|  |
| --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»** |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  |  |
|  |  |  |  | **Директор физтех-школы фундаментальной и прикладной физики** |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Киселев** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** |
| **по дисциплине:** | Квантовая теория поля |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 4 |
| **квалификация:** | бакалавр |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 7(Осенний) - Экзамен |  |  |
|  |  | 8(Весенний) - Экзамен |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: |  |  |
|  | лекции: 60 час. |  |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа: 60 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подготовка к экзамену: 60 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 180, всего зач. ед.: 5 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | М.В. Либанов, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программа обсуждена на заседании кафедры**  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 марта 2017 г. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| СОГЛАСОВАНО: |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Заведующий кафедрой | В.А. Матвеев |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Начальник учебного управления | И.Р. Гарайшина |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Декан факультета | А.Г. Леонов |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Цели и задачи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цель дисциплины** |  |  |  |  |  |  |
| - изучение методов квантовой теории поля и формирование базовых знаний в этой области знания для дальнейшего использования в других областях современной теоретической физики. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
|  освоение методов квантования свободных полей; |
|  изучение S-матричного описания взаимодействующих полей; |
|  приобретение навыков построения диаграмм Фейнмана; |
|  обучение вычислению вероятностей процессов с участием элементарных частиц. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс «Квантовая теория поля» относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Квантовая теория поля» базируется на дисциплинах: |
| Введение в физику элементарных частиц; |
| Теория поля. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Квантовая теория поля» предшествует изучению дисциплин: |
| Физика нейтрино; |
| Дополнительные разделы квантовой теории поля; |
| Проблемы теории элементарных частиц и космологии. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: |
| способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7); |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
| - принципы квантования свободных полей. |
| **уметь:** |  |  |
| - строить диаграммы Фейнмана и находить амплитуды процессов, вычислять ширины распадов и сечения процессов рассеяния. |
| **владеть:** |  |  |
| - навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу  |
|  |  | Лекции | Практичес- кие и семинарские занятия | Лаборат. работы | Задания, курсовые работы | Самост. работа |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Введение. Лагранжев формализм, симметрии, теорема Нетер. | 3 |  |  |  | 5 |
| 2 | Действительное свободное скалярное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства классических решений. Комплексное скалярное поле | 4 |  |  |  | 5 |
| 3 | Электромагнитное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства решений, калибровочный принцип. Особенности массивного векторного поля. | 3 |  |  |  | 5 |
| 4 | Поле Дирака. Построение уравнений движения, матрицы Дирака, релятивистская ковариантность, спинорное представление группы Лоренца. | 4 |  |  |  | 5 |
| 5 | Поле Дирака. Свойства решений. Лагранжев формализм. Безмассовое спинорное поле. | 3 |  |  |  | 5 |
| 6 | Принципы квантования волновых полей. Каноническое квантование. Операторное квантование. Представление Шредингера и Гейзенберга. Релятивистская схема квантования. | 4 |  |  |  | 5 |
| 7 | Перестановочные соотношения. Квантование по Ферми--Дираку и Бозе--Эйнштейну. Амплитуда состояния в фоковском представлении. | 3 |  |  |  | 5 |
| 8 | Квантование свободного скалярного поля. Квантование свободного массивного векторного поля. | 2 |  |  |  | 5 |
| 9 | Особенности квантования электромагнитного поля. | 2 |  |  |  | 4 |
| 10 | Квантование свободного поля Дирака. Зарядовое сопряжение. | 2 |  |  |  | 4 |
| 11 | PT-преобразования в квантовой теории. CPT-теорема | 2 |  |  |  |  |
| 12 | Лагранжев формализм в теории взаимодействующих полей. Принципы построения лагранжианов. Калибровочная симметрия. Механизм Хиггса. | 4 |  |  |  | 1 |
| 13 | Квантование взаимодействующих полей. Представление взаимодействия. S-матрица, T-произведение операторов, свойства S-матрицы. | 3 |  |  |  | 2 |
| 14 | Теоремы Вика. Функции Грина свободных полей. Запаздывающая функция Грина скалярного поля. | 4 |  |  |  | 1 |
| 15 | Функции Грина свободных полей. Пропагатор скалярного поля. Пропагаторы других полей. | 4 |  |  |  | 2 |
| 16 | Диаграммы Фейнмана для оператора S-матрицы на примере теории и КЭД | 3 |  |  |  | 1 |
| 17 | Правила Фейнмана в импульсном пространстве для матричных элементов | 4 |  |  |  | 2 |
| 18 | Вычисление вероятностей процессов | 4 |  |  |  | 1 |
| 19 | Пример вычисления конкретного процесса | 2 |  |  |  | 2 |
| Итого часов | 60 |  |  |  | 60 |
| Подготовка к экзамену | 60 час. |
| Общая трудоёмкость | 180 час., 5 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 7 (Осенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Введение. Лагранжев формализм, симметрии, теорема Нетер. |
|  |  |  |
|  | Обозначения и система единиц. Лагранжев формализм, принципы построения лагранжианов, Группа Лоренца и ее тензорные представления. Симметрии и теорема Нетер: тензор энергии-импульса, момента, токи, отвечающие внутренним симметриям. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Действительное свободное скалярное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства классических решений. Комплексное скалярное поле |
|  |  |  |
|  | Действительное свободное скалярное поле. Принцип построение Лагранжиана, вывод уравнений поля. Решение уравнений: представление в виде плоских волн. Динамические сохраняющиеся величины в импульсном пространстве. Комплексное скалярное поле. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Электромагнитное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства решений, калибровочный принцип. Особенности массивного векторного поля. |
|  |  |  |
|  | Электромагнитное поле. Лагранжиан. Уравнения поля в ковариантном виде. Свойства решений, калибровочный принцип. Динамические сохраняющиеся величины в импульсном пространстве. Особенности массивного векторного поля: Лагранжиан и уравнения движения, поперечность. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Поле Дирака. Построение уравнений движения, матрицы Дирака, релятивистская ковариантность, спинорное представление группы Лоренца. |
|  |  |  |
|  | Поле Дирака. Построение уравнений движения (релятивистская квантовая механика). Алгебра матриц Дирака, представления матриц Дирака. Релятивистская ковариантность уравнения Дирака, получение спинорного представление группы Лоренца. Построение тензорных представлений группы Лоренца из спинорного. Р-преобразование спиноров. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Поле Дирака. Свойства решений. Лагранжев формализм. Безмассовое спинорное поле. |
|  |  |  |
|  | Поле Дирака. Лагранжев формализм. Свойства решений: разложение по спиновым состояниям. Безмассовое спинорное поле: спиральность и киральность. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6. Принципы квантования волновых полей. Каноническое квантование. Операторное квантование. Представление Шредингера и Гейзенберга. Релятивистская схема квантования. |
|  |  |  |
|  | Принципы квантования волновых полей. Каноническое квантование. |
|  | Поле как система осцилляторов с бесконечным числом степеней свободы. Операторное квантование. Представление Шредингера и Гейзенберга. Релятивистская схема квантования. Постулат квантования. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 7. Перестановочные соотношения. Квантование по Ферми--Дираку и Бозе--Эйнштейну. Амплитуда состояния в фоковском представлении. |
|  |  |  |
|  | Физический смысл операторов рождения и уничтожения. Амплитуда состояния в фоковском представлении. Нахождение перестановочных соотношений. Квантование по Ферми--Дираку и Бозе--Эйнштейну. Теорема Паули. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 8. Квантование свободного скалярного поля. Квантование свободного массивного векторного поля. |
|  |  |  |
|  | Квантование свободного скалярного поля. Нормировка состояний. Квантование свободного массивного векторного поля. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 9. Особенности квантования электромагнитного поля. |
|  |  |  |
|  | Особенности и проблемы квантования электромагнитного поля. Метод Гупта-Блейера. Пространство физических состояний. Ненаблюдаемость временных и продольных фотонов. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 10. Квантование свободного поля Дирака. Зарядовое сопряжение. |
|  |  |  |
|  | Квантование свободного поля Дирака. Степени свободы. Зарядовое сопряжение: С-матрица. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 8 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 11. PT-преобразования в квантовой теории. CPT-теорема |
|  |  |  |
|  | PT-преобразования в квантовой теории. Нахождение операторов, осуществляющих РТ-преобразование. Антиунитарность Т-преобразования. Преобразование амплитуд состояний при РТ. Р и Т-четность частиц. CPT-теорема. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 12. Лагранжев формализм в теории взаимодействующих полей. Принципы построения лагранжианов. Калибровочная симметрия. Механизм Хиггса. |
|  |  |  |
|  | Лагранжев формализм в теории взаимодействующих полей. Принципы построения лагранжианов. Калибровочная симметрия. Спонтанное нарушение глобальной симметрии. Теорема Голдстоуна, голдстоуновские бозоны. Механизм Хиггса, массы калибровочных бозонов. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 13. Квантование взаимодействующих полей. Представление взаимодействия. S-матрица, T-произведение операторов, свойства S-матрицы. |
|  |  |  |
|  | Квантование взаимодействующих полей. Представление взаимодействия. S-матрица. Нахождение S-матрицы с помощью уравнения Шредингера. T-произведение операторов. Аксиоматическая теория и свойства S-матрицы. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 14. Теоремы Вика. Функции Грина свободных полей. Запаздывающая функция Грина скалярного поля. |
|  |  |  |
|  | Приведение произведения операторов к нормальной форме. Теоремы Вика. Спаривание и Т-спаривание. Функции Грина свободных полей как решения свободных уравнений с источником. Запаздывающая функция Грина скалярного поля. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 15. Функции Грина свободных полей. Пропагатор скалярного поля. Пропагаторы других полей. |
|  |  |  |
|  | Функции Грина свободных полей. Пропагатор скалярного поля. Пропагатор в импульсном пространстве. Явное решение уравнения Клейна-Гордона в координатном пространстве: переход к евклидовому пространству, особенности пропагатора. Пропагаторы других полей, особенности ЭМП. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 16. Диаграммы Фейнмана для оператора S-матрицы на примере теории и КЭД |
|  |  |  |
|  | Вывод правил Фейнмана для оператора S-матрицы на примере теории и КЭД. Вычисление симметрийных коэффициентов. Особенности фермионного поля. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 17. Правила Фейнмана в импульсном пространстве для матричных элементов |
|  |  |  |
|  | Переход в импульсное пространство. Формулировка правил Фейнмана. Примеры построения диаграмм. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 18. Вычисление вероятностей процессов |
|  |  |  |
|  | Получение формул для вычисления вероятностей процессов. Ширина распада и сечение рассеяния. Двухчастичный фазовый объем. Явные выражения для ширины и сечения в случае двухчастичного конечного состояния. Переменные Мандельстама. Учет поляризации. Получение явных выражений для ЭМП и массивного векторного поля. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 19. Пример вычисления конкретного процесса |
|  |  |  |
|  | Вычисление ширины массивного векторного бозона. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |
|  | Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, доской. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Основная литература |  |
|  | 1. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Введение в теорию квантованных полей. Собрание научных трудов в 12 томах. Квантовая теория. Том 10. Издательство Московского Университета, 2008 г.
2. М.Пескин, Д.Шрёдер. Введение в квантовую теорию поля. Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. Физматлит, 2012.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Введение в теорию квантованных полей. - М.: Наука, 1984.
2. К.Ициксон, Ж.-Б.Зюбер. Квантовая теория поля. В 2-х томах. - М.: 1984.
3. Дж.Д.Бьеркен, С.Д.Дрелл. Релятивистская квантовая теория. В 2-х томах. - М.: Наука, 1978.
4. Т.-П.Ченг, Л.-Ф.Ли. Калибровочные теории в физике элементарных частиц. - М.: Мир, 1987.
5. М.Б.Волошин, К.А.Тер-Мартиросян. Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Л.Райдер. Квантовая теория поля. - М.: Мир, 1987.
7. П.Рамон, Теория поля. Современный вводный курс. - М.: Мир, 1984.
8. Л.Б.Окунь. Лептоны и кварки. - М.: Наука, 1990.
9. S.Weinberg. Quantum theory of fields. Cambridge University Press, vol.1: 1995; vol.2: 1997.
10. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика. Т. IV, - М.: Наука, 1989.
11. В.А.Рубаков. Классические калибровочные поля. Эдиториал УРСС, 1999
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Введение в теорию квантованных полей. - М.: Наука, 1984. |
|  | 2. К.Ициксон, Ж.-Б.Зюбер. Квантовая теория поля. В 2-х томах: - М.: 1984. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | http://inspirehep.net/ |
|  | http://xxx.lanl.gov/ |
|  | http://mathnet.ru – общероссийский математический портал.  |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование».  |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование различных программных средств. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Студент, изучающий курс «Дополнительные разделы квантовой теории поля», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, уверенно |
| разбираться в таких разделах квантовой теории поля, как высшие радиационные поправки и аналитические свойства функций Грина. Обучающийся должен уметь применять полученные знания для решения различных задач современной теоретической физики. Изучение теоретического курса должно выполняться самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, при этом используются конспект лекций, учебники, рекомендуемые данной программой. По заданию преподавателя решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий, используются конспект лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия. |
| Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя: |
| – чтение и конспектирование рекомендованной литературы, |
| – проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств; |
| – решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях, |
| – подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, экзамену. |
| Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. |
| Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения и экспериментальные данные.  |
| При подготовке к занятиям необходимо повторять ранее пройденный материал. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, подготовка к практическому занятию, решение задач. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия. |
| Сдача экзаменов осуществляется в форме доклада по решенным, заранее выданным, задачам повышенной сложности.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Приложение |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** |
| **ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ** |
| **ПО ДИСЦИПЛИНЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики |
|  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 4 |  |  |
| **квалификация:** | бакалавр |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 7(Осенний) - Экзамен |  |  |
|  |  | 8(Весенний) - Экзамен |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Разработчик:** | М.В. Либанов, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7); |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Квантовая теория поля» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
| - принципы квантования свободных полей. |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
| - строить диаграммы Фейнмана и находить амплитуды процессов, вычислять ширины распадов и сечения процессов рассеяния. |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
| - навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Квантовая теория поля» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме. |
| Сдача экзаменов осуществляется в форме доклада по решенным, заранее выданным, задачам повышенной сложности. |
| Перечень контрольных вопросов: |
| Семестр: 7 (осенний) |
| 1. Лагранжев формализм, принципы построения лагранжианов. |
| 2. Группа Лоренца и ее тензорные представления.  |
| 3. Симметрии и теорема Нетер: тензор энергии-импульса, момента, токи, отвечающие внутренним симметриям. |
| 4. Действительное свободное скалярное поле. Принцип построение Лагранжиана, вывод уравнений поля.  |
| 5. Электромагнитное поле. Лагранжиан. Уравнения поля в ковариантном виде.  |
| 6. Свойства решений уравнений поля, калибровочный принцип.  |
| 7. Поле Дирака. Построение уравнений движения (релятивистская квантовая механика). Алгебра матриц Дирака, представления матриц Дирака.  |
| 8. Релятивистская ковариантность уравнения Дирака, получение спинорного представление группы Лоренца.  |
| 9. Построение тензорных представлений группы Лоренца из спинорного. Р-преобразование спиноров. |
| 10. Поле Дирака. Лагранжев формализм. Свойства решений: разложение по спиновым состояниям.  |
| 11. Безмассовое спинорное поле: спиральность и киральность. |
| 12. Принципы квантования волновых полей. Каноническое квантование. |
| 13. Поле как система осцилляторов с бесконечным числом степеней свободы. Операторное квантование.  |
| 14. Представление Шредингера и Гейзенберга. Релятивистская схема квантования.  |
| 15. Физический смысл операторов рождения и уничтожения. Нахождение перестановочных соотношений.  |
| 16. Квантование по Ферми--Дираку и Бозе--Эйнштейну. Теорема Паули. |
| 17. Квантование свободного скалярного поля. Нормировка состояний.  |
| 18. Квантование свободного массивного векторного поля. |
| 19. Особенности и проблемы квантования электромагнитного поля. |
| 20. Квантование свободного поля Дирака. С-матрица. |
|  |
| Семестр: 8 (весенний) |
| 1. PT-преобразования в квантовой теории. Нахождение операторов, осуществляющих РТ-преобразование. |
| 2. Р и Т-четность частиц. CPT-теорема. |
| 3. Лагранжев формализм в теории взаимодействующих полей. Принципы построения лагранжианов.  |
| 4. Калибровочная симметрия. Спонтанное нарушение глобальной симметрии.  |
| 5. Теорема Голдстоуна, голдстоуновские бозоны.  |
| 6. Механизм Хиггса, массы калибровочных бозонов. |
| 7. Квантование взаимодействующих полей. |
| 8. Представление взаимодействия. S-матрица.  |
| 9. Аксиоматическая теория и свойства S-матрицы. |
| 10. Приведение произведения операторов к нормальной форме. Теоремы Вика. |
| 11. Функции Грина свободных полей как решения свободных уравнений с источником.  |
| 12. Запаздывающая функция Грина скалярного поля. |
| 13. Функции Грина свободных полей. Пропагатор скалярного поля.  |
| 14. Явное решение уравнения Клейна-Гордона в координатном пространстве: переход к евклидовому пространству, особенности пропагатора.  |
| 15. Вывод правил Фейнмана для оператора S-матрицы на примере теории и КЭД. Вычисление симметрийных коэффициентов. Особенности фермионного поля. |
| 16. Переход в импульсное пространство. Формулировка правил Фейнмана.  |
| 17. Получение формул для вычисления вероятностей процессов. Ширина распада и сечение рассеяния.  |
| 18. Получение явных выражений для ЭМП и массивного векторного поля. |
| 19. Вычисление ширины массивного векторного бозона. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Критерии оценивания** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материма, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы. |
| Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе па экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения. |
| Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей. |
| Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей. |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
| Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов). |
| Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышает двух астрономических часов.  |
| Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |