

## ПРОГРАММА КУРСА "ВВЕДЕНИЕ В КВАНТОВУЮ ФИЗИКУ"

Основными целями курса "Введение в квантовую физику" (3 семестр, 36 часов) является:

1. изучение основных принципов, законов и методов экспериментальных исследований квантовой физики;
2. ознакомление с фундаментальными экспериментами, сыгравшими решающую роль в становлении квантовых представлений, а также, в общих чертах, с последними достижениями современной квантовой физики;
3. обучение простейшим моделям квантовой физики и методам оценки физических величин с помощью таких моделей.

Квантовая физика - понимая под этим термином совокупность физических теорий, в наборе констант которых содержится постоянная Планка - преподносится в курсе как основа современной физической картины мира. В этой связи в курсе важное место занимают, с одной стороны, вопросы экспериментального обоснования квантовой механики и, с другой стороны - вопросы соответствия результатов квантовых и классических теорий. Отдельное внимание уделяется получению численных оценок физических величин. С этой целью в курсе рассматривается атомная система единиц; отрабатывается техника получения масштабов любых размерностей в этой системе.

### **1. Введение**

Основные этапы становления квантовой физики. Экспериментальные свидетельства недостаточности классического описания, приведшие к появлению квантовой физики. Порядки величин в квантовой физике. Шкала масштабов физики атомов и наноструктур. Постоянная Планка. Атомная система единиц.

### **2. Корпускулярные и волновые свойства электромагнитных волн**

*Электромагнитные волны.* Свойства плоских электромагнитных волн. Энергетические характеристики света. Модулированные волны. Фазовая и групповая скорость.

*Квантовые свойства электромагнитного излучения.* Корпускулярная и волновая интерпретации опытов Юнга и Винера. Фотоэффект. Фотоны. Энергия и импульс фотона. Регистрация одиночных фотонов. Тепловое излучение. Формула Планка. Рассеяние света частицей. Эффект Комптона.

### **3. Дискретность атомных состояний. Атомные спектры.**

*Атомные спектры.* Возбуждение спектров излучения. Экспериментальные закономерности в линейчатых спектрах. Несовместимость закономерностей излучения с классическими представлениями.

*Модели атома.* Опыты Резерфорда. Постулаты Бора.

### **4. Волновые свойства частиц**

*Экспериментальные подтверждения волновых свойств частиц.* Дифракция электронов, нейтронов, атомов и молекул.

*Волны де Бройля.* Уравнения де Бройля. Статистический смысл амплитуды волны де-Бройля. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

### **5. Элементы квантовой механики.**

*Уравнение Шредингера.* Смысл волновой функции. Операторы физических величин. Стационарные состояния. Наблюдаемые величины.

*Простейшие модели квантовой механики и их физические реализации.* Свободная частица. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Туннелирование частиц сквозь барьер. Гармонический осциллятор. Движение в центральном поле.

### **6. Физика атомов и молекул.**

*Атом.* Моменты импульса и магнитные моменты электронов и атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип Паули. Структура и спектры сложных атомов. Периодическая система.

*Типы химических связей* (Ван-дер-Ваальсова, ковалентная, ионная). Гибридные орбитали. Понятие об электронной, колебательной и вращательной энергии молекул.

#### **6. Ансамбли квантовых частиц и элементы физики конденсированного состояния**

*Идеальные квантовые газы.* Спин. Фермионы, бозоны. Статистика тождественных частиц. Импульс и энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа. Понятие о Бозе-эйнштейновской конденсации.

*Электроны в периодическом потенциале.* Зоны Бриллюэна. Теорема Блоха. Энергетический спектр электронов в кристаллах (разрешенные и запрещенные зоны). Электрон в кристалле как волновой пакет. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики.

*Фононы.* Температура Дебая. Теплоемкость решеток. Закон Дебая.

#### **7. Физика низкоразмерных квантовых систем.**

*Общие представления о системах с пониженной размерностью.* Классификация низкоразмерных систем. Двумерные системы, квантовые проволоки, квантовые точки и антиточки.

#### **8. Физические основы квантовой электроники**

*Спонтанное и вынужденное излучение.* Коэффициенты Эйнштейна, связь с формулой Планка. Золотое правило Ферми. Естественное время жизни уровня. Уширение спектральных линий. Люминесценция.

*Квантовые генераторы.* Двухуровневая система. Инверсия населенности. Многоуровневые схемы. Резонатор. Моды резонатора. Стационарная генерация. Лазер на свободных электронах.

#### **Литература (основная)**

1. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику, М: Наука, 1988. 328 с.
2. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. М: Бином, 2004. 256 с.
3. Матвеев А.Н. Квантовая механика и строение атома. М: Высшая школа, 1965. 356 с.
4. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества - от структурных единиц до живой материи, М: Физический факультет МГУ, 2004. 532 с.
5. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики, М: Мир. 1972. 481 с.
6. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.3, М: Мир, 1967. 238 с.
7. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.8, М: Мир, 1967. 272 с.
8. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.9, М: Мир 1967. 260 с.

#### **Литература (дополнительная)**

1. Давыдов А. С. Квантовая механика. М: Наука, 1973. 703 с.
2. Бом Д. Квантовая теория. М: Наука, 1965.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики, т.5, ч.1. М: Наука, 1988. 416 с.
4. Вихман Э. Берклеевский курс физики, т.4. М: Наука, 1974. 396 с.
5. Шпольский Э.В. Атомная физика. М: Наука, 1984. 575 с.
6. Фок В.А. Начала квантовой механики. М: Наука, 1976. 376 с.
7. Де Бройль Л. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики М., Мир, 1986. 344 с.
8. Мигдал А.Б. Качественные методы в квантовой теории М.: Наука, 1975. 336 с.
9. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006. 824 с.
10. Баумейстер Д., Экерт А., Цайлингер А.. Физика квантовой информации. М.: "Постмаркет", 2002. 376 с.

Программу составили:

профессор, д.ф.-м.н. кафедры общей физики

профессор, д.ф.-м.н. кафедры общей физики

доцент, д.ф.-м.н. кафедры ОФиВП

ст.преподаватель, д.ф.-м.н. кафедры квантовой электроники

А.М.Салецкий

Б.И.Манцызов

А.Б.Савельев-Трофимов

А.Н.Рубцов