

Квантовая механика

Список вопросов (2023-2024)

Часть I (до коллоквиума)

1. Гильбертово пространство. Подпространство. Ортогональные подпространства. Ортогональное дополнение.
2. Примеры гильбертова пространства.
3. Операторы в гильбертовом пространстве. Примеры операторов.
4. Соотношения между операторами. Равенство операторов. Сумма и произведение операторов. Коммутатор. Обратный оператор.
5. Свойства операторов. Ограниченный оператор. Линейный оператор. Эрмитовски сопряжённый оператор. Самосопряжённый оператор. Собственная функция и собственное значение оператора. Вырожденные собственные значения.
6. Свойства самосопряжённого оператора. Три вида спектров самосопряжённого оператора.
7. Примеры самосопряжённых (эрмитовских) операторов. Проектор, оператор инверсии, оператор перестановок, оператор импульса, оператор координаты.
8. Дельта-функция. Дельтообразные последовательности.
9. Свойства дельта-функции.
10. Собственные функции операторов с непрерывным спектром: оператора импульса и координаты.
11. Унитарные операторы. Преобразование подобия.
12. Разложение по собственным функциям самосопряжённого оператора с дискретным спектром.
13. Разложение по собственным функциям самосопряжённого оператора с непрерывным спектром. Разложение по собственным функциям оператора импульса. Разложение по собственным функциям оператора координаты.
14. Разложение по собственным функциям самосопряжённого оператора с дискретным и непрерывным спектром.

15. Оператор координаты и импульса в импульсном представлении.
16. Функция от оператора.
17. Две теоремы о коммутирующих операторах.
18. Интегральный оператор в импульсном представлении.
19. Операторы в квантовой механике и физические величины.
20. Волновая функция. Определение 1: определяется плотность вероятности и вероятность.
21. Волновая функция. Определение 2: определяется среднее значение физической величины.
22. Измеримость физической величины. Дисперсия.
23. Редукция волнового пакета.
24. Бра- и кет-вектора. Представление единичного оператора через бра- и кет-векторы.
25. Оператор импульса. Связь оператора импульса с оператором трансляции.
26. Оператор импульса. Квантовые скобки Пуассона.
27. Одновременная измеримость физических величин. Соотношение неопределённости.
28. Уравнение Шрёдингера. Производная по времени от оператора.
29. Оператор эволюции.
30. Стационарные состояния.
31. Уравнение неразрывности.
32. Примеры гамильтонианов. Свободная частица. Одномерный и трёхмерный случай (декартовые и сферические координаты).
33. Представление Гейзенберга.
34. Уравнения Эренфеста.
35. Минимизирующий волновой пакет.

36. Эволюция во времени минимизирующего волнового пакета.
37. Полный набор квантовых чисел. Физический смысл скалярного произведения волновых функций
38. Матричное представление операторов.
39. Одномерное движение. Ограниченность оператора Гамильтона. Невырожденность дискретных уровней энергии. Осцилляционная теорема.
40. Качественный анализ спектра гамильтониана.
41. Симметрия (чётность) решений стационарного уравнения Шрёдингера.
42. Непрерывность волновой функции и её первой производной. Дельта-образный потенциал.
43. Потенциальная яма. Дискретные уровни энергии.
44. Прямоугольная потенциальная яма. Непрерывный спектр. Коэффициенты прохождения и отражения.
45. Прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты прохождения и отражения. Туннельный эффект.
46. Импульсное представление уравнения Шрёдингера.
47. Теорема вириала.

Часть II (после коллоквиума)

48. Гармонический осциллятор. Спектр энергии.
49. Гармонический осциллятор. Собственные функции.
50. Оператор орбитального момента. Коммутационные соотношения.
51. Операторы сдвига и поворота. Инверсия для оператора импульса и орбитального момента.
52. Оператор орбитального момента в сферических координатах. Сферические функции.

53. Оператор момента. Спектр операторов квадрата момента (\hat{j}^2) и его проекции на ось z (\hat{j}_z).
54. Орбитальный момент $l=1$.
55. Вектора. Спин $s=1$.
56. Явный вид оператора спина ($s=1$).
57. Спиноры. Матрицы Паули. Спин $s=1/2$.
58. Сложение моментов ($1/2+1/2$).
59. Сложение моментов (j_1+j_2).
60. Шаровые спиноры.
61. Шаровые векторы.
62. Движение в центральном поле (нерелятивистская теория). Асимптотика при $r \rightarrow 0$. Асимптотика при $r \rightarrow \infty$.
63. Движение в кулоновском поле (нерелятивистская теория). Дискретный спектр.
64. $1s$ -электрон. Энергия. Волновая функция (координатное и импульсное представления). Средние значения операторов координаты и импульса.
65. Движение в кулоновском поле (нерелятивистская теория). Непрерывный спектр: волновая функция электрона с определённой энергией и орбитальным моментом ($\psi_{Elm\mu}$).
66. Свободная частица как частица в центральном поле.
67. Движение в кулоновском поле (нерелятивистская теория). Непрерывный спектр: волновая функция электрона с определённым импульсом на бесконечности ($\psi_{\vec{p}\mu}^{(\pm)}$).
68. Частица в сферически-симметричной яме.
69. Уравнение Дирака для свободной частицы.
70. Спектр и стационарные состояния уравнения Дирака для свободного электрона.
71. Полный угловой момент электрона.
72. Нерелятивистский предел уравнения Дирака. Уравнение Паули.

73. Нерелятивистский предел уравнения Дирака. Релятивистские поправки.
74. Стационарная теория возмущений.
75. Квазивырожденная стационарная теория возмущений.
76. Низший порядок теории возмущений для случая двух квазивырожденных уровней.
77. Эффект Зеемана. Бесспиновая частица.
78. Аномальный эффект Зеемана.
79. Эффект Пашена-Бака.
80. Эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка.
81. Линейный эффект Штарка.
82. Теория нестационарных возмущений.
83. Квантовые переходы под действием гармонического во времени возмущения.
84. Квантовые переходы под влиянием возмущения, действующего в течение конечного времени.
85. Спин в магнитном поле.
86. Рассеяние микрочастиц. Сечение рассеяния.
87. Функция Грина и интегральная форма уравнения Шрёдингера.
88. Формула Борна.
89. Рассеяние заряженных частиц на экранированном кулоновском потенциале (потенциале Юкавы).
90. Рассеяние заряженных частиц атомами.
91. Система тождественных частиц. Принцип Паули.
92. Одночастичное приближение. Принцип Паули.
93. Матрица плотности.

94. Свойства матрицы плотности. Статистический оператор.
95. Примеры чистых и смешанных состояний частицы со спином $s=1/2$.
96. Квантовое уравнение Лиувилля.
97. Матрица плотности подсистемы.
98. Адиабатическое приближение (приближение Борна-Оппенгеймера).
99. Система двух электронов. Синглетные и триплетные состояния.
100. Молекула водорода. Ковалентная связь. Подход Гайтлера-Лондона.
101. Детерминант Слэтера. Матричные элементы одно- и двухчастичных операторов.
102. Вариационный принцип.
103. Уравнение Хартри-Фока. Волновая функция многоэлектронной системы в приближении Хартри-Фока.
104. Теорема Купманса.
105. Теорема Хоэнберга-Кона.
106. Уравнение Кона-Шэма. Функция плотности основного состояния в методе функционала плотности.