

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

Факультет физико-математических и естественных наук

Институт Физических Исследований и Технологий (ИФИТ)

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины **Квантовая теория поля**

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

03.06.01 Физика и астрономия

Направленность программы (профиль)

01.04.02 – теоретическая физика

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

1. Цели и задачи дисциплины: Курс предназначен для формирования у будущих физиков – теоретиков широких представлений о направлении развития современной теоретической физики. В первую очередь это касается таких научных направлений, как физика элементарных частиц и атомного ядра.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина относится к вариативной части. Курс по выбору

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- Владение фундаментальными знаниями в основных разделах теоретической физики, включая классическую и квантовую теорию поля, физику ядра и элементарных частиц, физику конденсированного состояния (ПК-2)

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц.

| Вид учебной работы | Всего часов | |
|---------------------------------------|-------------|-----|
| Аудиторные занятия (всего) | 40 | |
| В том числе: | - | |
| <i>Лекции</i> | 20 | |
| <i>Практические занятия (ПЗ)</i> | - | |
| <i>Семинары (С)</i> | 20 | |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i> | - | |
| Самостоятельная работа (всего) | 68 | |
| Общая трудоемкость | час | 108 |
| | зач. ед. | 3 |

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

| Название разделов (тем) дисциплины | Краткое содержание разделов (тем) дисциплины: |
|---|--|
| 1. «Наивный» подход к квантованию поля: функциональный метод. | Поле как совокупность осцилляторов – метод вторичного квантования. Единственность представления Фока перестановочных соотношений. |
| 2. Структура пространства Гильберта в теории поля. | Пространство Фока. Тензорное представление операторов в квантовой теории поля в пространстве Фока. Правило суперотбора. Общие принципы квантования полей: правило Дирака и динамический принцип Швингера – Фейнмана. |
| 3. Канонический формализм в теории по- | Скобки Пуассона в голономном базисе. |

| | |
|--|--|
| ля. | Алгебраические свойства операторов поля и следствия динамического принципа Швингера – Фейнмана. Теорема Людерса – Паули о связи спина со статистикой. |
| 4. Разбиение полей на положительно- и отрицательно-частотные компоненты. | Операторы рождения и уничтожения в спиральном базисе. Квантование скалярного поля. Причинная функция Фейнмана. Релятивистский оператор положения. Квантование векторного массивного поля. Условие Лоренца. |
| 5. Квантование электромагнитного поля. | Духовые состояния. Условие Ферми. Квантование спинорного поля Дирака. Ренормируемые и неренормируемые теории поля. Теорема Гейзенберга. Общие свойства матрицы рассеяния. Условие причинности Боголюбова. Матрица рассеяния в квантовой теории поля в представлении Гейзенберга. Уравнения Янга – Фельдмана. |
| 6. Представление взаимодействия. | Уравнение Томонаги – Швингера. Адиабатическая матрица рассеяния Дайсона – Боголюбова. |
| 7. Приведение матрицы рассеяния к нормальной форме. | Правила Фейнмана в x -пространстве. Вычисление матричных элементов S -матрицы: правила Фейнмана в p -пространстве. |
| 8. Формула Мёллера для сечения двухчастичного рассеяния. | Комптон-эффект. Метод проекционных операторов для вычисления матричных элементов матрицы рассеяния. Учёт радиационных поправок в S -матрице. Массовый и поляризационный операторы в квантовой электродинамике. |
| 9. Регуляризация по Паули-Вилларсу. | R -операция Боголюбова. Спектральное представление Челлена – Лемана для полных функций Грина. Уравнения Дайсона для полных функций Грина в квантовой электродинамике. |
| 10. Уравнения Швингера для полных функций Грина в квантовой электродинамике. | Основные эффекты квантовой электродинамики: экранировка. |

6. Лабораторный практикум не предусмотрен

7. Структура курса

Количество аудиторных часов: 10 лекций по 2 аудиторных часа; 10 семинаров по 2 аудиторных часа. Всего: 40 аудиторных часов.

Самостоятельная работа: 68 часов.

Итого: 108 часов.

Темы занятий

Организационно-методическое построение курса.

