

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ФИЗИКА АТОМА И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ»

Введение

1. Краткая историческая справка. Модели атома. Опыты Резерфорда. Резерфордовское рассеяние. Значение опытов Резерфорда. Ядерные и оболочечные свойства вещества.

2. Основные термины атомной физики. Атом, молекула, ион. Нуклид. Изотопы. Моль, постоянная Авогадро, атомная единица массы, относительная атомная масса. Массовое число. Электронвольт. Масштабы расстояний, масс, энергий, частот в атомной и ядерной физике. Шкала электромагнитных волн.

3. Классическая, релятивистская и квантовая физика. Основные положения механики Ньютона. Формулы релятивистской механики частицы.

Развитие квантовых представлений

4. Квантовая гипотеза Планка. Формула Планка.

5. Фотоэффект. Кванты света. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.

6. Квантование электромагнитного излучения по Эренфесту и Дебаю. Осцилляторы электромагнитного поля и фотоны. Вывод формулы Планка на основе представлений об осцилляторах электромагнитного поля.

7. Постулаты Бора. Кратность вырождения уровня. Связь комбинационного принцип Ритца и условия частот Бора. Опыты Франка и Герца.

8. Боровская модель круговых орбит для водородоподобного атома. Параметры круговых орбит. Уровни энергии водородоподобного атома. Спектральные серии атома водорода. Учет движения ядра в модели Бора. Оценки энергий связи и размеров орбит для внутренних электронов атомов и для экзотических атомных систем.

9. Нарушение резонанса между поглощением и испусканием света из-за явления «отдачи».

10. Изотопический сдвиг уровней. Представление о разделении изотопов с помощью лазеров.

11. Представление о модели эллиптических орбит Бора-Зоммерфельда.

12. Гипотеза Де-Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Представление об электронографии. Метод Томсона.

13. Связь длины волны и частоты для волн Де-Бройля. Плоская монохроматическая волна Де-Бройля. Волновое уравнение для волн Де-Бройля.

14. Квантовая дифракция. Сосуществование корпускулярных и волновых свойств у микрообъектов. Вероятностная интерпретация волн Де-Бройля. Состояния микрочастиц с определенными и неопределенными значениями физических величин.

Основные положения квантовой механики

15. Ньютонова механика и нерелятивистская квантовая механика частицы. Волновая функция и ее вероятностная интерпретация. Нормировка волновой функции.

16. Собственные состояния и собственные значения физических величин и способ их нахождения с помощью операторов. Оператор координаты. Оператор проекции импульса. Операторы кинетической, потенциальной и полной энергии. Операторы проекций момента импульса.

17. Собственные значения и собственные функции оператора проекции импульса и оператора проекции момента импульса.

18. Принцип суперпозиции в квантовой механике. Вероятностная интерпретация суперпозиционных коэффициентов. Анализ квантового состояния.

19. Основные положения квантовой механики одной частицы.

20. Средние значения физических величин и отклонения от них. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

21. Стационарные и нестационарные состояния. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера.

22. Одномерные задачи квантовой механики. Сопоставление с одномерными задачами в классике. Решение одномерного уравнения Шредингера на участке с постоянным потенциалом.

23. Задача о потенциальной ступеньке в квантовой механике. Поведение волновой функции в точках, где потенциальная энергия терпит разрыв.

24. Прямоугольные потенциальные ямы конечной и бесконечной глубины. Линейный гармонический осциллятор. Потенциал, моделирующий взаимодействие атомов.

25. Три квантовомеханические задачи с потенциальным барьером. Туннельный эффект. Нестационарные состояния электрона в потенциальной яме, разделенной барьером. Понятие о квазидискретных уровнях.

26. Итоги решения набора одномерных квантовых задач. Связь характера спектра энергии с финитностью движения частицы.

27. Эффект Рамзауэра и его качественное объяснение с использованием результатов решения одномерных квантовых задач.

28. Момент импульса в квантовой механике. Состояния с определенным значением квадрата модуля момента импульса и его проекции.

29. Элементарные представления о магнитном моменте. Гиромагнитное отношение. Ларморова частота. Опыты Штерна и Герлаха.

30. Орбитальный и спиновый механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Полный момент. Общая схема сложения механических моментов. Спектроскопические обозначения для моментов. Сложение магнитных моментов. Множитель Ланде.

31. Классический и квантовый подходы в механике системы частиц. Тождественные частицы. Фермионы и бозоны. Стационарные состояния системы из двух частиц в потенциальной яме. Принцип Паули (общая формулировка и формулировка для электронов в атоме).

32. Взаимодействие атома с электромагнитным полем. Спонтанные и вынужденные излучательные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.

33. Интенсивность спектральных линий. Правила отбора.

34. Время жизни возбужденных состояний. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий. Уширение спектральных линий из-за эффекта Доплера и столкновений между атомами.

Строение и свойства атомов и молекул

35. Постановка задачи о движении электронов в атоме. Одноэлектронное приближение как метод решения задачи о многоэлектронном атоме. Экранирование. Эффективная потенциальная энергия.

36. Уравнение Шредингера для электрона в многоэлектронном атоме. Уравнение Шредингера для радиальной функции. Одноэлектронные состояния в сферически-симметричном поле.

37. Квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме. Вырождение одноэлектронных уровней по направлениям момента импульса.

38. Спин-орбиталь, орбиталь, подболочка, слой. Применение принципа Паули к электронам в атоме. Числа заполнения подболочек и слоев. Смысл термина «электронная конфигурация».

39. Стационарные состояния электрона в водородоподобном атоме (нерелятивистское приближение). Точное решение уравнения Шредингера для электрона в кулоновском поле. Специфическое кулоновское вырождение уровней. Радиальное распределение электронной плотности.

40. Общий характер зависимости энергии одноэлектронных уровней в многоэлектронном атоме от квантовых чисел n и l . Роль экранирования.

41. Последовательность заполнения подоболочек и слоев в периодической системе Менделеева. Правило Клечковского. Электронные конфигурации основных состояний атомов.

42. Точные и приближенные характеристики состояний электронной оболочки атома в целом. Моменты L , S и J . Четность состояния. Иерархия взаимодействий в электронной оболочке атома. Влияние величин S и L , на энергию атома. Причина влияния полного спина на энергию (обменное взаимодействие).

43. Спин-орбитальное взаимодействие. Векторная модель атома. Типы связи. Термы и их мультиплетная структура. Расположение нижних уровней атома углерода.

44. Замкнутые и дополнительные подоболочки. Правила Хунда. Нахождение электронной конфигурации и чисел L , S , J для основного состояния любого атома.

45. Атом водорода. Волновые функции, уровни энергии в нерелятивистском приближении. Учет релятивистских поправок. Формула Дирака. Лэмбовский сдвиг уровней. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий.

46. Атом гелия. Уровни энергии и спектр. Влияние полного спина S электронной оболочки на энергию атома (обменное взаимодействие).

47. Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов.

48. Рентгеновские состояния атомов. Рентгеновские уровни и характеристические спектры. Закон Мозли. Эффект Оже. Сплошной рентгеновский спектр и рентгеновский спектр поглощения.

49. Атом в магнитном поле. Расщепление уровней энергии в слабом и сильном полях. Магнитный резонанс. Два метода его наблюдения.

50. Атом в магнитном поле. Расщепление спектральных линий в слабом и сильном магнитных полях. Простой и сложный эффект Зеемана.

51. Виды движения в молекуле. Разделение энергии молекулы на электронную, колебательную и вращательную. Физические основы образования химических связей атомов.

52. Электронные, колебательные и вращательные уровни энергии и спектры двухатомной молекулы.

Квантовые свойства твердых тел и наноструктур

53. Кристаллическая структура. Типы связей в кристаллах. Колебания решетки. Фононы.

54. Основные представления зонной теории. Проводники, диэлектрики и полупроводники.

55. Сверхпроводимость. Магнитные свойства твердых тел.
56. Квантово-размерные эффекты. 1D, 2D и 3D квантовые системы.
57. Основные электрофизические и оптические свойства наноструктур и возможности их использования в современных технологиях.