

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ (64 часа)

(9 и 10 семестры)

Лектор: проф. В.М. Шабаев

## 1. Квантование свободных полей.

Классическое электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Квантование свободного электромагнитного поля в кулоновской калибровке. Квантование в калибровке Лоренца. Индефинитная метрика. Пространство Фока для фотонов. Фотонный пропагатор. Массивное векторное поле. Квантование электрон-позитронного поля. Пространство Фока для фермионов. Электронный пропагатор.

## 2. Взаимодействующие поля.

Электромагнитное взаимодействие. Основные уравнения квантовой электродинамики взаимодействующих полей в представлении Гейзенберга. Свойства физических состояний. In- и out-поля и асимптотическая теория. S-матрица. Редукционные формулы для фотонов и электронов.

## 3. Теория возмущений.

Представление взаимодействия. Теория возмущений для функций Грина. Теорема Вика. Правила Фейнмана. Теорема Фарри. Расходимости в диаграммах Фейнмана. Перенормировка массы и заряда. Квантовая электродинамика при наличии внешнего поля. Представление Фарри. Теория возмущений для функций Грина в картине Фарри.

## 4. КЭД теории связанных состояний атома.

Двухвременные функции Грина. Спектральное представление и аналитические свойства. Вывод формулы для сдвига энергии одиночного уровня. Теория возмущений в случае вырождения. Определение уровней энергии и волновых функции атома. Уравнение шредингеровского типа. Квазивырожденные состояния. Двухэлектронный многозарядный ион. Приводимые и неприводимые диаграммы. Вывод формул для поправок к энергии в первом и втором порядках теории возмущений.

## 5. Вероятности переходов и эффективные сечения процессов рассеяния.

Общие выражения для вероятностей и сечений. Оптическая теорема. Редукционные формулы. Излучение фотона атомом. Рассеяние фотона атомом. Рекомбинация электрона с многозарядным ионом. Резонансное рассеяние. Квазипотенциал. Резонансное приближение. Формализм правых и левых векторов. Форма спектральной линии.

## 6. КЭД теории эффекта ядерной отдачи.

Учет движения ядра в КЭД теории многоэлектронного атома. Вывод эффективного гамильтониана, учитывающего ядерную отдачу. Диаграммная техника для поправок на отдачу. Формулы для поправок на отдачу в случае атома с одним электроном сверх заполненных оболочек. Формулы для поправок на отдачу в случае атома с двумя электронами сверх заполненных оболочек.

## Обязательная литература:

1. Д.Д.Бьеркен, С.Д.Дрелл. Релятивистская квантовая теория. Т.2, 1978.
2. К.Ициксон, Ж.-Б.Зюбер. Квантовая теория поля. Т.1, 1984.
3. V.M.Shabaev. Two-time Green's function method in quantum electrodynamics of high-Z few-electron atoms, Physics Reports, v. 356, pp. 119-228 (2002).

## Дополнительная литература:

1. А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий. Квантовая электродинамика,

1969.

2. М.А.Браун, А.Д.Гурчумелия, У.И.Сафронова. Релятивистская теория атома, 1984.

3. Л.Н. Лабзовский. Теория атома. Квантовая электродинамика электронных оболочек, 1996.

4. V.M. Shabaev. QED theory of the nuclear recoil effect in atoms. Phys. Rev. A, v. 57, pp. 59-67, 1998.