

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯЭ О.Н. Шишова

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Квантовая механика и статистическая физика»**

Разработчик	Кафедра "Проектирование и эксплуатация АЭС"
Направление (специальность) подготовки	14.05.01 Ядерные реакторы и материалы
Наименование ООП	14.05.01_01 Ядерные реакторы
Квалификация (степень) выпускника	<b>инженер-физик</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС СПбПУ</b>
Форма обучения	<b>Очная</b>

Руководитель ОП

Соответствует СУОС СПбПУ  
Утверждена протоколом заседания  
кафедры "ПиЭАЭС"  
от «08» мая 2018 г. № 12

Аннотацию разработал:

Доцент, к.ф.-м.н. Е.И. Логачева

## Цели освоения дисциплины

1. Целью преподавания учебной дисциплины «Квантовая механика и статистическая физика» является ознакомление студентов с современными представлениями о микромире, с макроскопическими проявлениями его свойств и с методами выявления и изучения возникающих при этом закономерностей.
2. При преподавании учебной дисциплины «Теоретическая физика» ставятся следующие задачи: - ознакомить студентов с математическим аппаратом современной теоретической физики; - обучить студентов основам нерелятивистской квантовой механики и статистической физики; - дать примеры применения полученных знаний к описанию поведения некоторых важнейших модельных физических систем, таких, как квантовомеханический гармонический осциллятор, частица, находящаяся в потенциальной яме, свободная частица, классический и квантовый идеальный и реальный газы, электронных газ в металле – и других; - дать студентам опыт получения содержательных выводов из математических результатов, полученных при решении конкретных физических задач; - развить у студентов аналитическое мышление и общую физико-математическую культуру.

## Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ИД-20 ОПК-1	Применяет соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области квантовой механики и статистической физики
ИД-24 ОПК-1	Применяет соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области квантовой механики и статистической физики

## Планируемые результаты изучения дисциплины

### знания:

- Знает основные закономерности физико-математического аппарата в области квантовой механики и статистической физики

**умения:**

- Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области квантовой механики и статистической физики

**навыки:**

- Владеет навыками интерпретации результатов исследований для решения профессиональных задач в области квантовой механики и статистической физики

## Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	48
Практические занятия	64
Самостоятельная работа	68
Часы на контроль	72
Общая трудоемкость освоения дисциплины	252, ач
	7, зет

## Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	2

## Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Физические основы квантовой механики. Основные понятия и положения квантовой механики.</b>	Дискретность значений физических величин. Соотношения неопределенностей. Постулаты квантовой механики. Вероятностный характер закономерностей микромира. Состояния и наблюдаемые в квантовой механике. Состояния микросистем и волновая функция. Квантовомеханический принцип суперпозиции. Квантовомеханические наблюдаемые (динамические переменные) и самосопряженные операторы. Возможные значения наблюдаемых и их вероятность, среднее значение наблюдаемых. Коммутаторы операторов. Условия совместной измеримости наблюдаемых. Принцип неопределенностей Гейзенберга. Полный набор наблюдаемых. Матрица плотности. Операторы координат и импульса. Гамильтониан для частицы и для системы частиц.
<b>2. Математический аппарат квантовой механики</b>	Экспериментальное обоснование квантовой механики. Особенности поведения микрообъектов. Дифракция электронов. Корпускулярно-волновой дуализм. Математический аппарат квантовой механики. Линейные операторы и действия над ними. Собственные значения и собственные функции линейных операторов. Самосопряженные (эрмитовы) операторы. Свойство ортогональности собственных функций эрмитовых операторов. Случай вырождения. Разложение по ортогональным функциям
<b>3. Динамические уравнения и законы сохранения.</b>	Стационарное уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике. Стационарные состояния, их свойства. Уравнение Шредингера. Изменение во времени средних значений наблюдаемых. Теоремы Эренфеста. Связь квантовой механики с классической механикой. Вектор плотности потока вероятностей.
<b>4. Одномерные задачи квантовой механики. (Элементарные применения квантовой механики на примере одномерного движения частицы)</b>	Одномерное движение. Общие свойства одномерного движения микрочастицы. Движение свободной частицы, волны де Бройля. Задачи о частице в потенциальной яме. Потенциальный порог и потенциальный барьер. Туннельный эффект. Линейный гармонический осциллятор. Уровни энергии и волновые функции линейного гармонического осциллятора.

<p><b>5. Движение в центрально-симметричном поле .(Момент количества движения. Движение в сферически-симметричном поле) Приближенные методы решения уравнения Шредингера. Спин электрона (Принцип тождественности частиц).</b></p>	<p>Общие свойства движения в центрально-симметричном поле, законы сохранения. Операторы орбитального момента импульса. Собственные значения и собственные функции оператора орбитального момента. Свойства момента импульса в квантовой механике. Радиальное уравнение Шредингера. Водородоподобный атом, его энергетический спектр. Стационарные состояния атома водорода и их классификация с помощью квантовых чисел. Волновые функции электрона в атоме водорода. Приближенные методы решения уравнения Шредингера. Опыт Штерна и Герлаха. Волновая функция электрона с учетом спина. Орбитальный, спиновый и полный момент электрона. Системы тождественных частиц. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы, принцип Паули для фермионов.</p>
<p><b>6. Многоэлектронные атомы и молекулы.Элементы теории излучения</b></p>	<p>Атом гелия. Приближенные методы квантовой механики. Стационарная теория возмущений. Мультиплетность состояний. Обменная энергия. Ортогелий и парагелий. Понятие о методе самосогласованного поля. Классификация состояний электронов в атоме. Периодическая система элементов. Атом во внешнем поле (эффект Зеемана и магнитный момент атома). Атом в поле электромагнитной волны. Вероятности оптических переходов в атоме. Возмущения, зависящие от времени. Излучение и поглощение света атомами. Правила отбора для излучения и поглощения света атомом. Соотношения неопределенностей для энергии и времени. Естественная ширина энергетических уровней.</p>

<p><b>7. Основные положения классической статистической физики. Идеальные газы.</b></p>	<p>Основные положения классической статистической физики. Фазовое пространство, фазовые средние. Уравнение Лиувилля о сохранении фазового объема. Фазовый ансамбль и фазовая плотность вероятности. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Эргодическая гипотеза. Вид фазовой плотности вероятности для микроканонического распределения в адиабатически изолированной системе. Каноническое распределение Гиббса. Явный вид фазовой плотности вероятности для изотермической равновесной системы. Связь канонического распределения Гиббса и термодинамических параметров. Вероятностный смысл энтропии. Связь энтропии и температуры с параметрами канонического распределения. Приложения канонического распределения Гиббса к классическим системам. Вычисление свободной энергии и других термодинамических параметров идеального газа. Числа заполнения для идеального газа. Распределения Максвелла и Больцмана, их вывод с помощью канонического распределения. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и среднем вириале. Приложения теоремы о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы: теплоемкость одноатомного и двухатомного идеального газа и твердых тел. Понятие характеристических температур. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.</p>
<p><b>8. Основные положения квантовой статистической физики. Ферми- и Бозе-газы. Приложения статистической физики</b></p>	<p>Основные положения квантовой статистической физики. Квантовый статистический ансамбль. Матрица плотности квантового статистического ансамбля. Принцип тождественности частиц и его следствия. Квантовое каноническое распределение. Квантовая статистическая сумма. Свободная энергия. Квантовая статистика систем тождественных частиц. Квантовое распределение Больцмана. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Термическое и калорическое уравнения состояния квантовых газов. Фотонный газ и статистика Бозе-Эйнштейна. Классическая теория равновесного излучения. Вывод формулы Рэлея-Джинса. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела. Законы Вина и Стефана-Больцмана. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердых тел. Вырожденный бозе-газ. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Распределение Ферми-Дирака при нулевой температуре. Энергия Ферми, импульс Ферми, поверхность Ферми. Приложение статистики Ферми-Дирака к электронному газу в металле. Сильно вырожденный электронный газ.</p>

<p><b>9. Статистическая термодинамика</b></p>	<p>Термодинамическое равновесие, понятие квазистатического процесса, внешние и внутренние параметры, понятие функции состояния, экстенсивные и интенсивные величины. Теплота, работа, внутренние параметры. Квазистатические процессы. Энтропия. 2 начало термодинамики. Статистическая энтропия, формула Больцмана, вероятностный смысл энтропии. Выражение абсолютной температуры через энтропию. Статистическое обоснование 2 начала термодинамики. Определение абсолютной температуры и ее смысл. Поведение энтропии вблизи абсолютного нуля. 3 начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля. Статистическое обоснование 1 начала термодинамики. Внутренняя и свободная энергия, основное термодинамическое уравнение (соотношение Гиббса-Гельмгольца).</p>
<p><b>10. Флуктуации. Элементы кинетики.</b></p>	<p>Принцип Больцмана. Распределение Гаусса для вероятности флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин. Броуновское движение. Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия. H-теорема Больцмана.</p>