

## Билеты к экзамену по курсу «Введение в квантовую физику»

### Билет №1

1. Излучение абсолютно черного тела. Спектральная плотность энергии. Формула Планка. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана.
2. Уравнение Шредингера в одномерном случае. Гармонический осциллятор. Решение для волновой функция основного состояния. Энергии стационарных состояний.

### Билет №2

1. Формула Планка. Вывод формулы Планка. Предельные случаи формулы Планка: закон Рэлея-Джинса, закон Вина.
2. Связь между классической и квантовой механикой. Дифференцирование среднего значения наблюдаемой по времени. Теорема Эренфеста.

### Билет №3

1. Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта. Несостоятельность классической теории фотоэффекта. Фотоны. Формула Эйнштейна. Объяснение законов фотоэффекта исходя из формулы Эйнштейна.
2. Туннельный эффект. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Туннелирование через потенциальный барьер произвольной формы. Примеры.

### Билет №4

1. Фотоны. Свойства фотонов. Давление света. Объяснение давления света исходя из представления о фотонах.
2. Магнитный момент частицы. Связь магнитного момента частицы с её моментом импульса. Магнетон Бора. Опыт Штерна и Герлаха.

### Билет №5

1. Фотоны. Свойства фотонов. Эффект Комптона. Комptonовская длина волны. Формула Комптона. Вывод формулы Комптона.
2. Спин электрона. Оператор спина и его свойства. Матрицы Паули. Собственные значения и собственные функции операторов  $\hat{S}_z$  и  $\hat{S}^2$ . Волновая функция частицы со спином  $\frac{1}{2}$ .

### Билет №6

1. Тормозное рентгеновское излучение. Спектр тормозного рентгеновского излучения. Коротковолновая граница тормозного рентгеновского излучения.
2. Частицы со спином  $\frac{1}{2}$  в однородном стационарном магнитном поле. Расщепление уровней энергии в магнитном поле.

### Билет №7

1. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Волна де Бройля. Длина волны де Бройля. Физический смысл волны де Бройля. Фазовая и групповая скорость.
2. Симметрия волновой функции относительно перестановки тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Теорема о связи спина со статистикой. Принцип запрета Паули.

### Билет №8

1. Волна де Бройля в релятивистском и нерелятивистском случаях. Нерелятивистское уравнение для волны де Бройля: уравнение Шредингера.
2. Фермионы. Свойства распределения Ферми-Дирака. Нормировка распределения Ферми-Дирака. Химический потенциал.

### Билет №9

1. Интерференция частиц на двух щелях. Интерференция одиночных частиц. Опыты Тэйлора, Ионссона и Тономура.
2. Бозоны. Свойства распределения Бозе-Эйнштейна. Нормировка распределения Бозе-Эйнштейна. Химический потенциал.

### Билет №10

1. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Использование соотношения неопределенностей для оценки энергии основного состояния атома водорода и гармонического осциллятора.
2. Объем квантового состояния в импульсном пространстве. Плотность состояний нерелятивистской частицы. Газ невзаимодействующих электронов при нулевой температуре. Энергия и импульс Ферми. Температура вырождения.

**Билет №11**

1. Модели атома водорода Резерфорда и Бора. Постулаты Бора, правило квантования Бора. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные серии атома водорода. Изотопический сдвиг.
2. Газ невзаимодействующих нерелятивистских электронов при низкой температуре. Свойства распределения Ферми-Дирака при  $T > 0$ . Теплоемкость электронного газа.

**Билет №12**

1. Векторное пространство физических состояний. Обозначения Дирака, бра и кет векторы. Основные понятия теории представлений. Амплитуда вероятности. Физический смысл амплитуды вероятности. Волновая функция в координатном и импульсном представлении. Переход от одного представления к другому.
2. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна теплоемкости твердого тела.

**Билет №13**

1. Операторы физических величин. Общие свойства операторов: линейность, эрмитовость. Вычисление среднего значения и дисперсии физической величины. Коммутатор операторов одновременно точно измеримых величин. Примеры.
2. Фотонный газ. Плотность состояний фотонов. Вывод формулы Планка из представления об электромагнитном излучении, как о фотонном газе.

**Билет №14**

1. Операторы физических величин. Операторы координаты и импульса. Собственные значения и собственные функции операторов координаты и импульса.
2. Колебания одномерной цепочки атомов. Закон дисперсии и групповая скорость бегущих волн. Первая зона Бриллюэна. Переход от классического описания колебаний к квантовому. Фононы.

**Билет №15**

1. Дифракция электронов на кристаллической решетке. Условие дифракции Вульфа - Брэгга. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона.
2. Туннельный эффект. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Туннелирование через потенциальный барьер произвольной формы. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.

**Билет №16**

1. Операторы физических величин. Оператор момента импульса  $\hat{L}$ . Коммутационные соотношения для операторов  $\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z, \hat{L}^2$ . Собственные значения и собственные функции оператора  $\hat{L}_z$ . Собственные значения оператора  $\hat{L}^2$ .
2. Квантовое описание колебаний кристаллической решетки. Фононы. Свойства фононов. Температура Дебая. Оценка температуры Дебая.

**Билет №17**

1. Принцип неопределенности. Проблема совместных измерений. Общая форма принципа неопределенности. Соотношение Робертсона - Шредингера. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
2. Газ невзаимодействующих нерелятивистских бозонов при низкой температуре. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура конденсации Бозе-Эйнштейна.

**Билет №18**

1. Нестационарное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Зависимость волновых функций стационарных состояний от времени. Нестационарные состояния. Примеры.
2. Теплоемкость кристаллической решетки. Модель Дебая. Формула Дебая. Закон кубов Дебая.

**Билет №19**

1. Плотность потока вероятности. Уравнение непрерывности. Коэффициенты отражения и прохождения. Примеры.
2. Нестационарные состояния. Разложение произвольной волновой функции по собственным функциям гамильтониана. Физический смысл коэффициентов разложения. Зависимость волновых функций нестационарных состояний от времени.

**Билет №20**

1. Уравнение Шредингера в одномерном случае. Частица в прямоугольной яме конечной глубины. Фinitное и инфинитное движение. Осцилляционная теорема.
2. Динамика кристаллической решетки. Закон дисперсии упругих волн для линейных цепочек. Фононы.

**Билет №21**

1. Уравнение Шредингера в одномерном случае. Частица в прямоугольной яме бесконечной глубины. Энергии и волновые функции стационарных состояний. Принцип соответствия.
2. Магнитный момент частицы. Связь магнитного момента частицы с её орбитальным и спиновым моментом импульса. Магнетон Бора. Опыт Штерна и Герлаха.

**Билет №22**

1. Постулаты квантовой механики. Наблюдаемые и операторы. Измерение в квантовой механике. Волновая функция. Физический смысл волновой функции. Средние значения физических величин. Эволюция волновой функции во времени.
2. Туннельный эффект. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Туннелирование через потенциальный барьер произвольной формы.  $\alpha$ -распад ядра.

**Билет №23**

1. Векторное пространство физических состояний. Обозначения Дирака, бра и кет векторы. Основные понятия теории представлений. Амплитуда вероятности. Физический смысл амплитуды вероятности. Волновая функция в координатном и импульсном представлении. Переход от одного представления к другому.
2. Газ невзаимодействующих электронов при нулевой температуре. Функция плотности вероятности распределения электронов по энергии. Средняя энергия электронного газа.

**Билет №24**

1. Операторы физических величин. Общие свойства операторов: линейность, эрмитовость. Свойства собственных функций и собственных значений эрмитовых операторов. Примеры.
2. Радиационные переходы на примере двухуровневой системы. Коэффициенты Эйнштейна. Усиление светового потока при прохождении через среду. Лазеры.