

**ПРОГРАММА и ЛЕКЦИОННЫЙ ПЛАН КУРСА**  
**”КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ”**  
для 2-ого потока в 2007 г.

[http:// hep.itpm.msu.su](http://hep.itpm.msu.su)

1. Необходимость пересмотра кинематических постулатов классической механики. Комбинационный принцип. Матричная механика Гейзенберга.
2. Динамическая схема квантовой механики. Ур-ния Гейзенберга. Симметрии и интегралы движения. Принцип соответствия. Каноническое квантование.
3. Спектр и средние значения физических величин в квантовой механике (на примере опытов типа Штерна-Герлаха). Наблюдаемые с чисто дискретным невырожденным спектром и чистые состояния физической системы.
4. Вероятностная интерпретация результатов измерения некоммутирующих величин. Соотношение неопределенностей. ”Парадоксы” измерений несовместимых в смысле одновременного измерения величин (типа ЭПР).
5. Пространство чистых состояний как гильбертово пространство. Принцип суперпозиции чистых состояний, его обоснование. Унитарные преобразования и теория представлений.
6. Наблюдаемые как эрмитовы операторы в гильбертовом пр-ве. Полный набор наблюдаемых. Спектральное разложение эрмитовых операторов. Квантовомеханическая интерпретация непрерывного спектра.
7. Координатное и импульсное представления. Волновая функция, ее вероятностная интерпретация.
8. Эволюция квантовой системы во времени. Представления Гейзенберга и Шредингера, их эквивалентность при наличии явной зависимости гамильтониана от времени. Общий вид оператора эволюции, его унитарность.
9. Стационарные состояния, их основные свойства, эволюция во времени. Асимптотический предел эволюции во времени состояний непрерывного спектра.
10. Матрицы плотности и смешанные состояния. Основные свойства матриц плотности. Средние значения физических величин в смешанном состоянии. Соотношение неопределенностей для некоммутирующих величин в смешанном состоянии.
11. Матрицы плотности подсистем. ЭПР- ”парадоксы” измерений некоммутирующих величин в подсистемах, их объяснение.
12. Общие свойства стационарного ур-ния Шредингера для частицы в потенциальном поле. Вариационный принцип.
13. Квантовая механика частицы в одном пространственном измерении (особенности дискретного спектра, прохождение через потенциальный барьер).
14. Периодический потенциал. Теорема Флоке, функции Блоха, квазиимпульс. Зонная структура энергетического спектра.
15. Квазиклассическое приближение в квантовой механике, область применимости. Квазиклассические волновые функции, их продолжение через точки поворота. Отражение от вертикальной потенциальной стенки.

16. Туннельный эффект в ВКБ-приближении. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Квазиклассическая оценка на число квантовых состояний через фазовый объем.
17. Частица в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в ур. Шредингера. Орбитальный момент, его собственные функции и собственные значения. Целочисленность орбитального момента как следствие структуры углового оператора Лапласа (в 3 пространственных измерениях). Спектр орбитального момента в планарном случае.
18. Радиальное уравнение Шредингера, его общие свойства. Граничное условие при  $r = 0$ , его обоснование. Падение на центр. Оценка Баргмана для числа связанных состояний с заданным  $l$ . ВКБ-приближение для радиального уравнения.
19. Угловой момент в общем случае. Перестановочные соотношения между операторами проекций момента, их групповая природа. Алгебраический метод нахождения спектра операторов  $J^2, J_z$ . Матричные элементы операторов  $J_x, J_y, J_z$  в базисе собственных векторов операторов  $J^2, J_z$ . Спин. Явный вид операторов спина  $1/2$ , их основные свойства.
20. Сложение моментов. Коэффициенты векторного сложения, их основные свойства. Сложение двух спинов  $1/2$ , синглетные и триплетные спиновые волновые функции. Полный момент. Волновые функции частицы со спином  $1/2$  в состоянии с орбитальным моментом  $l$  и полным моментом  $j$ .
21. Группа вращений. Конечные повороты как унитарные преобразования. Неприводимые тензоры (скаляр и вектор). Теорема Вигнера-Эккарта для матричных элементов скаляра и вектора.
22. Пространственная инверсия в квантовой механике. Четность орбитального состояния. Тензоры и псевдотензоры (на примере скаляра и вектора). Правила отбора по четности.
23. Релятивистская квантовая механика. Ур-ние Дирака, его основные свойства. Ур-ние непрерывности. Спин частицы Дирака. Решения ур-ния Дирака для свободной частицы.
24. Частица Дирака во внешнем электромагнитном поле. Ур-ние Паули. Спиновый магнитный момент электрона.
25. Квазирелятивистское разложение ур-ния Дирака для электрона в сферически-симметричном потенциале. Физическая интерпретация трех первых релятивистских поправок к нерелятивистскому гамильтониану.
26. Стационарная теория возмущений для невырожденного и вырожденного случаев. Первая релятивистская поправка к уровням электрона в водородоподобном атоме. Близкие уровни под влиянием возмущения.
27. Принцип тождественности. Фермионы и бозоны. Числа заполнения. Волновая функция системы тождественных частиц. Возможность парастатистики в планарных системах.
28. Обменное взаимодействие. Спин-спиновое взаимодействие двух частиц как следствие обменных эффектов. Природа (анти)ферромагнетизма.
29. Многоэлектронный атом в приближении самосогласованного поля. Оболочки, термы и правила Хунда.

30. Вариационные методы (Хартри и Хартри-Фока) для многоэлектронного атома (на примере ортогелия).
31. Разложение валентной оболочки на термы. Схемы Юнга. Построение волновых функций для термов через старшие вектора и определитель Слэтера.
32. Модель Томаса-Ферми. Связь между орбитальным моментом валентной оболочки и порядковым номером элемента в рамках модели ТФ.
33. Тонкая структура. LS- и JJ- типы связи. Обоснование третьего правила Хунда.
34. Взаимодействие атомов на больших расстояниях. Обменные эффекты. Молекула водорода. Типы химической связи.
35. Общая постановка задачи для квантовых переходов. Нестационарная теория возмущений (Дирака). Поведение системы при мгновенном и адиабатическом изменении потенциала.
36. Золотое правило (Ферми) для скорости перехода в периодическом внешнем поле. Прямые и последовательные переходы.
37. Закон распада и время жизни квазистационарного состояния. Форма и интенсивность линии.  $\Delta E \Delta t$ .
38. Потенциальное рассеяние. Амплитуда и дифференциальное сечение рассеяния. Уравнение Липпмана-Швингера. Борновский ряд.
39. Парциальное разложение. Оптическая теорема.
40. Низкоэнергетическое рассеяние. Резонансное рассеяние на неглубоком дискретном уровне.
41. Аналитические свойства амплитуды рассеяния. Резонансы и полюса амплитуды. Резонансное рассеяние на метастабильном состоянии.
42. Рассеяние при высоких энергиях. Приближение эйконала.
43. Рассеяние тождественных частиц. Обменные эффекты.
44. Квантование электромагнитного поля (в кулоновской калибровке). Фотоны. Когерентные состояния и классические э-м поля.
45. Взаимодействие электронов с фотонами. Теория возмущений и ее диаграммное представление.
46. Э-м переходы в атомах. Мультипольное разложение и правила отбора (для E1-, E2- и M1-переходов).
47. Проявление нетривиальных свойств вакуумного (основного) состояния э-м поля (эффект Казимира).
48. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы, эффект Мессбауэра.