

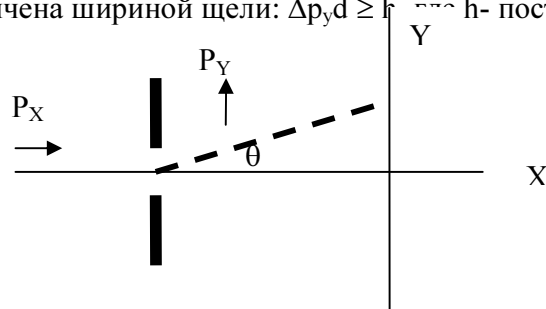
Теоретические вопросы к экзамену

1. Исходя из закона излучения Планка, показать, что мощность излучения абсолютно черного тела в интервале очень длинных волн пропорциональна абсолютной температуре тела.
2. Исходя из закона излучения Планка, и используя закон смещения Вина, показать, что мощность излучения абсолютно черного тела в интервале длин волн, соответствующих максимуму спектральной плотности энергетической светимости пропорциональна пятой степени абсолютной температуры тела.
3. Сформулировать закон смещения Вина. Показать, что этот закон следует из формулы Планка. Выразить постоянную Вина b через фундаментальные константы и найти ее численное значение.
4. Сформулировать закон излучения Стефана. Показать, что этот закон следует из формулы Планка. Выразить постоянную Стефана-Больцмана σ через фундаментальные константы и найти ее численное значение.
5. Показать с помощью формулы Планка, что отношение $\omega_m/T = \text{const}$, где ω_m - частота, соответствующая максимуму спектральной плотности излучения $u(\omega, T)$. Выразить эту постоянную через фундаментальные константы и найти ее численное значение.
6. Сформулируйте закон Кирхгофа. Какие эксперименты привели к открытию этого закона? Дайте вывод этого закона для случая равновесного излучения в полости.
7. Проблема черного излучения заключалась в том, что при некоторых параметрах излучения расхождение между экспериментом и классической теорией было очень велико. В чем конкретно заключалось это расхождение? Какие допущения сделал Планк при решении проблемы черного излучения?
8. Проблема фотоэффекта заключалась в том, что экспериментальные результаты невозможно было объяснить с помощью волновой теории. О каких экспериментальных результатах идет речь? Какие допущения сделал Эйнштейн для объяснения фотоэффекта? Запишите соответствующую формулу Эйнштейна.
9. Проблема фотоэффекта заключалась в том, что экспериментальные результаты невозможно было объяснить с помощью волновой теории. О каких экспериментальных результатах идет речь? Какой вид имеет вольтамперная характеристика вакуумного фотоэлемента? Как изменяется эта характеристика при наличии контактной разности потенциалов?
10. Проблема фотоэффекта заключалась в том, что экспериментальные результаты невозможно было объяснить с помощью волновой теории. О каких экспериментальных результатах идет речь? Как с помощью фотоэффекта экспериментально определить постоянную Планка?
11. В чем заключается эффект Комптона? Дайте вывод формулы, описывающей изменение длины волны при рассеянии света на свободных электронах.
12. В чем заключается эффект Комптона? Опишите эксперименты, которые привели к открытию эффекта Комптона. Постройте качественный график зависимости интенсивности рассеянного комптоновского излучения от длины волны, регистрируемой детектором под некоторым углом к направлению падающего излучения. Как изменится этот график при изменении угла наблюдения?
13. В чем заключается эффект Комптона? Какие гипотезы относительно природы излучения сделал Комптон для объяснения открытого им явления?
14. В чем состоит гипотеза де Бройля о том, что все материальные тела обладают волновыми свойствами? Опишите эксперименты, которые подтвердили волновые свойства частиц, предсказанные де Бройлем.
15. Модель атома Бора. Постулаты Бора. Какие экспериментальные данные позволила объяснить модель Бора? Получите сериальную формулу Бальмера из постулатов Бора.
16. В чем состояла модель атома, которую предложил Резерфорд. Какие эксперименты привели его к этой модели.

17. Одним из доказательств существования спина электрона явился эксперимент Штерна-Герлаха. Опишите этот эксперимент. Можно ли провести этот эксперимент на свободных электронах?
18. Одним из доказательств существования спина электрона явился эксперимент Штерна-Герлаха. Опишите этот эксперимент. На сколько компонент расщепляется пучок в этом эксперименте? От чего это зависит?
19. В чем заключается принцип неопределенности Гейзенберга? Какие эксперименты подтверждают этот принцип? Оцените с помощью этого принципа минимальную энергию, которую может иметь электрон в атоме.
20. В чем заключается принцип неопределенности Гейзенберга? Какие эксперименты подтверждают этот принцип? Оцените с помощью этого принципа энергию связи электрона в основном состоянии атома водорода и соответствующее расстояние электрона от ядра.
21. Волновая функция и ее основные свойства. Физический смысл волновой функции. Принцип суперпозиции. Как с помощью этого принципа можно объяснить интерференционную картину, наблюдающуюся на экране при падении потока электронов на преграду с двумя щелями?
22. Запишите временное уравнение Шредингера в общем виде. Какие решения этого уравнения называются стационарными? Как зависит от времени волновая функция стационарного состояния.
23. Запишите временное уравнение Шредингера в общем виде. Какие решения этого уравнения называются стационарными? Как изменится волновая функция стационарного состояния, если изменить начало отсчета потенциальной энергии на некоторую постоянную величину ΔU ?
24. Запишите временное уравнение Шредингера в общем виде. Найдите решение этого уравнения для свободной частицы, движущейся с импульсом p в положительном направлении оси x .
25. Запишите временное уравнение Шредингера в общем виде. Найдите стационарные решения этого уравнения для частицы массы m в одномерной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками.
26. Рассеяние частиц на низкой прямоугольной потенциальной ступеньке ($E > U$). Получите формулу для коэффициентов отражения и прохождения. Как зависит от x плотность вероятности нахождения частицы в точке x ?
27. В чем состоит явление туннелирования и какие экспериментальные факты его подтверждают? Рассмотрите туннелирование частицы через одномерный потенциальный барьер и запишите качественный вид зависимости от x плотности вероятности волновой функции до барьера, под барьером и за барьером. Как изменится кинетическая энергия частицы, прошедшей барьер?
28. Определить плотность уровней в интервале энергий $(E, E+dE)$ для частицы массы m в одномерной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками.
29. Что такое спиновый магнитный момент электрона? Что такое спин-орбитальное взаимодействие и в чем его причина? Какие экспериментальные факты привели к открытию спина электрона?
30. Что такое орбитальный магнитный момент электрона? Как он связан с орбитальным моментом? Какие экспериментальные факты привели к открытию?
31. Что такое простой эффект Зеемана? Покажите, на примере перехода $D \rightarrow P$, что если не учитывать спин электрона, то каждая спектральная линия при наложении магнитного поля расщепляется на три линии.
32. Какими квантовыми числами характеризуются стационарные состояния атома водорода? Как зависит энергия стационарных состояний от этих квантовых чисел? Как зависят от координат волновые функции этих состояний? Для состояния с волновой функцией
- $$\Psi(r) = \frac{1}{\sqrt{8\pi a^3}} \left(1 - \frac{r}{2a}\right) \exp(-r/2a)$$
- изобразить графически зависимость плотности вероятности от r и определить наиболее вероятное расстояние электрона от ядра. Каким квантовым числом соответствует это состояние.?

33. Сформулируйте принцип запрета Паули? Какие экспериментальные факты привели к его открытию? Объясните как с помощью этого принципа происходит заполнение электронных оболочек.
34. Рассмотрите электронный газ в металле при нулевой температуре. Как происходит заполнение уровней? Дайте определение энергии Ферми, скорости Ферми и температуры Ферми. Выведите формулу, связывающую энергию Ферми с концентрацией электронов в металле
- $$E_F = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3}.$$
35. Рассмотрите электронный газ в металле при нулевой температуре. Как происходит заполнение уровней? Выведите формулу для плотности электронов в интервале энергий ($E, E+dE$).
36. Функция распределения Ферми-Дирака электронов в металле имеет вид
- $$f(\varepsilon) = \left(1 + \exp\left(\frac{\varepsilon - \mu}{k_B T}\right) \right)^{-1}.$$
- Каков физический смысл этой функции? Дайте определения величинам, входящим в это выражение. Нарисуйте зависимость этой функции от энергии при $T=0$ К и при температуре отличной от нуля.
37. Известно, что электронная теплоемкость в металле при комнатных температурах почти в 100 раз ниже классической величины $3R$. Дайте качественное объяснение этому факту. На основе распределения Ферми-Дирака покажите, что электронная теплоемкость пропорциональна температуре.
38. Каков физический смысл химического потенциала? Химически потенциал можно определить как производную от полной энергии электронов по числу частиц: $\mu = \frac{dE_t}{dN}$. Пользуясь этим определением, покажите, что при нулевой температуре химический потенциал равен энергии Ферми.
39. В чем заключается эффект Комптона? Какие гипотезы относительно природы излучения сделал Комптон для объяснения открытого им явления? Объясните следующие особенности этого эффекта: а) необходимость использовать достаточно коротковолновое рентгеновское излучение; б) независимость величины смещения от рода вещества; в) наличие несмещенной компоненты в рассеянном излучении; г) увеличение интенсивности смещенной компоненты рассеянного излучения с уменьшением атомного номера вещества, а также с ростом угла рассеяния; д) уширение обеих компонент рассеянного излучения.
40. На основе зонной теории твердых тел объясните различие между диэлектриками, металлами и полупроводниками. Объясните характер зависимости проводимости от температуры в полупроводниках, диэлектриках и металлах.
41. Каковы функции распределения по энергиям электронов и дырок в полупроводниках. Выведите выражение для концентрации носителей заряда в собственном проводнике.
42. Дайте определение собственного полупроводника. Где расположен уровень Ферми в собственном полупроводнике? Как зависит проводимость от температуры в собственном полупроводнике?
43. В чем заключается эффект Холла? Как с помощью этого эффекта измерить концентрацию носителей и их подвижность?
44. Рассмотрите характер движения электронов и дырок в полупроводнике с током во внешнем магнитном поле и найдите зависимость постоянной Холла от концентрации и подвижности носителей тока.
45. В чем заключается туннельный эффект? От чего зависит его вероятность? Дайте определение коэффициента прохождения D и приближенную формулу его вычисления для случая одномерного потенциального барьера. Какие физические явления вы знаете, в основе которых лежит туннелирование?

46. Сформулируйте принцип запрета Паули? Объясните, как с помощью этого принципа происходит заполнение электронных оболочек. Из ниже перечисленного выберите правильные ответы: а) два электрона не могут одновременно находиться в одной точке пространства; б) два электрона не могут находиться в состоянии с одинаковой энергией; в) два электрона не могут находиться в состоянии, у которого одинаковы все квантовые числа.
47. . Наличие спинового магнитного момента электрона приводит к расщеплению спектральных линий даже в отсутствие внешнего магнитного поля. Объясните, почему это происходит.
48. Проблема черного излучения заключалась в том, что при некоторых параметрах излучения расхождение между экспериментом и классической теорией было очень велико. В чем конкретно заключалось это расхождение? Абсолютно черным телом называется тело, которое: а) поглощает все падающие на него лучи; б) отражает все падающие на него лучи; в) излучает только те лучи, которые поглощает; г) излучает во всем спектральном диапазоне; д) не излучает никаких лучей. Выберите правильные ответы.
49. В чем заключается принцип неопределенности Гейзенберга? Какие эксперименты подтверждают этот принцип? Электрон, проходя через узкую щель шириной d , отклоняется в поперечном направлении на угол θ (см. **Рис.**). Как следует из рисунка, этот угол связан с поперечным импульсом электрона p_y по оси y простым соотношением $\text{tg}\theta = p_y/p_x$, где p_x - импульс электрона по оси x . Таким образом, точность определения поперечного импульса электрона p_y , который он приобрел в момент прохождения щели, определяется только точностью измерения угла θ , и не зависит от ширины щели. Не противоречит ли это принципу неопределенности Гейзенберга, согласно которому точность определения p_y ограничена шириной щели: $\Delta p_y d \geq h$ или h - постоянная Планка.



50. Проводники с примесями. Объясните роль донорных и акцепторных примесей в полупроводнике. В чем различие между полупроводниками n и p типов? Где расположен уровень Ферми в полупроводнике n типа? Как зависит проводимость от температуры в полупроводнике n типа?
51. p-n переход. Формирование обедненного слоя. Оценка электрического поля и падения напряжения в обедненном слое. Принцип действия солнечных элементов.
52. Электронные и дырочные токи генерации и рекомбинации в равновесном p-n переходе. Электронные и дырочные токи генерации и рекомбинации при ненулевом внешнем напряжении на p-n переходе.. Зависимость тока через переход от напряжения. Выпрямляющие свойства p-n перехода.