МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВПО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
_____
Будаев В. М.
_____
"1" 10 2015 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.1.1 Введение в квантовую теорию поля

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Профиль подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК факультета

_____

Протокол №34 от «31» августа 2015 г.

Председатель _____

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №1
От «28» августа 2015 г.

И.о. зав. кафедрой _____
С.Э. Коренблит

Иркутск 2015 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля) 3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП. 3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) 3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения) 3
5. Содержание дисциплины (модуля) 4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) 4
Раздел 1. СВОБОДНЫЕ КЛАССИЧЕСКИЕ ПОЛЯ 4
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями) 5
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов. 6
6.1. План самостоятельной работы студентов 7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов 8
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) 8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):**Ошибка! Закладка не о**
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**Ошибка! Закладка не определена.**
10. Образовательные технологии ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
11. Оценочные средства (ОС). ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

«Введение в квантовую теорию поля» начинает курс специальных дисциплин по теоретической физике и предполагает знание основ механики, электродинамики, квантовой механики, а также основ математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений.

Цели курса

Целью курса «Введение в квантовую теорию поля» является ознакомление с основными идеями и методами квантовой теории поля, используемыми в физике элементарных частиц, астрофизике, физике космических лучей и составляющими основу теоретического описания широкого круга физических явлений.

Задачи курса

Данный курс призван решать следующие задачи:

- знакомство с основополагающими принципами, понятиями и гипотезами, лежащими в основе описания квантовополевых систем;
- изучение методов квантовой теории поля;
- знакомство с основными физическими явлениями, описываемыми квантовой теорией поля;

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к самостоятельному изучению фундаментальных основ науки.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.

При изучении курса «Введение в квантовую теорию поля» используются знания, приобретенные при изучении основных физических и математических курсов, а также спецкурсов по релятивистской квантовой теории и теории излучения. Курс «Введение в квантовую теорию поля» является базовым для изучения такого курса как «Квантовая электродинамика», а также курсов по физике частиц и астрофизике.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;
ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.
В результате изучения курса студент должен иметь представление:
- о процедуре квантования полей;
- об основных типах взаимодействий и методах вычислений в квантовой теории поля;
- об основных проблемах квантовой теории поля;

знать и уметь использовать:
- методы вычислений во вторично квантованной теории;
- вычисление сечений и вероятностей распадов;
- правила Фейнмана вычисления матричных элементов в КЭД.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, **144** часа.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ ПО ТЕМАМ И ВИДАМ РАБОТ

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры	
		6	
Аудиторные занятия (всего)	54 / 1,5	54	
В том числе:	-	-	-
Лекции	18 / 0,5	18	
Практические занятия (ПЗ)	36 / 1	36	
Самостоятельная работа (всего)	90 / 2,5	90	
В том числе:	-	-	-
Курсовой проект (работа)			
Контроль самостоятельной работы			
Самостоятельная работа студентов	90	90	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)			
Контактная работа (всего)	54 / 1,5	54	
Общая трудоемкость часы	144	144	
зачетные единицы	4	4	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. СВОБОДНЫЕ КЛАССИЧЕСКИЕ ПОЛЯ

1. Лагранжиан. Теорема Нетер.
2. Скалярное поле. Энергия-импульс скалярного поля.
3. Массивное векторное поле. Локальный репер.
4. Электромагнитное поле.
5. Поле Дирака.

Раздел 2. КВАНТОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ПОЛЕЙ

6. Представление чисел заполнения. Каноническое квантование. Представление Шредингера и Гайзенберга.
7. Релятивистская схема квантования полей.
8. Перестановочные соотношения. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.
9. Квантование полей с целым спином. Квантование электромагнитного поля.
10. Квантование поля Дирака.

Раздел 3. ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОЛЯ

11. Лагранжианы взаимодействия. Электромагнитное поле как калибровочное.
12. Неабелевы калибровочные поля. Лагранжиан КХД.
13. Лагранжиан слабых взаимодействий, промежуточный бозон, спонтанное нарушение симметрии.

14. Диагонализация модельных гамильтонианов.

Раздел 4. МАТРИЦА РАССЕЯНИЯ, ДИАГРАММЫ ФЕЙНМАНА

15. Представление взаимодействия. Матрица рассеяния.
16. Теоремы Вика.
17. Функции Грина свободных полей. Причинная функция Грина.
18. Диаграммы Фейнмана. Правила Фейнмана КЭД в импульсном представлении.

5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)									
1.	Квантовая электродинамика	1.1	1.5	2.9	2.10	4.17	4.18				

Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. Зан.	СРС	Всего
1.	Раздел 1	Тема 1	1	2	-	-	5	8
2		Тема2	1	2	-	-	5	8
3		Тема 3	1	2	-	-	5	8
4		Тема 4	1	2	-	-	5	8
5		Тема 5	1	2	-	-	5	8
6	Раздел 2	Тема 6	1	2	-	-	5	8
7		Тема 7	1	2	-	-	5	8
8		Тема 8	1	2	-	-	5	8
9		Тема 9	1	2	-	-	5	8
10		Тема 10	1	2	-	-	5	8
11	Раздел 3	Тема 11	1	2	-	-	5	8
12		Тема 12	1	2	-	-	5	8
13		Тема 13	1	2	-	-	5	8
14		Тема 14	1	2	-	-	5	8
15	Раздел 4	Тема 15	1	2	-	-	5	8
16		Тема 16	1	2	-	-	5	8
17		Тема 17	1	2	-	-	5	8
18		Тема 18	1	2	-	-	5	8

6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Темы семинарских занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	Раздел 1, Тема 1	Теорема Нетер и сохраняющиеся величины.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Вычисление энергии-импульса скалярного поля	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
3.	Раздел 1, Тема 3	Векторное поле, дополнительные условия.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
4.	Раздел 1, Тема 4	Классическое электромагнитное поле и его динамические величины.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
5.	Раздел 1, Тема 5	Энергия-импульс поля Дирака	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
6.	Раздел 2, Тема 6	Представление Шредингера, Гайзенберга	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
7.	Раздел 2, Тема 7	Различные схемы квантования	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
8.	Раздел 2, Тема 8	Типы перестановочных соотношений	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
9.	Раздел 2, Тема 9	Квантование массивного векторного поля, электромагнитного поля.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
10.	Раздел 2, Тема 10	Квантованное поле Дирака, связь спина и статистики	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
11.	Раздел 3, Тема 11	Абелева калибровочная симметрия и электромагнитное поле.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
12.	Раздел 3, Тема 12	Неабелева калибровочная симметрия.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
13.	Раздел 3, Тема 13	Неабелева калибровочная симметрия и возникновение массы.	2	Задание на семинаре в	ОПК-3, ПК-1

				виде задачи	
14.	Раздел 3, Тема 14	Простые системы со смешиванием и взаимодействием.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
15.	Раздел 4, Тема 15	Матрица рассеяния и лагранжиан взаимодействия.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
16.	Раздел 4, Тема 16	Теоремы Вика и вычисление матричных элементов.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
17.	Раздел 5, Тема 17	Различные функции Грина и граничные условия.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1
18.	Раздел 5, Тема 18	Диаграммы Фейнмана и вычисление матричных элементов.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-3, ПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Теорема Нетер	Внеаудиторная, решение задач	Момент импульса	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	5
2	Энергия-импульс скалярного поля	Внеаудиторная, решение задач	Вектор тока и заряд. Решение уранения Клейна-Гордона.		5
3	Векторное поле	Внеаудиторная, решение задач	Диагонализация энергии-импульса.		5
4	Электромагнитное поле	Внеаудиторная, решение задач	Обобщенный лагранжиан, калибровки.		5
5	Поле Дирака	Внеаудиторная, решение задач	Решение уравнения Дирака, спиновые степени свободы.		5
6	Каноническое квантование	Внеаудиторная, решение задач	Гамильтонов подход и вторичное квантование		5
7	Релятивистская схема квантования	Внеаудиторная, решение задач	Представление Фока и законы сохранения.		5
8	Перестановочные соотношения	Внеаудиторная, решение задач	Зарядовая симметрия и типы перестановочных соотношений.		5
9	Электромагнитное поле	Внеаудиторная, решение задач	Вычисление динамических величин квантованного поля.		5

10	Квантование поля Дирака	Внеаудиторная, решение задач	Динамические величины дираковского поля.		5
11	Калибровочная симметрия	Внеаудиторная, решение задач	Обобщенный лагранжиан, квантование и условия калибровки.		5
12	Неабелева калибровочная симметрия	Внеаудиторная, решение задач	Лагранжиан КХД, основные свойства.		5
13	Слабые взаимодействия и массивный переносчик.	Внеаудиторная, решение задач	Спонтанное нарушение симметрии и возникновение массы.		5
14	Вторично квантованные теории	Внеаудиторная, решение задач	Гамильтонов подход, модель статического источника.		5
15	Матрица рассеяния	Внеаудиторная, решение задач	Хронологическое произведение, хронологическая экспонента.		5
16	Теоремы Вика	Внеаудиторная, решение задач	Приведение к нормальной форме		5
17	Функции Грина	Внеаудиторная, решение задач	Причинная фунция Грина, свойства. Особенности на световом фокусе.		5
18	Диаграммы Фейнмана	Внеаудиторная, решение задач	Диаграммы Фейнмана в различных теориях.		5

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины (параллельно с лекциями) предлагаются задачи по изучаемым разделам и график их изучения. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 8, а затем решит предложенные в п. 6.1 задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов)

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Боголюбов, Н. Н. Собрание научных трудов в 12 т.: Квантовая теория: [в 4 т.] / Н. Н. Боголюбов; Рос. акад. наук. - М. : Наука, 2005. - Т. 10 : Введение в теорию квантовых полей / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков ; ред.-сост. А. Д. Суханов. - 2008. - 736 с. - ISBN 978-5-02-035721-1 (3)

б) дополнительная литература:

1. Боголюбов, Н. Н. Квантовые поля: учеб. пособие для вузов / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков ; Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - 3-е изд., доп. - М.: Физматлит, 2005. - 383 с. - ISBN 5-9221-0580-9 (1)
2. Бьёркен Д.Д. Релятивистская квантовая теория / Д. Д. Бьеркен. - Т.1 (1 экз.)
3. Петрина, Д. Я. Квантовая теория поля / Д. Я. Петрина. - 2-е изд. - М.: Либроком, 2014. - 247 с. - ISBN 978-5-397-04311-3 (1)

Сверено с НБ ИГУ

в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы

http://library.isu.ru/ - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- https://isu.bibliotech.ru/ - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- http://e.lanbook.com - ЭБС «Издательство «Лань»;
- http://rucont.ru - ЭБС «Руконт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- http://ibooks.ru/ - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

При необходимости – мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материала.

10. Образовательные технологии

При изучении данной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Компьютерные симуляции для демонстрации различных механических процессов;
2. Семинарские занятия с ведущими российскими и зарубежными физиками, приглашенными из других организаций, научных и образовательных.

11. Оценочные средства (ОС).

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Контрольная работа	Теоремы Вика	ОПК-3, ПК-1
2	Контрольная работа	Правила Фейнмана КЭД	ОПК-3, ПК-1

Вариант контрольной работы №2

1. Нарисовать все диаграммы низшего порядка а) для процесса $e^+e^- \to e^+e^-$, б) для процесса $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$. Написать матричный элемент для одной из них.
2. Написать матричный элемент диаграммы Комптон-эффекта на скалярной частице в низшем порядке

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

1. Теорема Нетер. Энергия-импульс.
2. Теорема Нетер. Момент количества движения и спин.
3. Теорема Нетер. Вектор тока и заряд.
4. Свободное скалярное поле, решение уравнения Клейна-Гордона.
5. Свободное скалярное поле, энергия поля.
6. Массивное векторное поле, лагранжиан и уравнения движения.
7. Массивное векторное поле, переход к локальному реперу.
8. Электромагнитное поле, лагранжиан и уравнения движения.
9. Электромагнитное поле, калибровочная инвариантность, условие Лоренца.
10. Электромагнитное поле, переход к локальному реперу.
11. Поле Дирака, лагранжиан, уравнения движения.
12. Решение уравнения Дирака, разложение по спиновым состояниям.
13. Квантование, корпускулярная трактовка чисел заполнения.
14. Представление Шредингера и Гайзенберга, каноническое квантование.
15. Релятивистская схема квантования полей.
16. Перестановочные соотношения, физический смысл частотных компонент.
17. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.
18. Квантование электромагнитного поля.
19. Квантование поля Дирака.
20. Лагранжианы взаимодействия, типы взаимодействий.
21. Локальная калибровочная инвариантность, лагранжиан КЭД.
22. Локальная калибровочная инвариантность, лагранжиан КХД.
23. Представление взаимодействия, S-матрица.
24. Теоремы Вика.
25. Функции Грина скалярного поля.
26. Функции Грина векторного и спинорного полей.
27. Правила Фейнмана КЭД.

Перечень контрольных вопросов по СРС

1. Примеры преобразований, сохраняющих действие.
2. Каноническое квантование, как оно связано с классической механикой?
3. Релятивистская схема квантования – суть подхода.
4. Квантование скалярного поля.
5. Квантование массивного векторного поля.
6. Квантование электромагнитного поля, индефинитная метрика.
7. Квантование поля Дирака.
8. Лагранжианы взаимодействия.
9. Калибровочная инвариантность, лагранжиан квантовой электродинамики.
10. Неабелева калибровочная инвариантность, лагранжиан КХД.
11. Матрица рассеяния.
12. Теоремы Вика.
13. Правила Фейнмана вычисления матричных элементов в импульсном представлении.
14. Калибровочная инвариантность матричных элементов.
15. Какова размерность лагранжиана?

Разработчики:

_____ профессор кафедры А.Е. Калошин
(подпись) теоретической физики

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«24» 08 2015 г.

Протокол № 1 И.о. зав. кафедрой _____

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.