Курс состоит из лекций, практических занятий (семинаров), предусмотрено проведение консультаций. Лекции проводятся в интерактивном режиме – слушатели вовлекаются в дискуссию методом постановки вопросов по представленному материалу, а также по материалу, отвечающему базовому уровню подготовки. Вопросы формулируются в форме, провоцирующей активную реакцию слушателей.

Формат семинара – разбор материала, данного слушателям для самостоятельной проработки с целью лучшего усвоения и закрепления полученных знаний, а также для получения опыта их практического использования. Материал имеет форму практических задач, решение которых требует как аналитических, выкладок так иногда и ограниченного компьютерного моделирования. Семинар проходит в дискуссионной форме и носит характер мастер-класса.

Промежуточная аттестация в течение семестра проводится в виде теста по пройденному материалу. В конце семестра – экзамен в письменной форме. Экзаменационная заданье содержит только задачи, решение которых требует активного использования полученных в течение семестра знаний. После собеседования выставляется итоговая оценка.

Содержание курса

Организационно-методическое построение курса.

Курс состоит из лекций, практических занятий (семинаров), предусмотрено проведение консультаций. Лекции проводятся в интерактивном режиме – слушатели вовлекаются в дискуссию методом постановки вопросов по представленному материалу, а также по материалу, отвечающему базовому уровню подготовки. Вопросы формулируются в форме, провоцирующей активную реакцию слушателей.

Формат семинара – разбор материала, данного слушателям для самостоятельной проработки с целью лучшего усвоения и закрепления полученных знаний, а также для получения опыта их практического использования. Материал имеет форму практических задач, решение которых требует как аналитических, выкладок так иногда и ограниченного компьютерного моделирования. Семинар проходит в дискуссионной форме и носит характер мастер-класса.

Промежуточная аттестация в течение семестра проводится в виде теста по пройденному материалу. В конце семестра – экзамен в письменной форме. Экзаменационная заданье содержит только задачи, решение которых требует активного использования полученных в течение семестра знаний. После собеседования выставляется итоговая оценка.

Содержание курса

Содержание курса посвящено изложению фундаментальных сведений по методам квантовой теории поля в применении к задачам физики элементарных частиц. В курсе квантовой теории поля даются основные представления о методах описания элементарных частиц и их взаимодействий в области высоких энергий. Курс опирается на

квантовую механику, релятивистскую механику и электродинамику. Предполагается знание основ теории групп.

Темы лекций

Тема 1. Основы классической теории поля

Вариационный принцип в теории поля. Действие как аддитивный функционал. Формула Адамара для вариации действия. Теоремы Нетер и законы сохранения в классической теории поля. Внешние и внутренние группы симметрии. Релятивистский центр тяжести. Вариационная производная Томонаги и канонический формализм в теории поля. Лагранжев и гамильтонов формализмы. Скобка Пуассона в теории поля. Уравнения Гамильтона и Гамильтона – Якоби. Классические теоремы смещения, вращения и заряда. Интегральный инвариант Пуанкаре – Картана.

Уравнение Клейна – Гордона – Фока и свойства его решений. Разбиение полей на частотные части и условие его лоренц-инвариантности. Решение задачи Коши для простейших полей – скалярного, массивного векторного и электромагнитного. Структура сохраняющихся величин для этих полей: энергия, импульс и спин поля.

Тема 2. Групповые методы в теории частиц (нерелятивистская физика)

Инфинитезимальный метод построения неприводимых представлений групп Ли. Операторы Казимира и наблюдаемые. Неприводимые представления группы вращений $SO(3)$ и ее универсальной накрывающей $SU(2)$. Отображение Картана и реализация представлений в пространстве однородных полиномов. Классификация состояний по четности по Янгу – Тимомно и ряд Клебша – Гордана для группы вращений. Коэффициенты Клебша – Гордана. Теорема Вигнера – Эккарта и расчет бранчингов (относительных вероятностей каналов реакций). Правило Шмушкевича как следствие принципа симметрии Кюри и зарядовой независимости ядерных сил

Тема 3. Групповые методы в теории частиц (релятивистская физика)

Неприводимые представления группы Лоренца и ее универсальной накрывающей $SL(2, C)$. Бесконечность унитарных представлений группы Лоренца. Алгебра Ли группы Пуанкаре. Вектор Паули – Баргмана – Любанского - Широкова и операторы Казимира группы Пуанкаре. Малые группы и метод индуцированных представлений. Массивные и безмассовые неприводимые представления группы Пуанкаре в канонической и спинорной реализациях (схема Баргмана – Вигнера). Реализация Парити – Швингера неприводимых представлений группы Пуанкаре. Алгебраическая реализация Хариш Чандры и алгебра Петито – Дурфина – Кеммера. Постулат редукции и теорема Умедзавы - Висконти о дивизоре. Структура дивизора для уравнений Дирака и Фирца – Паули (спин $3/2$). Теоремы Бернсайда и матрицы Дирака как неприводимые представления алгебры Клиффорда.

Тема 4. Уравнение Дирака

Уравнение Дирака и свойства его решений, оператор Вигнера. Решение задачи Коши для уравнения Дирака. Структура наблюдаемых и канонический формализм для по-

ля Дирака. Разложение по спинорному базису (каноническому и спиральному). Представления Фолди – Ваутхайзена и Чини – Тушека. Переменные Мандельстама и структура спинорной амплитуды для процессов $2 \rightarrow 2$. Проекционные операторы в формализме Баргмана – Вигнера (для частиц с высшими спинами) и поляризацонная матрица плотности.

Тема 5. Внутренние группы симметрии

Основные типы взаимодействий элементарных частиц. Трехчастичные взаимодействия Юкавы и четырехфермионные взаимодействия. Теорема переместительности Фирца. Кварки и лептоны, проблема поколений. Унитарные симметрии сильных взаимодействий (цвет и аромат). Классификация полупростых комплексных алгебр Ли. Базис Картана – Вейля. Схемы Дынкина и корневые диаграммы. Формула Рака. Неприводимые представления группы $SU(3)$, весовые диаграммы. Теорема Клебша – Гордана для $SU(3)$ (метод Шпейзера).

Тема 6. Принцип калибровочной симметрии

Локализация внутренних групп симметрии и векторные калибровочные поля. Теория Янга – Миллса. Кварки и глюоны как калибровочные партнеры, носители цвета в квантовой хромодинамике. Симметрия (вырождение) вакуума и симметрия лагранжиана. Спонтанное нарушение глобальной симметрии и теорема Голдстоуна. Спонтанное нарушение локальной симметрии и эффект Хиггса. Единые калибровочные модели электромагнитного и слабого взаимодействий. Стандартная модель Вайнберга – Салама. Большое объединение сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий. Суперсимметричное объединение фермионов и бозонов. Супергравитация как локальная суперсимметрия.

Часть II. ТЕОРИЯ КВАНТОВЫХ ПОЛЕЙ

Тема 1. «Наивный» подход к квантованию полей

Основные принципы квантовой механики систем с конечным числом степеней свободы. Правило квантования Дирака как соответствие «скобка Пуассона \rightarrow коммутатор». Функциональный метод квантования бозонных полей (конфигурационное представление). Канонические перестановочные соотношения. Гамильтониан для вещественного скалярного поля Клейна – Гордона – Фока. Вакуумное состояние как гауссовский функционал. Бесконечность вакуумной плотности энергии. Построение возбужденных состояний как полилинейных функционалов с гауссовским весом.

Тема 2. Метод вторичного квантования

Метод вторичного квантования как обобщение задачи о гармоническом осцилляторе: поле как совокупность осцилляторов. Представление чисел заполнения. Пространство Гильберта для поля как бесконечное тензорное произведение пространств $L^2(\mathbb{R})$, его несепарабельность. Теория фон Неймана бесконечных тензорных произведений: $\mathcal{S}(\mathcal{S})$ -последовательности, разбиение на ортогональные классы эквивалентности. Выделенность пространства Фока как содержащего циклический вектор вакуума. Единственность тензорного (фоковского) представления коммутационных соотношений. Странные (нефоковские) представления. Конденсат как нефоковский вакуум.

Тема 3. Элементы теории обобщенных функций

Плоские волны и необходимость рассмотрения ненормированных (топологических) функциональных пространств. Задание топологии с помощью счетной системы полунорм. Полные метризуемые локально выпуклые пространства (пространства Фреше) и их элементы – основные функции. Обобщенные функции как линейные непрерывные функционалы над пространством основных функций. Пространство Шварца и функционалы над ним – обобщенные функции умеренного (медленного) роста. Распределения как функционалы над бесконечно гладкими функциями с компактным носителем. Оснащенные гильбертовы пространства. Непрерывность и унитарность преобразования Фурье в пространстве Шварца. Теорема Шварца о ядре.

Тема 4. Тензорное представление операторов в пространстве Фока

Пространство Фока как прямая сумма n -частичных пространств. Элементарные операторы в пространстве Фока: оператор числа частиц, операторы тензорного умножения и свертки и операторы симметризации и антисимметризации. Операторы рождения и уничтожения фермионного и бозонного типов как операторнозначные обобщенные функции умеренного роста. Коммутационные и антикоммутационные соотношения. Когерентные секторы в пространстве Гильберта.. Правила суперотбора и операторы, их порождающие: унивалентность, электрический, барионный и лептонный заряды.

Тема 5. Общие принципы квантования полей

Правило квантования Дирака и необходимость его обобщения в теории поля. Динамический принцип Швингера – Фейнмана как квантовый принцип стационарного действия. отождествление канонических и унитарных преобразований, генераторами которых служат вариации квантового действия. Полнота алгебры операторов поля в пространственно-подобной области и алгебраические свойства вариаций формы полевых операторов (микропричинность). Основные следствия динамического принципа Швингера – Фейнмана: операторные уравнения Лагранжа, канонические перестановочные соотношения для совпадающих времен, теоремы смещения, вращения и заряда. Зарядовая симметрия и теорема Людерса – Паули о связи спина со статистикой. Физический смысл положительно- и отрицательно-частотных полевых операторов для свободных полей. Перестановочные соотношения для фурье-амплитуд.

Тема 6. Квантование скалярного поля

Структура решений однородного и неоднородного уравнений Клейна – Гордона – Фока. Функция Паули – Иордана и решение задачи Коши. Запаздывающая и причинная функции Грина. Пропагатор как среднее по вакууму от хронологического произведения операторов поля. Структура энергии – импульса поля. Нормальная форма наблюдаемых (тривиальность вакуумного вклада). Инвариантная мера в импульсном пространстве (мера Лобачевского) и релятивистский оператор положения. Структура собственной функции оператора положения и радиус локализации частицы.

Тема 7. Квантование массивного векторного поля

Уравнения Прока как обобщение уравнений Максвелла, условие Лоренца. Решение задачи Коши для уравнений Прока. Фурье-представление решений и структура наблюдаемых: энергия, импульс, спин. Перестановочные соотношения для полей и фурье-амплитуд. Круговой (циклический) базис. Структура пропагатора.

Тема 8. Квантование электромагнитного поля

Поперечность реальных фотонов и нековариантность кулоновской калибровки. Лагранжиан Ферми и независимое квантование 4-потенциалов. Противоречивость перестановочных соотношений и определения вакуума. Духовые состояния (с отрицательной нормой). Дополнительное условие Ферми. Выделение физического (поперечного) сектора в гильбертовом пространстве. Структура наблюдаемых в круговом базисе. Индефинитная метрика.

Тема 9. Квантование спинорного поля

Лагранжиан и гамильтониан Дирака. Канонический формализм для уравнения Дирака. Разложение решения уравнения Дирака по базисным спинорам. Структура наблюдаемых и скалярного произведения. Антиперестановочные соотношения. Структура пропагатора.

Тема 10. Матрица рассеяния в квантовой теории поля

Различные квантовые схемы (картины): Гейзенберга, Шредингера, Дирака (взаимодействия). Учет взаимодействия в представлении Гейзенберга, фермионные и бозонные квантовые токи. Уравнения Янга – Фельдмана для интерполирующих полей. Входящие и выходящие асимптотические поля. Матрица рассеяния Уилера – Гейзенберга – Меллера и уравнение для нее в представлении Гейзенберга. Переход к представлению взаимодействия и гипотеза об адиабатическом включении взаимодействия. Уравнение Томонаги – Швингера для оператора преобразования и условие Блоха его интегрируемости.

Решение Дайсона уравнения Томонаги – Швингера и адиабатическая S-матрица Дайсона – Боголюбова (хронологическое упорядочение). Основные свойства S-матрицы: релятивистская (групповая) инвариантность и законы сохранения, унитарность как следствие адиабатической гипотезы (индекс дефекта и связанные состояния), причинность в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 11. Правила Фейнмана в квантовой электродинамике

Представление S-матрицы в виде функционального степенного ряда относительно функции включения взаимодействия. Теорема Вика для нормального и T-произведений. Приведение S-матрицы к нормальной форме:

правила Фейнмана в x - и p -представлениях. Древесное приближение. Учет тождественности частиц: эквивалентные диаграммы. Нормировка векторов начального и конечного состояний, вычисление сечений реакций (формула Мёллера). Расчет простейших эффектов в квантовой электродинамике: комптон - эффект (формула Клейна – Нишины - Тамма), рождение электрон-позитронных пар, тормозное излучение, рассеяние Мёллера и Баба. Метод проекционных операторов.

Тема 12. Учет радиационных поправок (теория возмущений)

Петлевые диаграммы и расходимости S-матрицы. Регуляризация причинных функций по Паули – Вилларсу. Учет размерных соображений и теорема Гейзенберга о ренормируемых и неренормируемых взаимодействиях: возможность отделить эффекты структуры частиц и эффекты взаимодействия в перенормируемых теориях. Методы вычисления интегралов Фейнмана в квантовой теории поля: \square -представление Боголюбова, параметризация Фейнмана, виковский поворот, размерная регуляризация. Диаграммы собственной энергии

электрона и фотона: массовый и поляризационный операторы. Индексы диаграммы и вершины. Обобщенная вершинная функция: теорема Фарри, тождество Уорда.

Устранение расходимостей в примитивно расходящихся, неприводимых и приводимых диаграммах: метод субинтегрирования или редукций Дайсона – Салама. R-операция Боголюбова, теорема Боголюбова – Парасюка – Хеппа.

Тема 13. Метод полных функций Грина

Сильно- и слабо-связные графы, скелетные диаграммы и их суммирование по Дайсону. Полные функции Грина электрона и фотона и уравнения Дайсона. Спектральное представление Челлена – Лемана для полных функций Грина. Уравнения Швингера в вариационных производных, их эквивалентность уравнениям Дайсона. Методы решения уравнений Швингера: 3ω -приближение, метод Тамма – Данкова, функциональное преобразование Фурье (метод производящего функционала или метод источников Швингера). Основные эффекты квантовой электродинамики: Дельбрюк-эффект (рассеяние света на внешнем поле), Юлинг-эффект (поляризация вакуума), аномальный магнитный момент электрона, лэмбовский сдвиг. Уравнение Бете – Солпитера для двухчастичной функции Грина и для волновой функции связанного состояния двух заряженных частиц.

Тема 14. Аксиоматическая теория S-матрицы

Теория рассеяния Хаага – Рюэля и требование асимптотической полноты. Редукционные формулы Лемана – Симанчика – Циммермана для элементов S-матрицы и схемы Боголюбова – Медведева – Поливанова и Вайтмана в аксиоматической локальной теории поля. Принцип спектральности. СРТ-теорема, связь спина со статистикой и теорема Хаага. Необходимость «странных» представлений перестановочных соотношений. Спектральное представление запаздывающего коммутатора токов Йоста – Лемана – Дайсона, аналитичность амплитуды рассеяния и дисперсионные соотношения. Дисперсионные правила сумм.

Учебно-тематический план

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Лаб. занятия | Практ. занятия / семинары | Из них в ИФ | СРА | Всего часов |
|-------|--|--------|--------------|---------------------------|-------------|-----|-------------|
| 1. | «Наивный» подход к квантованию поля: функциональный метод. Поле как совокупность осцилляторов – метод вторичного квантования. Единственность представления Фока перестановочных соотношений. | 3 | | 3 | | 8 | 14 |
| 2. | Структура пространства Гильберта в теории поля. Пространство Фока. Тензорное представление операторов в квантовой теории поля в пространстве Фока. Правило суперотбора. Общие принципы квантования полей: правило Дирака и динамический принцип Швингера – Фейнмана. | 2 | | 2 | 1 | 8 | 12 |
| 3. | Канонический формализм в теории поля. Скобки Пуассона | 3 | | 3 | 1 | 8 | 14 |

| | | | | | | | |
|----|--|---|--|---|---|---|----|
| | в голономном базисе. Алгебраические свойства операторов поля и следствия динамического принципа Швингера – Фейнмана. Теорема Людерса – Паули о связи спина со статистикой. | | | | | | |
| 4. | Разбиение полей на положительно- и отрицательно-частотные компоненты. Операторы рождения и уничтожения в спиральном базисе. Квантование скалярного поля. Причинная функция Фейнмана. Релятивистский оператор положения. Квантование векторного массивного поля. Условие Лоренца. | 2 | | 2 | 1 | 8 | 12 |
| 5. | Квантование электромагнитного поля. Духовые состояния. Условие Ферми. Квантование спинорного поля Дирака. Ренормируемые и неренормируемые теории поля. Теорема Гейзенберга. Общие свойства матрицы рассеяния. Условие причинности Боголюбова. Матрица рассеяния в квантовой теории поля в представлении Гейзенберга. Уравнения Янга – Фельдмана. | 2 | | 2 | 2 | 7 | 11 |
| 6. | Представление взаимодействия. Уравнение Томонаги – Швингера. Адиабатическая матрица рассеяния Дайсона – Боголюбова. Приведение матрицы рассеяния к нормальной форме: правила Фейнмана в x -пространстве. Вычисление матричных элементов S -матрицы: правила Фейнмана в p -пространстве. | 2 | | 2 | 1 | 7 | 11 |
| 7. | Формула Мёллера для сечения двухчастичного рассеяния. Комптон-эффект. Метод проекционных операторов для вычисления матричных элементов матрицы рассеяния. Учёт радиационных поправок в S -матрице. Массовый и поляризационный операторы в кванто- | 2 | | 2 | 2 | 7 | 11 |

| | | | | | | | |
|----|--|----|--|----|---|----|-----|
| | вой электродинамике. | | | | | | |
| 8. | Регуляризация по Паули-Вилларсу. R -операция Боголюбова. Спектральное представление Челлена – Лемана для полных функций Грина. Уравнения Дайсона для полных функций Грина в квантовой электродинамике. | 2 | | 2 | 1 | 7 | 11 |
| 9. | Уравнения Швингера для полных функций Грина в квантовой электродинамике. Основные эффекты квантовой электродинамики: экранировка заряда, аномальный магнитный момент электрона, лэмбовский сдвиг уровней в атоме водорода. | 2 | | 2 | | 8 | 12 |
| | ИТОГО | 20 | | 20 | 8 | 68 | 108 |

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория или учебная аудитория с возможностью использования проектора и компьютерной техники для занятий по представлению презентационных материалов обучающимися. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины:

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).
- ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)).

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

- Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
- Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
- Taylor & Francis <http://www.informaworld.com>. Коллекция журналов насчитывает более 1000 именованных по всем областям знаний.
- Электронная библиотека <http://www.rsl.ru/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

Литература

1. В.А. Рубаков. Классические калибровочные поля. Бозонные теории. -М.: 2005.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика в 10 томах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.

Список дополнительной литературы и источников в интернете

1. Учебное пособие для вузов. / Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.

Квантовая электродинамика. — 4-е изд., испр. — М.: Физматлит, 2002 - 720 с.: ил.

2. С. Вайнберг. Квантовая теория поля. В 2-х томах. М.: 2003.

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

Организационно-методическое построение курса.

Курс состоит из лекций, практических занятий (семинаров), предусмотрено проведение консультаций. Лекции проводятся в интерактивном режиме – слушатели вовлекаются в дискуссию методом постановки вопросов по представленному материалу, а также по материалу, отвечающему базовому уровню подготовки. Вопросы формулируются в форме, провоцирующей активную реакцию слушателей.

Формат семинара – разбор материала, данного слушателям для самостоятельной проработки с целью лучшего усвоения и закрепления полученных знаний, а также для получения опыта их практического использования. Материал имеет форму практических задач, решение которых требует как аналитических, выкладок так иногда и ограниченного компьютерного моделирования. Семинар проходит в дискуссионной форме и носит характер мастер-класса.

Промежуточная аттестация в течение семестра проводится в виде теста по пройденному материалу. В конце семестра – экзамен в письменной форме. Экзаменационная заданье содержит только задачи, решение которых требует активного использования полученных в течение семестра знаний. После собеседования выставляется итоговая оценка.

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

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Квантовая теория поля» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.06.01 «Физика и астрономия»

Директор института физических исследований и технологий,

д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза