

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

*Факультет физико-математических и естественных наук
Институт физических исследований и технологий*

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности
03.03.02 «Физика»**

**Квалификация (степень) выпускника
бакалавр**

1. Цели и задачи дисциплины:

Дисциплина «Квантовая теория» является заключительной частью цикла общепрофессиональных дисциплин (ОПД). Целью курса является изучение микроскопической теории вещества. Курс опирается на полученные ранее знания по математике (математический анализ, методы математической физики) и физике (классическая и релятивистская механика, электродинамика) и в свою очередь является основой специальных курсов.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Квантовая теория» относится к базовой части блока Б1.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

| № п/п | Шифр и наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины (группы дисциплин) |
|-------|---|--|---|
| 1 | ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности. | Модуль «Общая физика», Теоретическая механика, Электродинамика | |

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование ряда компетенций в соответствии с ОС ВО РУДН.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: методы квантовой механики в применении к физическим задачам.

Уметь: решать физические задачи из области квантовой механики.

Владеть: способностью применять на практике приобретенные знания в области квантовой механики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------|-----------|--|--|
| | | С | Д | | |
| Аудиторные занятия (всего) | 68 | 32 | 36 | | |
| В том числе: | - | - | - | | |
| <i>Лекции</i> | 34 | 16 | 18 | | |
| <i>Практические занятия (ПЗ)</i> | - | - | - | | |
| <i>Семинары (С)</i> | 34 | 16 | 18 | | |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i> | - | - | - | | |
| Самостоятельная работа (всего) | 76 | 40 | 36 | | |
| Общая трудоемкость час | 144 | 72 | 72 | | |
| зач. ед. | 4 | 2 | 2 | | |

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела (темы) |
|-------|---------------------------------|---------------------------|
|-------|---------------------------------|---------------------------|

| | | |
|----|---|--|
| 1. | Предмет квантовой теории | Предмет и место квантовой механики в структуре теоретической физики. Классические и квантовые закономерности. Принцип причинности в квантовой области. Диалектика непрерывного и дискретного в квантовой теории (корпускулярно-волновые свойства микрообъектов). |
| 2. | Основные положения квантовой теории | Аналогия между классической механикой и оптикой. Волновые пакеты. Групповая и фазовая скорости. Постоянная Планка. Уравнение Шредингера (общий и стационарный случаи). Интерпретация волновой функции и состояния физических систем. Простейшие одномерные задачи. Линейный осциллятор с точки зрения уравнения Шредингера. Линейные операторы. Собственные функции оператора Гамильтона и их ортогональность. Общая теория линейных операторов. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов. Операторы материальной точки (координата, импульс, момент импульса). Квазиклассическое приближение. Метод Вентцеля–Крамерса–Бриллюэна. Квантование по Бору–Зоммерфельду. |
| 3. | Соотношение неопределенностей и задача об атоме водорода | Соотношение неопределенностей. Различные пути вывода соотношения неопределенностей для координаты и импульса, для времени и энергии. Объективный характер ограничений, накладываемых соотношением неопределенности, и их интерпретация в физике. Использование соотношения неопределенностей для качественных оценок в квантовой теории. Матричное представление операторов. Алгебра матриц. Эрмитовы матрицы. Задачи о собственных значениях. Унитарные матрицы и преобразования. Наблюдаемые величины и матричное представление соответствующих операторов. Момент импульса. Перестановочные соотношения для компонент момента. Собственные значения момента и собственные функции. Связь между орбитальным и магнитным квантовыми числами. Электрон в центральном поле. Сферические функции. Общий случай центральных сил. Атом водорода и классификация уровней. |
| 4. | Квантовая динамика | Зависимость наблюдаемых величин от времени. Шредингеровское и гейзенберговское представления. Квантовые скобки Пуассона. Квантовые уравнения Гамильтона. Законы сохранения и сохраняющиеся величины. Преобразования симметрии. Квантовый аспект теоремы Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента, четности |
| 5. | Теория возмущений | Стационарная теория возмущений. Линейный осциллятор, возмущенный постоянной силой. Эффект Зеемана без учета спина. Метод Ритца и Галеркина. Решение задачи об осцилляторе по методу Ритца. Случай вырождения. Эффект Штарка для водорода. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы. Борновское приближение и задачи о рассеянии. Испускание и поглощение радиации. Метод коэффициентов Эйнштейна. Правила отбора и свойства собственных функций. |

| | | |
|-----|---|--|
| 6. | Спин и теория многих частиц | Теория спина Паули. Матрицы Паули. Спин и магнитный момент. Электрон в центральном поле (спиновые нерелятивистские поправки и релятивистские бесспиновые поправки). Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Сложение векторов момента. Векторная модель атома. Периодическая система элементов Менделеева. Тонкая структура спектральных линий. Атомные мультиплеты. Система тождественных частиц. Принцип Паули. Статистика Больцмана, статистика Бозе–Эйнштейна и статистика Ферми–Дирака. Статистические веса. Задача многих тел в квантовой механике. Теория атома гелия. Ортогелий и парагелий. Молекула водорода. Ортоводород и параводород. Экспериментальное подтверждение принципа Паули |
| 7. | Основы квантовой теории рассеяния | Основы теории столкновений. Фазовый анализ. Рассеяние твердой сферой, кулоновским полем, явление тени. Матрица рассеяния. Парциальное разложение матрицы рассеяния. Борновский ряд. |
| 8. | Основы релятивистской квантовой теории | Релятивистский электрон Дирака. Теория свободного электрона Дирака. Матрицы Дирака и их свойства. Гамильтониан. Неопределенность знака энергии и истолкование отрицательных уровней энергии. Спин электрона. Электрон Дирака в электромагнитном поле (общая теория). Теория атома водорода в последовательной релятивистской форме. Закон преобразования дираковских спиноров и конструирование тензоров из спинорных волновых функций и матриц Дирака. |
| 9. | Основные представления квантовой теории поля и физики частиц | Распространение квантовой механики на случай переменного числа частиц (вторичное квантование). Поле как совокупность осцилляторов. Обобщение канонических перестановочных соотношений на случай поля. Частицы как возбуждения поля. Основные понятия об элементарных частицах, таблица элементарных частиц. Законы сохранения в микромире. Барийонный и лептонный заряды. Классификация элементарных частиц: приближенные симметрии и приближенные законы сохранения (изотопический спин и странность, G -четность, унитарный спин). |
| 10. | Основы физики элементарных частиц | Иерархия взаимодействий элементарных частиц: сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия, их особенности. Составные модели элементарных частиц (восьмеричный путь, кварки). Квантовая хромодинамика (глюоны как переносчики взаимодействия). Принцип калибровочной симметрии. Электрослабая теория. Релятивистское описание элементарных частиц: основные типы полей (скалярное, векторное, спинорное) и уравнения для них. Связь спина со статистикой. Основные дискретные симметрии: отражения пространства и времени, зарядовое сопряжение. СРТ-теорема. Космические лучи, их состав и спектр. Теории множественного образования элементарных частиц. Каскадные процессы. Теории происхождения космических лучей. |

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекц. | Семина. | СРС | Всего час. |
|-------|--|-------|---------|-----|------------|
| 1. | Предмет квантовой теории | 2 | 2 | 8 | 12 |
| 2. | Основные положения квантовой теории | 2 | 2 | 8 | 12 |
| 3. | Соотношение неопределенностей и задача об атоме водорода | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 4. | Квантовая динамика | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 5. | Теория возмущений | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 6. | Спин и теория многих частиц | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 7. | Основы квантовой теории рассеяния | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 8. | Основы релятивистской квантовой теории | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 9. | Основные представления квантовой теории поля и физики частиц | 4 | 4 | 8 | 16 |
| 10. | Основы физики элементарных частиц | 2 | 2 | 4 | 8 |

6. Лабораторный практикум – не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (час.) |
|-------|--|---|---------------------|
| 1. | Предмет квантовой теории | Основные понятия квантовой механики. Свойства операторов квантовой механики. | 2 |
| 2. | Основные положения квантовой теории | Решение уравнения Шредингера в простейших случаях. Свободная частица. Движение в поле прямоугольной стенки. | 4 |
| 3. | Соотношение неопределенностей и задача об атоме водорода | Одномерный потенциальный барьер. Одномерная потенциальная яма. | 4 |
| 4. | Квантовая динамика | Линейный гармонический осциллятор. Метод ВКБ 1. Метод ВКБ 2. | 4 |
| 5. | Теория возмущений | Возмущения, не зависящие от времени. Вариационный метод Ритца. Нестационарная теория возмущений. | 4 |
| 6. | Спин и теория многих частиц | Спин частицы. Атом в поле излучения. | 4 |
| 7. | Основы квантовой теории рассеяния | Метод Хартри–Фока. Статистический метод Томаса–Ферми. | 4 |
| 8. | Основы релятивистской квантовой теории | Матричные элементы дипольного момента. Частица в пространственно периодическом поле. | 4 |
| 9. | Основные представления квантовой теории поля и физики частиц | Импульсное представление. Периодическое возмущение. Заряженный осциллятор и внезапное однородное электрическое поле. Переходы в непрерывном спектре. Линейный гармонический осциллятор в матричном виде. Вероятность бета-распада. Преобразование волновой функции при преобразовании | 2 |

| | | | |
|-----|-----------------------------------|---|---|
| | | Галилея. «Встряхивание» атома. | |
| 10. | Основы физики элементарных частиц | Сложение моментов (частный случай). Новые степени свободы в уравнении Клейна-Гордона. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. | 2 |

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторная база Университета позволяет проводить лекционные и лабораторные занятия с мультимедийными средствами обучения.

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) пакет программ MSOffice (текстовые документы - MicrosoftWord, презентации - PowerPoint);

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС)

Учебный портал РУДН

Научная электронная библиотека РУДН

<http://www.edu.ru/> – федеральный образовательный портал.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/demo/>- кабинет физических демонстраций МГУ.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. *Соколов А.А. и Тернов И.М.* Квантовая механика и атомная физика. М.: Просвещение, 1970. 424 с.

2. *Энрико Ферми.* Лекции по квантовой механике. Ижевск. Регулярная и хаотическая динамика. 2000

3. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц.* Квантовая механика. М.: «Наука», 1982. 624 с.

б) список дополнительной литературы и источников в интернете

1. *Д.И Блохинцев.* Основы квантовой механики. М.: «Наука», 1976.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Необходимо обеспечить себя рекомендованными учебными материалами. Для получения глубоких и прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима, кроме проработки лекционного материала, систематическая самостоятельная работа студента. Дополнить конспект лекций, выделить главное студент должен самостоятельно, пользуясь предлагаемыми учебными пособиями.

Самостоятельная работа нужна при выполнении домашних заданий, для усвоения лекционного (теоретического) материала и для подготовки к контрольным работам.

Студенты обязаны сдавать задания в сроки, установленные преподавателем. Работы, предоставленные с опозданием, не оцениваются.

Студентам предлагается делать самостоятельные доклады с использованием источников из обязательной части литературы.

Студенты обязаны выполнять письменные работы (контрольные тестовые работы) в сроки, установленные преподавателем. График проведения письменных контрольных работ формируется в соответствии с календарным планом курса. Перечень вопросов письменной контрольной работы определяется программой курса. Контрольные работы не переписываются.

Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных занятий) во время выполнения письменной контрольной работы возможно только с разрешения преподавателя.

Время, которое отводится студенту на выполнение письменной работы (контрольной тестовой работы), устанавливается преподавателем. По завершении отведенного времени

студент должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.

Необходимым условием освоения данного курса является обязательное посещение семинаров, а также добросовестное и качественное выполнение домашних заданий. Для оценки знаний студентов применяется балльно-рейтинговая система.

В течение семестра студентам необходимо в соответствии с учебным планом выполнить 9 заданий по СРС, а также 1-2 контрольных (самостоятельных) и представить их на проверку преподавателю. В качестве полезных пособий для СРС рекомендуется использовать позицию 3 из основной литературы и позицию 1 из дополнительной. Студенту рекомендуется в ходе семестра вести «параллельный» конспект, добавляя к полученным на лекции сведениям дополнительные сведения из рекомендованной литературы.

Для итоговой аттестации по дисциплине студенту необходимо в установленные деканатом сроки сдать экзамен (как правило, в устной форме), включающий 3-4 вопроса по всем основным разделам курса. На подготовку к ответу отводится 45 минут, после чего проводится устный опрос студента.

