

Квантовая механика

Список вопросов

1. Эксперименты, лежащие в основе квантовой механики: Излучение абсолютно черного тела, опыты Франка-Герца, Штерна-Герлаха, Комптона, Девиссона-Джермера.
2. Дуализм волна-частица. Волны де Бройля.
3. Мысленные опыты: измерение координаты с помощью щели, измерение импульса по рассеянию рентгеновских лучей.
4. Гильбертово пространство. Реализации Гильбертова пространства.
5. Операторы в Гильбертовом пространстве. Бинарные операции в множестве операторов.
6. Самосопряженные операторы и их свойства. Примеры самосопряженных операторов. Унитарные преобразования. Преобразование подобия.
7. Собственные функции и собственные числа операторов. Свойства собственных функций и собственных чисел самосопряженных операторов.
8. Дельта-функция Дирака. Свойства Дельта-функции.
9. Спектр самосопряженного оператора. Разложение функций по спектру самосопряженного оператора. Спектральное разложение операторов.
10. Спектры операторов конкретного вида. Оператор координаты. Оператор умножения на независимую переменную. Оператор дифференцирования.
11. Матрицы операторов.
12. Собственные вектора коммутирующих операторов. Функции от операторов.
13. Операторы физических величин. Классические и квантовые Скобки Пуассона. Коммутаторы.
14. Операторы координаты и импульса. Скобка Пуассона операторов координаты и импульса.
15. Физические величины как функции операторов координаты и импульса. Классическая функция Гамильтона. Оператор Гамильтона. Оператор Гамильтона для частицы в электромагнитном поле.
16. Волновая функция. Вероятностное толкование процесса измерения. Среднее значение физической величины. Плотность вероятности.
17. Состояние, в котором одна или несколько физических величин имеют определенное значение.
18. Чистые и смешанные состояния. Статистический оператор и его свойства. Статистический оператор чистого состояния.
19. Матрица плотности и ее свойства.
20. Вывод соотношения неопределенности общего вида. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
21. Развитие во времени средних значений физических величин. Уравнение Эренфеста. Теорема Эренфеста.
22. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
23. Развитие во времени смешанного состояния. Уравнение Лиувилля

24. Основные положения теории представлений.
25. Координатное и импульсное представления. Примеры операторов в импульсном представлении.
26. Оператор эволюции. Временное уравнение для оператора эволюции.
27. Представление Гейзенберга. Уравнение Гейзенберга.
28. Уравнение неразрывности. Плотность вероятности и ток плотности вероятности.
29. Свободная частица. Волновой пакет.
30. Минимизирующий волновой пакет.
31. Расплывание волнового пакета.
32. Основные свойства решений одномерного стационарного уравнения Шредингера для частицы в поле. Дискретный и сплошной спектры. Число узлов волновой функции связанного состояния.
33. Свойства симметрии решений одномерного уравнения Шредингера с четным потенциалом.
34. Прямоугольная потенциальная яма. Связанные состояния.
35. Прямоугольная потенциальная яма. Сплошной спектр.
36. Прямоугольный потенциальный барьер.
37. Частица в периодическом поле. Трансляционная симметрия. Теорема Блоха. Вырождение уровней энергии. Нормировка блоховских функций.
38. Частица в периодическом поле. Спектр оператора Гамильтона. Периодически повторяющиеся потенциальные барьеры.
39. Частица в периодическом поле. Гребенка Дирака. Зонная структура. Разрешенные и запрещенные зоны.
40. Гармонический осциллятор. Энергетический спектр. Волновые функции.
41. Гармонический осциллятор. Среднее значение координаты и импульса. Соотношение неопределенности.
42. Определение и свойства оператора углового момента.
43. Орбитальный угловой момент.
44. Связь оператора орбитального момента с оператором магнитного момента.
45. Спиновый угловой момент. Свойства матриц Паули.
46. Спиновые функции. Связь спина электрона с внутренним магнитным моментом
47. Сложение моментов.
48. Бесспиновая частица в центральном поле.
49. Радиальное уравнение Шредингера. Асимптотики решений.
50. Водородоподобный атом. Уровни энергии дискретного спектра.
51. Радиальные волновые функции водородоподобного атома. Вырождение уровней энергии.
52. Водородоподобный атом. Сплошной спектр.
53. Уравнение Дирака для свободной частицы.
54. Свойства матриц Дирака.
55. Уравнение неразрывности для уравнения Дирака.

56. Оператор спина и полный оператор углового момента свободной частицы как интеграл движения для уравнения Дирака.
57. Стационарные состояния уравнения Дирака свободной частицы. Интерпретация решений уравнения Дирака для свободной частицы.
58. Волновые функции Дирака свободной частицы.
59. Введение электромагнитного поля в уравнение Дирака. Зарядовое сопряжение.
60. Релятивистская частица в центральном поле. Релятивистский оператор \hat{k} . Шаровые спиноры.
61. Релятивистские волновые функции центрального поля. Радиальное уравнение Дирака.
62. Асимптотики решений радиального уравнения Дирака в центральном поле при малых и больших значениях радиуса.
63. Дискретный спектр энергий оператора Дирака для частицы в кулоновском поле.
64. Волновые функции Дирака для частицы в кулоновском поле.
65. Нерелятивистский предел уравнения Дирака.
66. Двухкомпонентное уравнение Брейта-Паули. Релятивистские поправки. Спин-орбитальное взаимодействие.
67. Некоторые успехи и трудности теории Дирака.
68. Невырожденная стационарная теория возмущений. Выражения для поправок к энергии и волновой функции.
69. Спектральные разложения поправок к невозмущенной волновой функции и энергии.
70. Невырожденная стационарная теория возмущений. Основные следствия и выводы.
71. Вырожденная теория возмущений. Модельное пространство. Правильные функции нулевого порядка.
72. 1-ый порядок вырожденной теории возмущений
73. Квазивырожденная теория возмущений. Первый порядок теория возмущений в частном случае двумерного модельного пространства.
74. Эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка для невырожденного уровня.
75. Линейный эффект Штарка для вырожденного уровня.
76. Нормальный эффект Зеемана для бесспиновой частицы.
77. Эффект Пашена-Бака для частицы со спином.
78. Аномальный эффект Зеемана для частицы со спином.
79. Вариационный принцип Релея-Ритца.
80. Линейный вариационный принцип Ритца.
81. Пример использования вариационного принципа Релея-Ритца. Водородоподобный атом. Теорема вириала.
82. Гамильтониан многочастичной системы Волновая функция многочастичной системы.
83. Система невзаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц. Полная волновая функция и полная энергия системы. Одноэлектронные энергии и одноэлектронные волновые функции.
84. Система двух взаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц. Атом водорода с учетом движения ядра.

85. Адиабатическое приближение.
86. Гамильтониан тождественных частиц. Операторы перестановки координат. Принцип Паули. Бозоны и фермионы.
87. Система невзаимодействующих тождественных частиц. Полные волновые функции бозонов и фермионов. Принцип Паули.
88. Одноэлектронное приближение. Одноэлектронные и полная энергии. Принцип Паули в одноэлектронном приближении.
89. Метод Хартри.
90. Метод Хартри для центрального поля. Экранирующий потенциал.
91. Метод Хартри-Фока. Оператор обменного взаимодействия.
92. Стационарные волновые функции сплошного спектра.
93. Определение функции Грина. Интегральное уравнение. Спектральное разложение функции Грина.
94. Функция Грина свободной частицы.
95. Интегральное уравнение задачи рассеяния (уравнение Липпмана-Швингера).
96. Волновой пакет свободной частицы.
97. Временная постановка задачи рассеяния. Рассеяние волнового пакета.
98. Интерпретация решения временной задачи рассеяния и ее связь со стационарной задачей.
99. Сечение рассеяния.
100. Приближение Борна. Амплитуда рассеяния в первом Борновском приближении.
101. Рассеяние на экранированном кулоновском потенциале в приближении Борна. Формула Резерфорда.
102. Метод парциальных волн в теории рассеяния. Асимптотика волновой функция. Фазовые сдвиги.
103. Амплитуда рассеяния и сечение рассеяния в методе парциальных волн.