

## Квантовая механика

### Список вопросов

1. Гильбертово пространство. Реализации Гильбертова пространства.
2. Операторы в Гильбертовом пространстве. Бинарные операции в множестве операторов.
3. Самосопряженные операторы и их свойства. Примеры самосопряженных операторов. Унитарные преобразования. Преобразование подобия.
4. Собственные функции и собственные числа операторов. Свойства собственных функций и собственных чисел самосопряженных операторов.
5. Дельта-функция Дирака. Свойства Дельта-функции.
6. Спектр самосопряженного оператора. Разложение функций по спектру, самосопряженного оператора. Спектральное разложение операторов.
7. Спектры операторов конкретного вида. Оператор координаты. Оператор умножения на независимую переменную. Оператор дифференцирования.
8. Матрицы операторов.
9. Собственные вектора коммутирующих операторов. Функции от операторов.
10. Операторы физических величин. Классические и квантовые Скобки Пуассона. Коммутаторы.
11. Операторы координаты и импульса. 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. Плотность вероятности.
14. Состояние, в котором одна или несколько физических величин имеют определенное значение.
15. Чистые и смешанные состояния. Статистический оператор и его свойства. Статистический оператор чистого состояния.
16. Матрица плотности и ее свойства.
17. Вывод соотношения неопределенности общего вида. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
18. Развитие во времени средних значений физических величин. Уравнение Эренфеста. Теорема Эренфеста.
19. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
20. Развитие во времени смешанного состояния. Уравнение Лиувилля
21. Основные положения теории представлений.
22. Координатное и импульсное представления. Примеры операторов в импульсном представлении.
23. Оператор эволюции. Временное уравнение для оператора эволюции.

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

54. Стационарные состояния уравнения Дирака свободной частицы. Интерпретация решений уравнения Дирака для свободной частицы.
55. Релятивистская частица в центральном поле. Релятивистский оператор  $\hat{k}$ . Шаровые спиноры.
56. Релятивистские волновые функции центрального поля. Радиальное уравнение Дирака.
57. Асимптотики решений радиального уравнения Дирака в центральном поле при малых и больших значениях радиуса.
58. Дискретный спектр энергий оператора Дирака для частицы в кулоновском поле.
59. Волновые функции Дирака для частицы в кулоновском поле.
60. Нерелятивистский предел уравнения Дирака.
61. Двухкомпонентное уравнение Брейта-Паули. Релятивистские поправки. Спин-орбитальное взаимодействие.
62. Некоторые успехи и трудности теории Дирака.
63. Невырожденная стационарная теория возмущений. Постановка задачи. Ряды теории возмущений для энергии и волновых функций.
64. Выражения для поправок к энергии и волновой функции в стационарной невырожденной теории возмущений.
65. Спектральные разложения поправок к невозмущенной волновой функции и энергии.
66. Невырожденная стационарная теория возмущений. Основные следствия и выводы.
67. Вырожденная теория возмущений. Модельное пространство. Правильные функции нулевого порядка.
68. 1-ый порядок вырожденной теории возмущений
69. Квазивырожденная теория возмущений. Первый порядок теории возмущений в частном случае двумерного модельного пространства.
70. Эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка для невырожденного уровня.
71. Линейный эффект Штарка для вырожденного уровня.
72. Нормальный эффект Зеемана для бесспиновой частицы.
73. Эффект Пашена-Бака для частицы со спином.
74. Аномальный эффект Зеемана для частицы со спином. g-фактор Ланде.
75. Эффект Зеемана в атоме натрия.
76. Вариационный принцип Релея-Ритца.
77. Линейный вариационный принцип Ритца.
78. Пример использования вариационного принципа Релея-Ритца для водородоподобного атома. Теорема вириала.
79. Нестационарная теория возмущений. 1-ый и 2-ой порядки теории возмущений.
80. Амплитуды и вероятности переходов. Вероятность переходов в 1-ом порядке теории возмущений.
81. Мгновенное включение постоянного во времени возмущения. Соотношение неопределенности энергия-время.
82. Возмущение периодически зависящее от времени (гармоническое возмущение).

83. Гамильтониан квантовой системы в классическом электромагнитном поле. Энергия электромагнитного поля.
84. Вероятность радиационных переходов в единицу времени. Поглощение и индуцированное и спонтанное излучение
85. Гамильтониан и волновая функция многочастичной системы. Пример гамильтониана электрон-ядерной системы.
86. Система невзаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц во внешнем поле. Полная волновая функция и полная энергия системы. Одноэлектронные энергии и одноэлектронные волновые функции.
87. Система двух взаимодействующих различных (неэквивалентных) частиц. Атом водорода с учетом движения ядра.
88. Адиабатическое приближение.
89. Гамильтониан тождественных частиц. Операторы перестановки координат. Принцип Паули. Бозоны и фермионы.
90. Система невзаимодействующих тождественных частиц. Полные волновые функции бозонов и фермионов. Детерминанты Слетера.
91. Одноэлектронное приближение. Одноэлектронные и полная энергии. Принцип Паули в одноэлектронном приближении.