Результаты письменных контрольных работ публикуются в течение недели на стенде и/или на сайте кафедры.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Шкала оценок

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

| Баллы БРС | Традиционные оценки в РФ | Баллы для перевода оценок | Оценки | Оценки |
|-----------|--------------------------|---------------------------|--------|--------|
| 86-100 | 5 | 95-100 | 5+ | A |
| | | 86-94 | 5 | B |
| 69-85 | 4 | 69-85 | 4 | C |
| 51-68 | 3 | 61-68 | 3+ | D |
| | | 51-60 | 3 | E |
| 0-50 | 2 | 31-50 | 2+ | FX |
| | | 0-30 | 2 | F |
| 51-60 | Зачет | | Зачет | Passed |

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Квантовая теория Ч I (3-й курс, семестр С)

Направление/Специальность: 03.03.02

| Код контролируемой компетенции или ее части | Контролируемый раздел дисциплины | Контролируемая тема дисциплины | Текущий контроль | | | | | | | | Промежуточная аттестация | | | Баллы темы | Баллы раздела | |
|---|---|---|------------------|------|------------|--------------------|---------------|------------------|---------------|---------|--------------------------|---------------|-----|------------|---------------|-----|
| | | | Опрос | Тест | Коллоквиум | Контрольная работа | Выполнение ЛР | Выполнение КР/КП | Выполнение ДЗ | Реферат | Посещение | Экзамен/Зачет | ... | | | ... |
| ОПК-1 | Раздел 1: Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера | Тема 1: Одномерные задачи. Потенциальная яма. Гармонический осциллятор | | | 10 | 10 | | | 2 | | | 50 | | | 9 | 26 |
| | | Тема 2: Метод ВКБ. Сферическая функция | | | | | | | | | | | | | 8 | |
| | | Тема 3: Электрон в центрально-симметричном поле | | | | | 2 | | | | | | | 9 | | |
| ОПК-1 | Раздел 2: Линейные операторы | Тема 1: Собственные функции и собственные значения | | | 10 | | | 2 | | | | | | | 9 | 17 |
| | | Тема 2: Эрмитовы и унитарные матрицы. Преобразования и алгебра матриц. Принцип неопределенности | | | | | 2 | | | | | | | | | |
| ОПК-1 | Раздел 3: Представления Шредингера и Гейзенберга | Тема 1: S матрица. | | | | | | 2 | | | | | | | 3 | 7 |
| | | Тема 2: Уравнение Гамильтона | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ИТОГО: | | | 20 | 10 | | 10 | | 10 | 50 | | | 50 | 100 | |

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Квантовая теория Ч II (4-й курс, семестр D)

Направление/Специальность: 03. 03.02

| Код контролируемой компетенции или ее части | Контролируемый раздел дисциплины | Контролируемая тема дисциплины | Наименование оценочного средства | | | | | | | | | | | Баллы темы | Баллы раздела | |
|---|--|---|----------------------------------|------|------------|--------------------|---------------|------------------|---------------|---------|--------------------------|---------------|-----|------------|---------------|-----|
| | | | Текущий контроль | | | | | | | | Промежуточная аттестация | | | | | |
| | | | Опрос | Тест | Коллоквиум | Контрольная работа | Выполнение ЛР | Выполнение КР/КП | Выполнение ДЗ | Реферат | Посещение | Экзамен/Зачет | ... | | | ... |
| ОПК-1 | Раздел 1: Теория возмущения и вариационный метод | Тема 1: Стационарная теория. Эффект Штарка | | | 10 | 10 | | | 2 | | | 50 | | | 9 | 27 |
| | | Тема 2: Нестационарная теория | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | |
| | | Тема 3: Вариационный метод Ритца | | | | | | | 2 | | | | | | 9 | |
| ОПК-1 | Раздел 2: Теория спина | Тема 1: Эффект Зеемана | | | 10 | 10 | | | 1 | | | 50 | | | 8 | 16 |
| | | Тема 2: Спин электрона. Уравнение Паули | | | | | | | 1 | | | | | | 8 | |
| ОПК-1 | Раздел 3: Релятивистская квантовая теория | Тема 1: Уравнение Клейна-Гордона | | | | | | 1 | | | | | | | 4 | 7 |
| | | Тема 2: Уравнение Дирака. Сложение моментов | | | | | | 1 | | | | | | | 3 | |
| | | ИТОГО: | | | 20 | 10 | | | 10 | | 10 | 50 | | | 50 | 100 |

