</p> <p>Фотопроводимость. Фотоэлектронная эмиссия.</p> <p>Ультрафиолетовая и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.</p> <p>Оптическая и рентгеновская спектроскопия.</p> <p>EXAFS спектроскопия.</p> <p>Спектроскопия редкоземельных ионов в диэлектрических кристаллах. Электронная конфигурация лантаноидов. Формирование энергетических уровней 4f n-конфигурации РЗ-иона в кристалле. Внутриконтинуальные 4f n ↔ 4f n переходы. Межконтинуальные 4f n ↔ 4f n-15d переходы.</p> <p>Оптические методы исследования твердых тел.</p> <p>Синхротронное излучение – применение в спектроскопии.</p> <p>Общая схема релаксации электронных возбуждений в диэлектриках.</p>
<b>P8</b>	Тепловые свойства твердых тел	<p>Теплоемкость твердых тел, Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая, температура Дебая. Теплоемкость металлов, электронный газ, плотность электронных состояний, функция распределения Ферми-Дирака.</p> <p>Тепловое расширение твердых тел. Ангармонизм. Теплопроводность диэлектриков и металлов, учет вклада свободных электронов. Температурная зависимость электропроводности.</p>
<b>P9</b>	Электрон-фононное взаимодействие	<p>Электрон-фононное взаимодействие в ионных кристаллах. Проявление электрон-фононного взаимодействия в физических свойствах твердых тел.</p> <p>Наблюдение электрон-фононного взаимодействия спектра поглощения, рассеяния, люминесценции.</p>
<b>P10</b>	Магнитные свойства твердых тел	<p>Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Домены. Коэрцитивная сила и гистерезис.</p> <p>Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм.</p>

		<p>Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>Ядерный магнитный резонанс.</p>
<b>P11</b>	Диэлектрические свойства твердых тел	<p>Поляризация диэлектриков в постоянном электрическом поле. Виды поляризации. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Уравнение Клаузиуса-Моссотти. Поляризация в переменном электрическом поле, частотная зависимость диэлектрической проницаемости.</p> <p>Диэлектрические потери.</p> <p>Пьезоэлектрики, пироэлектрики, сегнетоэлектрики, их применение.</p> <p>Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические свойства твердого тела. Аномальная частотная дисперсия. Соотношение Лиддена-Сакса-Теллера. Пространственная дисперсия света и комплексная диэлектрическая проницаемость.</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	<p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ОПК-1 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физика твердого тела**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Пустоваров, В. А., Шульгин, Б. В.; Люминесценция твердых тел и релаксация электронных возбуждений : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (5 экз.)
2. Пустоваров, В. А., Шульгин, Б. В.; Термостимулированная люминесценция твердых тел : Учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (5 экз.)
3. Гуртов, В. А.; Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие.; Техносфера, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Киттель, Ч., Гусев, А. А., Пахнев, А. В.; Введение в физику твердого тела; Наука, Москва; 1978 (44 экз.)
2. Павлов, П. В., Хохлов, А. Ф.; Физика твердого тела : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"; Высшая школа, Москва; 2000 (47 экз.)
3. Гинзбург, И. Ф.; Введение в физику твердого тела: Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела : учеб. пособие [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2007 (2 экз.)
4. Пустоваров, В. А., Мильман, И. И.; Люминесценция твердых тел : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 14.05.04 - Электроника и автоматика физических установок, 03.06.01 - Физика и астрономия (профиль - Физика конденсированного состояния); Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017 (5 экз.)
5. Зацепин, А. Ф.; Атомная структура и дефекты кристаллических твердых тел : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2012 (15 экз.)
6. , Пустоваров, В. А., Пилипенко, Г. И., Чолах, С. О., Шульгин, Б. В., Жуков, В. М.; Радиационно-стимулированные процессы в кристаллах гидрида и дейтерида лития; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (1 экз.)
7. , Пустоваров, В. А., Пилипенко, Г. И., Чолах, С. О., Шульгин, Б. В.; Кристаллы гидрида и дейтерида лития: выращивание, спектроскопия, применение : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (10 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. ЭБС "Лань" Издательство "Лань" <http://e.lanbook.com/>
2. Oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/en/>
3. American Institute of Physics <http://scitation.aip.org/>
4. American Physical Society <https://journals.aps.org/about>

#### **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. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физика твердого тела**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность 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>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Adobe Acrobat Professional 2017 Multiple Platforms</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
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>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM