

# Вопросы к ЭКЗАМЕНУ по физике

## Полный список вопросов

1. Характерные особенности теплового излучения. Интегральные и спектральные характеристики теплового излучения и излучающего тела. Сформулировать закон Кирхгофа (G. Kirchhoff). Объяснить, как осуществить эксперимент по исследованию излучения абсолютно черного тела.
2. Вывести связь между испускательной способностью абсолютно черного тела и плотностью энергии теплового излучения.
3. Сформулировать закон Стефана-Больцмана (J. Stefan, L. Boltzmann). Вывести закон Стефана-Больцмана из формулы Планка для равновесного теплового излучения. Изобразить качественный вид спектра теплового излучения. Сформулировать закон смещения Вина и вывести его из формулы Планка для  $r_{\omega,T}^*$ .
4. Сформулировать гипотезу Планка (M. Planck) о дискретности теплового излучения. Вывести формулу Планка для плотности энергии теплового излучения.
5. Описать опыты по исследованию фотоэффекта и сформулировать его основные законы. Записать уравнение Эйнштейна (A. Einstein) для фотоэффекта и объяснить физический смысл входящих в него величин. Сформулировать основные отличия фотонов от других частиц.
6. Описать опыты Комптона (A. Compton) по рассеянию рентгеновских волн на легких атомах. Вывести формулу для угловой зависимости длины волны рассеянного излучения. Сформулировать, какие из наблюдаемых явлений не могут быть объяснены классической физикой.
7. Гипотеза де Бройля (L. de Broglie) о наличии волновых свойств у всех микрочастиц. Математическое описание волны де Бройля, ее фазовая скорость. Вывод формулы для групповой скорости одномерной волны и применение ее для нахождения групповой скорости волны де Бройля.
8. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера (C. Davisson, L. Germer) по дифракции электронов на монокристалле. Опыты Томсона (J.P. Thomson) и П.С. Тартаковского по дифракции электронов на поликристалле. Опыт В.А. Фабриканта по дифракции одиночных электронов.
9. Записать соотношения неопределенностей Гейзенберга (W. Heisenberg) для импульса и координаты, энергии и времени. Объяснить физический смысл

входящих в него величин. Показать, что из соотношений неопределенностей следует существование нулевой энергии у гармонического осциллятора.

**10.** Показать связь гипотезы де Бройля и уравнения Шредингера (E. Schrödinger) для стационарных состояний. Записать общее (временное) уравнение Шредингера.

**11.** Основные постулаты квантовой механики.

**12.** Исходя из статистического смысла волновой функции и общего уравнения Шредингера, получить формулу для плотности потока вероятности. Сформулировать различия волновых функций для финитного и инфинитного движений.

**13.** Используя четвертый постулат квантовой механики, получить соотношения неопределенностей для импульса и координаты.

**14.** Сформулировать квантовомеханическое определение одновременной измеримости двух физических величин. Вывести из этого определения условие, накладываемое на операторы этих физических величин.

**15.** Для случая консервативных сил, не зависящих от времени, получить из общего уравнения Шредингера уравнение для стационарных состояний. Привести граничные условия и условие нормировки волновой функции.

**16.** Сформулировать квантовомеханическую задачу о движении микрочастицы в одномерной потенциальной яме с одной бесконечно высокой стенкой. Найти волновые функции и получить условия наличия в яме хотя бы одного стационарного состояния.

**17.** Сформулировать квантовомеханическую задачу о прохождении частицы через потенциальный барьер. Найти коэффициент прозрачности потенциального барьера. Туннельный эффект.

**18.** Вывести приближенную формулу для коэффициента прозрачности потенциального барьера произвольной формы. Указать, какими явлениями пренебрегают при таком выводе. Описать устройство и принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.

**19.** Сформулировать квантовомеханическую задачу для гармонического осциллятора. Описать основные этапы решения. Указать, на каком этапе возникает квантование энергии. Правила отбора для гармонического осциллятора. Сравнение квантового и классического решений.

**20.** Записать операторные уравнения для проекции момента импульса  $L_z$  и для квадрата момента импульса  $L^2$ . Найти спектр значений  $L_z$ . Перечислить основные этапы решения уравнения для  $L^2$ . Показать, что из условия однозначности и конечности  $\psi$ -функции следует квантование величин  $L_z$  и  $L^2$

- 21.** Записать уравнение Шрёдингера для атома водорода в сферических координатах. Произвести разделение переменных и получить уравнение для радиальной части  $R(r)$  волновой функции. Перечислить основные этапы решения уравнения для  $R(r)$ . Показать, что из решения уравнения для  $R(r)$  и условия конечности волновой функции следует дискретность энергии атома водорода.
- 22.** Вывести соотношение между моментом импульса и магнитным моментом в классическом приближении. Записать соотношение между магнитным моментом и орбитальным моментом в квантовой механике. Описать опыт Штерна и Герлаха (O.Stern und W.Gerlach). Объяснить, почему из его результатов следует существование собственного момента импульса электрона (спина), описываемого полуцелыми квантовыми числами.
- 23.** Сформулировать принцип неразличимости тождественных частиц в квантовой механике. Используя оператор перестановки показать существование симметричные и антисимметричные состояний тождественных микрочастиц. Показать невозможность перехода системы из симметричного в антисимметричное состояние (и наоборот). Сформулировать, с чем связана принадлежность системы к симметричному или антисимметричному состоянию.
- 24.** Сформулировать, что такое фермионы, привести примеры Ферми-частиц. Сформулировать принцип Паули (W.Pauli). Используя формулу Больцмана для энтропии, вывести распределение Ферми-Дирака (E.Fermi, P.Dirac).
- 25.** Сформулировать, что такое бозоны, привести примеры Бозе-частиц. Сформулировать правило заполнения состояний Бозе-частицами. Используя формулу Больцмана для энтропии, вывести распределение Бозе-Эйнштейна (S.Bose, A.Einstein).
- 26.** Для системы невзаимодействующих электронов вывести формулу для плотности состояний  $g(E) = dN/dE$ . Используя полученную формулу записать функцию распределения свободных электронов по энергиям
- 27.** Описать явление термоэлектронной эмиссии. Рассматривая металл как потенциальный ящик конечной глубины заполненный "свободными" электронами, вывести формулу для плотности тока насыщения  $J_s$  термоэлектронной эмиссии.
- 28.** Объяснить возрастание тока термоэлектронной эмиссии во внешнем электрическом поле (эффект Шоттки (W.Schottky)). Вывести зависимость работы выхода из металла  $A_B$  от величины электрического поля.
- 29.** Описать явление "холодной" эмиссии. Рассматривая металл как потенциальный ящик конечной глубины заполненный "свободными" электронами, получить зависимость для плотности тока  $J$  "холодной" эмиссии от напряженности приложенного поля.

- 30.** Сформулировать теорему Блоха (F.Bloch). Модель Кронига-Пени ( R.Kronig, W.Penney.) и ее решение. Показать, что энергетический спектр, полученного решения, представляет собой совокупность зон. Электроны в трехмерном периодическом поле кристалла. Валентная зона и зона проводимости. Характер заполнения зон в металлах, полупроводниках и диэлектриках.
- 31.** Собственная проводимость полупроводников. Носители тока в собственных полупроводниках. Концентрация электронов и дырок в чистых полупроводниках. Температурная зависимость собственной проводимости полупроводников. Уровень Ферми в чистых полупроводниках.
- 32.** Примесная проводимость полупроводников. Концентрация основных и неосновных носителей в полупроводниках  $n$ - и  $p$ - типов. Уровень Ферми примесных полупроводниках  $n$ - и  $p$ - типа. Температурная зависимость проводимости примесного полупроводника (отдельно для  $n$ -типа, отдельно для  $p$ -типа )
- 33.** Эффект Холла(E.Hall)в полупроводниках - суть явления. Вывести выражение для Холловского напряжения для проводника с двумя типами носителей заряда.
- 34.** Описать контактные явления на границе полупроводников  $n$ - и  $p$ - типов. Получить вольтамперную характеристику  $p-n$  перехода и объяснить его выпрямляющие свойства.
- 35.** Качественно описать факторы влияющие на проводимость металлов.