

Дополнительные главы квантовой механики

Лекторы:

Пётр Штернин

Ассистент:

Дмитрий Чубуков

Евгений Иевлев

**Язык:**

Русский

Трудоемкость:

5 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

Теоретическая и экспериментальная физика

6 семестр

Пререквизиты:

Математический анализ

Теория функций комплексного переменного

Математическая физика

Теоретическая механика

Электродинамика

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
34	30	
*1 академический час = 45 минутам		

Продолжение курса нерелятивистской квантовой механики. Подробно рассмотрены такие разделы как квантовая теория углового момента, структура атомных спектров, метод вторичного квантования, взаимодействие квантовомеханических систем с излучением. Опционально курс может включать элементы релятивистской квантовой механики, являющиеся заделом для курса квантовой электродинамики/квантовой теории поля.

Содержание курса

6 семестр

Дополнительные главы квантовой механики

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
1. Квантовая теория углового момента и спина		
Симметрия по отношению к вращениям и оператор полного углового момента. Общий формализм момента количества движения. Сложение моментов, коэффициенты Клебша-Гордана. Спин, оператор спина. Волновая функция частиц со спином. Частицы со спином $1/2$, спиноры, спиновые матрицы Паули. Заряженная частица со спином в магнитном поле. Уравнение Паули. Движение свободного электрона в постоянном магнитном поле. Уровни Ландау. Преобразование в.ф. углового момента при вращении системы координат. D-функции Вигнера. Квантование вращения твёрдого тела. D-функции как вращательные волновые функции жесткого ротатора. Неприводимые сферические тензорные операторы. Теорема Вигнера-Эккарта.	5	4
2. Системы тождественных частиц. Сложный атом.		
Неразличимость одинаковых частиц в квантовой механике. Фермионы и бозоны. Обменное взаимодействие в системе двух электронов. Возбуждённые состояния атома гелия. Обменное расщепление энергии конфигураций. Сложный атом. LS-связь. Правила Гунда. Тонкое расщепление. Эффект Зеемана в атоме водорода и в сложном атоме. Сверхтонкая структура атомных уровней. Статистическая модель атома. Приближение Томаса-Ферми.	6	4
3. Метод вторичного квантования.		
Система тождественных частиц в представлении вторичного квантования. Пространство Фока. Операторы рождения и уничтожения. Представления в методе вторичного квантования. Операторы в представлении вторичного квантования. Вторичноквантованное уравнение Шредингера. Картина Гейзенберга. уравнение Хартри-Фока. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы. Основы метода функционала плотности.	6	2
4. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом.		
Квантование электромагнитного поля, фотоны. Излучение и поглощения фотонов атомными электронами. Спонтанное и вынужденное излучение. Прямые и обратные переходы. Электрическое дипольное приближение. Правила отбора. Угловое распределение и поляризация электрического дипольного излучения. Спиновая поляризационная матрица плотности. Мультиполи состояний. Запрещенные переходы (магнитодипольные и электрические квадрупольные). Двухквантовые процессы. Рассеяние фотона атомом. Резонансная флуоресценция.	6	3
5. Элементы релятивистской квантовой механики Уравнение Клейна-Гордона		
Проблемы одночастичного описания. Решение уравнения Клейна-Гордона для плоских волн. Частицы и античастицы. Релятивистское уравнение для частиц со спином $1/2$. Уравнение Дирака. Закон сохранения вероятности в уравнении Дирака. Решение уравнения Дирака для плоских волн. Электроны и позитроны. Квантовые состояния с фиксированной спиральностью. Нерелятивистский предел уравнения Дирака. Симметричная форма уравнения Дирака. Квантовое описание безмассовых нейтрино.	6	2

Рекомендуемые ресурсы

- Ландау, Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) — 2001. — 808 с. — ISBN 5-9221-0057-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2380>. — Загл. с экрана.
- Мессиа, А. Квантовая Механика. Т.1. / А. Мессиа — М.: Наука, 1978.
- Мессиа, А. Квантовая Механика. Т.2. / А. Мессиа — М.: Наука, 1979.
- Галицкий, В. М. Задачи по квантовой механике: в 2 ч.: уч. пособие / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. — М.: Едиториал УРСС, 2001.
- Sakurai, J.J. Modern Quantum Mechanics. Second Edition. / J. J. Sakurai, J. Napolitano, editor. — Boston: Addison-Wesley, 2011. — URL.: <https://www.cambridge.org/ru/academic/subjects/physics/quantum-physics-quantum-information-and-quantum-computation/modern-quantum-mechanics-2nd-edition>
- Зар., Р. Теория углового момента. — М.: Мир, 1993.
- Берестецкий, В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский, Л.П. Квантовая электродинамика, Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002.

8. Давыдов, А. С. Квантовая механика: учеб. пособие для вузов / А. С. Давыдов. – СПб.: БХВ, 2011
9. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике. Т.1 и 2. / З. Флюгге — М.: Наука, 1974.
10. Шифф, Л. Квантовая механика / Л. Шифф — М.: ИИЛ, 1959.
11. Zelevinsky, V. Quantum Physics. Vols. 1 and 2. / V. Zelevinsky — Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
12. Shankar, R. Principles of Quantum Mechanics / R. Shankar — New York: Plenum Press, 1994.
13. Варшалович, Д., Херсонский В., Орленко Е., Москалёв, А. Квантовая теория углового момента и её приложения. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017.
14. Блум, К. Теория матрицы плотности и её приложения. – М.: Мир, 1983.
15. Сوبельман, И.И. Введение в теорию атомных спектров. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 1963.

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, индивидуальная расчетное задание, контрольная работа, экзамен.

Допуск к промежуточной аттестации происходит с учетом вовремя сданных домашних заданий, выполненных индивидуальных расчетных заданий. На промежуточной аттестации выполняется письменное индивидуальное контрольное задание. Итоговая аттестация - устный экзамен: ответ на билет из двух вопросов, в случае спорных ситуаций выдётся задача.

Домашнее задание: после каждого занятия, кроме последних двух, студентам необходимо выполнить и сдать домашнее задание в течение двух недель. Задачи домашнего задания как правило соответствуют задачку Галицкого и др. Задачи решаются самостоятельно, максимальное количество баллов - 15 (мин. - 10).

Индивидуальное расчётное задание: необходимо выполнить до итоговой аттестации, максимальное количество баллов - 15 (мин. - 10).

Контрольная работа №1: письменная работа выполняется на промежуточной аттестации, максимальное количество баллов - 15 (мин. - 10).

Контрольная работа №2: контрольная работа на последней неделе обучения, максимальное количество баллов - 15 (мин. - 10).

Экзамен по билетам: беседа по содержанию билета, в случае спорных ситуаций выдётся задача по характеру близкая к задачам контрольных работ, максимальное количество баллов - 40 (мин. 20).

Максимальное общее количество баллов за семестр - 100, минимальное - 60.