

Квантовая механика. 2018 г.

Список вопросов

1. Основные эксперименты, лежащие в основе квантовой механики.
2. Гильбертово пространство. Реализации Гильбертова пространства.
3. Операторы в Гильбертовом пространстве. Ограниченные операторы. Бинарные операции в множестве операторов.
4. Эрмитово сопряженный оператор. Самосопряженные операторы и их свойства. Примеры самосопряженных операторов. Унитарные преобразования. Преобразование подобия.
5. Собственные функции и собственные числа операторов. Свойства собственных функций и собственных чисел самосопряженных операторов.
6. Дельта-функция Дирака. Свойства Дельта-функции.
7. Спектр самосопряженного оператора. Разложение функций по спектру самосопряженного оператора. Спектральное разложение операторов.
8. Операторы координаты и импульса. Качественный вид спектров операторов координаты, импульса, кинетической энергии и гамильтонианов для потенциальной ямы, осциллятора и одномерной периодической решетки.
9. Собственные вектора коммутирующих операторов. Функции от операторов.
10. Матрицы операторов. Преобразование матрицы оператора при переходе к другому базису.
11. Операторы физических величин. Классические и квантовые Скобки Пуассона. Коммутаторы. Квантовая скобка Пуассона операторов координаты и импульса.
12. Физические величины как функции операторов координаты и импульса. Классическая функция Гамильтона. Оператор Гамильтона. Оператор Гамильтона для частицы в электромагнитном поле.
13. Волновая функция. Вероятностное толкование процесса измерения. Среднее значение физической величины. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение. Плотность вероятности.
14. Состояние, в котором одна или несколько физических величин имеют определенное значение. Коммутирующие операторы физических величин.
15. Чистые и смешанные состояния. Статистический оператор и его свойства. Статистический оператор чистого состояния.
16. Матрица плотности и ее свойства. Матрица плотности в координатном представлении.
17. Матрица плотности и статистический оператор подсистемы большой квантовой системы.
18. Вывод соотношения неопределенности общего вида. Соотношение неопределенности Гейзенберга для координаты и импульса.
19. Временное уравнение Шредингера как результат использования уравнения Эренфеста для средних значений физических величин. Стационарные состояния. Стационарное уравнение Шредингера.
20. Развитие во времени смешанного состояния. Уравнение Лиувилля
21. Уравнение неразрывности. Плотность вероятности и плотность тока вероятности.
22. Представление Гейзенберга. Уравнение Гейзенберга.

23. Основные положения теории представлений.
24. Координатное и импульсное представления. Примеры операторов в импульсном представлении.
25. Свободная частица. Движение волнового пакета. Групповая скорость.
26. Минимизирующий волновой пакет.
27. Свободная частица. Расплывание волнового пакета.
28. Основные свойства решений одномерного стационарного уравнения Шредингера для частицы в поле. Дискретный и сплошной спектры. Число узлов волновой функции связанного состояния.
29. Свойства симметрии решений одномерного уравнения Шредингера с четным потенциалом.
30. Прямоугольная потенциальная яма. Связанные состояния. Четные и нечетные решения.
31. Прямоугольная потенциальная яма. Сплошной спектр. Коэффициенты отражения и прохождения.
32. Прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект. Надбарьерное отражение.
33. Частица в периодическом поле. Трансляционная симметрия. Теорема Блоха. Нормировка блоховских функций. Зонная структура. Разрешенные и запрещенные зоны.
34. Частица в периодическом поле. Зонная структура гребенки Дирака.
35. Гармонический осциллятор. Энергетический спектр. Волновые функции.
36. Гармонический осциллятор. Среднее значение координаты и импульса. Соотношение неопределенности.
37. Определение и свойства оператора углового момента.
38. Орбитальный угловой момент.
39. Связь оператора орбитального момента с оператором магнитного момента.
40. Спиновый угловой момент. Свойства матриц Паули.
41. Спиновые функции. Связь спина электрона с внутренним магнитным моментом
42. Сложение моментов.
43. Бесспиновая частица в центральном поле.
44. Радиальное уравнение Шредингера. Асимптотики решений.
45. Водородоподобный атом. Уровни энергии дискретного спектра.
46. Радиальные волновые функции водородоподобного атома. Вырождение уровней энергии.
47. Уравнение Дирака для свободной частицы.
48. Свойства матриц Дирака.
49. Уравнение неразрывности для уравнения Дирака.
50. Оператор спина и полный оператор углового момента свободной частицы как интеграл движения для уравнения Дирака.
51. Стационарные состояния уравнения Дирака свободной частицы. Интерпретация решений уравнения Дирака для свободной частицы.
52. Введение электромагнитного поля в уравнение Дирака. Зарядовое сопряжение.
53. Релятивистская частица в центральном поле. Релятивистский оператор \hat{k} . Шаровые спиноры.

54. Релятивистские волновые функции центрального поля. Радиальное уравнение Дирака.
55. Асимптотики решений радиального уравнения Дирака в центральном поле при малых и больших значениях радиуса.
56. Дискретный спектр энергий оператора Дирака для частицы в кулоновском поле.
57. Нерелятивистский предел уравнения Дирака.
58. Двухкомпонентное уравнение Брейта-Паули. Релятивистские поправки. Спин-орбитальное взаимодействие.
59. Некоторые успехи и трудности теории Дирака.
60. Невырожденная стационарная теория возмущений. Выражения для поправок к энергии и волновой функции.
61. Спектральные разложения поправок к невозмущенной волновой функции и энергии.
62. Невырожденная стационарная теория возмущений. Основные следствия и выводы.
63. Вырожденная теория возмущений. Модельное пространство. Правильные функции нулевого порядка.
64. 1-ый порядок вырожденной теории возмущений
65. Квазивырожденная теория возмущений. Первый порядок теория возмущений в частном случае двумерного модельного пространства.
66. Эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка для невырожденного уровня.
67. Линейный эффект Штарка для вырожденного уровня.
68. Нормальный эффект Зеемана для бесспиновой частицы.
69. Эффект Пашена-Бака для частицы со спином.
70. Аномальный эффект Зеемана для частицы со спином.
71. Вариационный принцип Релея-Ритца.
72. Линейный вариационный принцип Ритца.
73. Пример использования вариационного принципа Релея-Ритца. Водородоподобный атом. Теорема вириала.
74. Нестационарная теория возмущений. Первый порядок.
75. Амплитуды и вероятности переходов.
76. Мгновенное включение постоянного во времени возмущения.
77. Возмущение периодически зависящее от времени (гармоническое возмущение)
78. Взаимодействие с классическим электромагнитным полем. Вынужденные и спонтанные переходы.
79. Дипольное приближение. E1 - переходы Правила отбора.
80. Гамильтониан многочастичной системы Волновая функция многочастичной системы.
81. Система невзаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц. Полная волновая функция и полная энергия системы. Одноэлектронные энергии и одноэлектронные волновые функции.
82. Система двух взаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц. Атом водорода с учетом движения ядра.
83. Адиабатическое приближение.

84. Гамильтониан тождественных частиц. Операторы перестановки координат. Принцип Паули. Бозоны и фермионы.
85. Система невзаимодействующих тождественных частиц. Полные волновые функции бозонов и фермионов. Принцип Паули для системы невзаимодействующих тождественных частиц.
86. Одноэлектронное приближение. Одноэлектронные и полная энергии. Принцип Паули в одноэлектронном приближении.
87. Метод Хартри.
88. Метод Хартри-Фока. Оператор обменного взаимодействия.
89. Стационарные волновые функции сплошного спектра.
90. Определение функции Грина. Интегральное уравнение. Спектральное разложение функции Грина.
91. Функция Грина свободной частицы.
92. Интегральное уравнение задачи рассеяния (уравнение Липпмана-Швингера).
93. Волновой пакет свободной частицы.
94. Временная постановка задачи рассеяния. Рассеяние волнового пакета.
95. Интерпретация решения временной задачи рассеяния и ее связь со стационарной задачей.
96. Дифференциальное и полное сечения рассеяния. Определение и физический смысл.