

ПРОГРАММА КУРСА «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ» IV семестр  
ЭТФ 2019 г.

Квантовое состояние, стационарные и нестационарные состояния, вектор состояния. Принцип суперпозиции, суперпозиция квантовых состояний, линейное пространство состояний. Сопряженное пространство, скалярное произведение. Ортонормированный базис, разложение по базисным состояниям. Проекция вектора состояния на базисное направление как комплексная амплитуда вероятности.

Наблюдаемые величины, квантовые измерения, статистические ансамбли. Совместные и несовместные наблюдаемые. Изображение наблюдаемых линейными операторами, правило соответствия наблюдаемых операторам. Собственные векторы и собственные значения операторов, операторы координаты и импульса в координатном представлении, основное коммутационное соотношение. Условие совместности наблюдаемых. Алгебра операторов. Эрмитовы операторы и их свойства. Гамильтониан, уравнение Шредингера.

Гармонический осциллятор. Классический и квантовый осциллятор, гамильтониан. Лестничные операторы, правило коммутации. Правило квантования энергии (вывод). Координатное представление для осциллятора, волновая функция основного состояния, рекуррентное соотношение для волновых функций, выражение волновых функций через полиномы Эрмита.

Атом в магнитном поле. Квантование магнитного момента электрона, орбитальный, спиновый и полный магнитный момент, фактор Ланде. Эффект Зеемана, расщепление энергетических уровней в магнитном поле, простой и сложный эффект Зеемана.

Парамагнитный резонанс. Взаимодействие спина с магнитным полем, операторы спина, матрицы Паули. Спиноры. Стационарные спиновые состояния в постоянном магнитном поле, резонансные переходы с переворотом спина, ядерный магнитный резонанс.

Теория возмущений. Малые возмущения квантовой системы. Возмущения, не зависящие от времени, поправки к энергии невозмущенного состояния в первом и втором порядках малости возмущения. Периодические во времени возмущения, резонансные переходы под влиянием периодического возмущения, вероятность перехода в единицу времени. Оптические переходы в атоме, дипольные, квадрупольные и магнитные переходы, дипольное приближение для взаимодействия атома с электромагнитной волной, правила отбора для дипольных переходов, вероятности резонансных переходов в атоме под действием классической электромагнитной волны, механизмы уширения спектральных линий в газах, коэффициенты Эйнштейна.

Тождественность частиц, принцип неразличимости, симметричные и антисимметричные состояния системы тождественных частиц, бозоны и фермионы, принцип Паули. Квантовый газ, представления состояния газа числами заполнения, скорости квантовых переходов в газе.

Статистическая физика. Классическая статистика, изображение состояния классической частицы точками фазового пространства, функция распределения, каноническое распределение Гиббса. Распределение Максвелла по импульсам. Квантовая статистика, принцип тождественности в статистике. Изображение квантового состояния ячейкой в фазовом пространстве, объем фазовой ячейки. Плотность квантовых состояний в фазовом пространстве, число состояний с энергией, не превышающей заданное значение, плотность состояний. Газ квантовых частиц, вырожденный и невырожденный газ, критерий вырождения, температура вырождения.

Гипотеза о столкновениях, распределение Бозе-Эйнштейна и распределение Ферми-Дирака, химический потенциал. Вырожденный Бозе-газ, Бозе-газ при малых температурах, Бозе-конденсация. Равновесное тепловое излучение, фотонный газ, квантовые состояния фотона, вероятность нахождения определенного числа фотонов и среднее число фотонов в заданном квантовом состоянии, распределение Планка, внутренняя энергия и давление фотонного газа.

Электронный газ в металле, уровень Ферми, функция распределения электронов по

энергиям, электронный газ при абсолютном нуле температуры, уровень Ферми при нулевой температуре, распределение электронов по энергиям при конечной температуре. Энергетические зоны в кристалле, образование энергетических зон, уровень Ферми электронов в кристалле, проводимость кристаллов (проводники, полупроводники и диэлектрики), собственная проводимость полупроводников, внутренний фотоэффект.

## Основные вопросы для подготовки по курсу “Квантовая механика и статистическая физика”

Гипотеза де-Бройля, волны де-Бройля, длина волны де-Бройля, статистическая интерпретация волн де-Бройля, плотность вероятности и амплитуда вероятности, волновая функция электрона. Принцип неопределенности, соотношения неопределенностей для времени и энергии, координат и импульса.

Понятие квантового состояния, стационарные и нестационарные состояния, волновая функция и вектор состояния, энергия и зависимость от времени волновой функции стационарного состояния. Волновая функция электрона с заданным импульсом.

Принцип суперпозиции, суперпозиция квантовых состояний, линейное пространство векторов состояний.

Изображение наблюдаемых величин линейными операторами, правило соответствия, эрмитовы операторы, средние значения наблюдаемых, операторы проекций координаты и импульса в координатном представлении, гамильтониан, коммутатор двух операторов, правила коммутации для операторов проекций координаты и импульса, условие совместности наблюдаемых.

Гамильтониан, уравнение Шредингера для вектора состояния и волновой функции. Стационарные состояния. Изменение во времени средних значений наблюдаемых. Условие сохранения наблюдаемой.

Гармонический осциллятор. Классический и квантовый осциллятор, гамильтониан. Лестничные операторы, правило коммутации. Правило квантования энергии (без вывода).

Момент импульса в квантовой механике. Неопределенность вектора момента для квантовой частицы. Правило квантования момента импульса. Орбитальный момент импульса, правило квантования орбитального момента. Спин элементарных частиц, квантование спина, частицы Ферми и частицы Бозе.

Атом водорода. Движение электрона в поле центральной силы, сохранение момента импульса в центральном поле, квантование энергии электрона в кулоновском поле. Спектр энергий атома водорода, квантовые числа стационарных состояний атома водорода, вырождение энергетических уровней, кратность вырождения.

Взаимодействие электрона с магнитным полем. Магнитный момент электрона, магнетон Бора, правило квантования орбитального и спинового магнитного момента, оператор взаимодействия магнитного момента электрона с магнитным полем.

Принцип тождественности, симметричные и антисимметричные состояния, бозоны и фермионы, принцип Паули.

Классическая статистика, изображение состояния классической частицы точками фазового пространства, функция распределения, каноническое распределение Гиббса. Квантовая статистика, изображение квантового состояния ячейкой в фазовом пространстве, объем фазовой ячейки, принцип тождественности в статистике, статистика Бозе-Эйнштейна и статистика Ферми-Дирака. Условие классичности статистической системы. Газ квантовых частиц, вырожденный и невырожденный газ, температура вырождения, критерий вырождения. Равновесное тепловое излучение, фотонный газ, распределение Планка. Распределение Бозе-Эйнштейна и распределение Ферми-Дирака, химический потенциал. Электронный газ в металле, уровень Ферми, электронный газ при абсолютном нуле температуры, уровень Ферми при нулевой температуре, распределение электронов по энергиям при конечной температуре.