Квантовая теория (Тест Часть I)

1. Пучок электронов обнаруживает способность к интерференции. Скорость электрона соответствует
 - а) фазовой скорости
 - б) групповой скорости
2. Операторы квантовой механики, соответствующие физическим величинам:
 - а) Эрмитовый +
 - б) Унитарный
 - в) Вещественный
 - г) Симметричный
3. Среднее значение физической величины не изменяется в любом состоянии, если
 - а) Оператор этой величины не зависит от времени
 - б) Оператор этой величины коммутирует с оператором Гамильтона
 - г) Оператор этой величины не зависит от времени и коммутирует с оператором Гамильтона
4. Стационарные состояния в квантовой механике обладают следующими свойствами
 - а) Потенциальная энергия частицы не зависит от времени
 - б) Плотность вероятности и плотность тока вероятности не зависят от времени
 - в) Волновая функция частицы не зависит от времени
 - г) Среднее значение физической величины, оператор которой не зависит от времени
5. В стационарном поле центральных сил в квантовой механике
 - а) Оператор квадрата момента количества движения коммутирует с оператором Гамильтона
 - б) Оператор квадрата момента количества движения коммутирует с проекциями оператора момента количества движения
 - в) Проекция оператора момента количества движения коммутируют между собой
6. В квазиклассическом приближении в квантовой механике
 - а) Разложение S- функции ведется по степеням и постоянной Планка
 - б) Волновая функция зависит от классического импульса и координаты
 - с) Содержится правило квантования Бора – Зоммерфельда
7. Фермионы
 - а) имеют целый спин
 - б) имеют полуцелый спин
 - с) описываются антисимметричной волновой функцией
8. Система тождественных частиц удовлетворяет принципу Паули, если она
 - а) описывается симметричной волновой функцией
 - б) описывается антисимметричной волновой функцией
9. В качественной теории два электрона атома Гелия могут находиться
 - а) В синглетном состоянии с суммарным нулевым спином
 - б) В триплетном состоянии с суммарным единичным спином
10. Нормальный эффект Зеемана состоит в том, что каждая спектральная линия распадается на
 - а) Две линии
 - б) три линии
11. Оператор спина
 - а) Удовлетворяет тем же перестановочным соотношениям, что и оператор момента количества движения +
 - б) Может быть выражен через матрицы Паули
 - г) Входит в полный момент количества движения
 - д) Входит в уравнение Паули

12. В стационарной теории возмущения
 - а) Оператор возмущения мал
 - б) Волновая функция при наличии вырождения возмущенной Гамильтониана ищется как разложение по невозмущенным волновым функциям, соответствующим разным значениям энергии
13. Борновское приближение для рассеяния частиц в поле центральных сил
 - а) Приводит к формуле Резерфорда +
 - б) Справедливо при больших зарядовых числах
14. Проекция магнитного момента атома водорода зависит от:
 - а) Магнетона Бора
 - б) Магнитного квантового числа
 - г) Орбитального квантового числа

Квантовая теория (Тест Часть I)

1. В гейзенберговском представлении:
 - а) зависимость от времени перенесена с волновой функции на операторы;
 - б) переход к нему осуществляется с помощью унитарного преобразования;
 - в) матричные соотношения, связывающие координату, импульс и потенциальную энергию, по внешнему виду соответствуют классическим законам Ньютона;
 - г) матричный элемент производной по времени от оператора имеет тот же вид, что и в шредингеровском энергетическом.
2. Проекция оператора момента количества движения:
 - а) коммутируют между собой;
 - б) коммутируют с оператором квадрата момента количества движения.
3. Матричные элементы проекций оператора момента на оси x и y :
 - а) диагональны;
 - б) отличны от нуля для переходов, соответствующих изменению квантового числа m на единицу.
4. Формула преобразования волновой функции от координатного представления к импульсному имеет вид:
 - а) преобразования Фурье;
 - б) преобразования Лапласа;
 - в) преобразования Меллина.
5. При сложении двух моментов количества движения:
 - а) учитывая взаимодействие двух подсистем;
 - б) квантовое число j , отвечающее полному моменту, максимально при $j=j_1+j_2$ и минимально при $j=j_1-j_2$.
 - в) приходят к коэффициентам Клебша-Гордона.
6. Соотношение неопределенности для энергии:
 - а) приводит к понятию «ширины» уровня;
 - б) связывает энергию системы и прибора до и после измерения;
 - в) к невозможности точного измерения импульса для несвободного электрона.
7. Под влиянием периодического возмущения вероятность перехода в единицу времени из дискретного спектра в непрерывный пропорциональна
 - а) матричному элементу возмущения
 - б) дельта-функции Дирака от разности энергий;
 - в) элементу интервала энергий, куда попадает электрон;
 - г) частоте перехода в минус первой степени.
8. Метод вторичного квантования базируется:
 - а) на переходе от координатного представления к представлению чисел заполнения;
 - б) на введении операторов рождения и уничтожения;
 - в) на отказе от обычного квантования;

9. Квантовая теория излучения базируется на:
- а) на разложении векторного потенциала по плоским волнам и замене их амплитуд операторами рождения и уничтожения
 - б) теории возмущений;
10. Уравнение Клейна-Гордона описывает:
- а) частицы заряженные;
 - б) частицы нулевого спина;
 - в) частицы полуцелого спина;
 - г) частицы целого спина.
11. Уравнение Дирака:
- а) линейное;
 - б) матричное;
 - в) описывает заряженные частицы;
 - г) описывает частицы полуцелого спина.
12. Оператор полного момента в теории Дирака равен:
- а) оператору момента количества движения;
 - б) оператору спина;
 - в) сумме операторов орбитального момента и спинового момента;
13. Теория Дирака обобщает:
- а) теорию Шредингера;
 - б) специальную теорию относительности;
 - в) классическую механику;
 - г) общую теорию относительности.
14. Рассмотрение атома водорода в теории Дирака приводит:
- а) к формуле тонкой структуры;
 - б) к сверхтонкому расщеплению.
15. Спиноры при повороте на 360 градусов:
- а) меняют знак;
 - б) не меняют знак.

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ
К РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕМУ КОНТРОЛЬНОМУ ОПРОСУ
по курсу лекций «Квантовая теория»**

Часть I. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

ТЕМА 1

Корпускулярно-волновой дуализм

Водная лекция. Корпускулярно-волновой дуализм

ТЕМА 2

Математический аппарат квантовой механики

Математический аппарат квантовой механики. Конкретные операторы квантовой механики. Уравнение Шредингера.

ТЕМА 3

Движение электрона в поле центральных сил

Движение электрона в поле центральных сил. Квантовая теория рассеяния. Метод Борна. Правила отбора для оптического электрона.

ТЕМА 4

Приближенные методы квантовой механики

Метод ВКБ. Стационарная теория возмущений при отсутствии вырождения. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения. Нестационарная теория возмущений. Метод канонических преобразований.

ТЕМА 5

Тожественные частицы

Тожественные частицы. Проблема атома гелия. Квантовая теория рассеяния.

Часть II. МАТРИЧНАЯ КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

ТЕМА 1

Теория возмущений, зависящих от времени

Различные возмущения, переводящие электрон в состояния из дискретного спектра в дискретный. Переходы под влиянием периодического возмущения из дискретного спектра в непрерывный. Соотношение неопределенности для энергии.

ТЕМА 2

Элементы теории представлений

Свойства матриц. Переход от представления к представлению. Дискретный спектр. Непрерывный спектр. Импульсное представление. Непрерывные матрицы. Обозначения Дирака.

ТЕМА 3

Матричные элементы оператора момента количества движения

Матричные элементы оператора момента импульса. Сложение моментов количества движения. Связь с теорией групп. Оператор спина.

ТЕМА 4

Метод вторичного квантования

Метод вторичного квантования. Квантование электромагнитного поля.

ТЕМА 5

Уравнение Дирака

Уравнения Дирака. Спин электрона в теории Дирака. Четырехмерная формулировка теории Дирака. Переход к нерелятивистскому пределу. Атом водорода в теории Дирака. Формула тонкой структуры. Функция Грина уравнения Дирака.

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза