

*Приложение к приказу первого проректора
по учебной и научной работе*

от _____ № _____

**Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины

Введение в квантовую электродинамику

Introduction to quantum electrodynamics

Язык(и) обучения
русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы:

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Обучение студентов основам квантовой теории поля, на примере квантовой электродинамики, формирование у студентов доказательного, логического мышления; развитие навыков самостоятельного решения практических задач, обеспечение базы для усвоения методов описания основных электродинамических явлений; подготовка к восприятию других теоретических дисциплин.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для освоения дисциплины необходимо знание квантовой и релятивистской механики, классической электродинамики, теории функций комплексных переменных, математической физики в объеме, типичном для бакалавриатов физико-математической направленности.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

Требования к уровню освоения дисциплины "Введение в квантовую электродинамику"

- знать содержание дисциплины и иметь достаточно полное представление о возможностях применения его разделов в различных областях физики;
- уметь применять методы описания основных электродинамических явлений, владеть основными методами вычисления амплитуд и сечений основных процессов;
- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной ядерной физики.
- владеть техникой вычисления основных характеристик основных (сечения реакций, ширины распадов и пр.);

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя)
- Семинар – практическое занятие в форме расчетов и построения моделей коллективное обсуждение заранее подготовленных сообщений

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																	
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем											Самостоятельная работа				Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																	
очная форма обучения																	
Семестр 1	30		2					2				46		28		108	3
	1-10		1-10					1-10				1-10		1-10			
ИТОГО	30		2					2				46		28		108	3

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 1		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): Семестр 1

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	1. Квантование скалярного поля: Уравнение Клейна-Гордона. Тензор и вектор скалярного поля. Положительно-частотные и отрицательно-частотные компоненты поля, их физический смысл. Калибровочная инвариантность и квантование заряженного комплексного скалярного поля. Перестановочные соотношения операторов поля и их связь со спином и статистикой частиц.	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	4 , 6
2	2. Квантование электромагнитного поля. Уравнение Прока для векторных частиц.4-вектор поляризации векторного поля. Условие Лоренца и калибровочная инвариантность. Квантование электромагнитное поля с учётом калибровочного произвола. Локальная калибровочная инвариантность.	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	2 , 7
3	3. Комплексное спинорное поле. Уравнение Дирака для спинорных частиц. Оператор заряда, тока и 4-вектор энергии-импульса спинорного поля. Решения уравнения Дирака для свободного невзаимодействующего спинорного поля , их свойства и физический смысл. Проекционные операторы. Специфика квантования спинорных полей. Перестановочная функция и её свойства.	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	4 , 7
4	4. Инвариантная теория возмущений. Представления операторов в квантовой теории и связь между ними. S – матрица в представлении взаимодействия. Физический смысл её матричных элементов и их вычисление.	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	4 , 6
5	5. Вычисление матричных элементов. Теорема Вика. Нормальные и хронологические свёртки операторов квантованных полей. Явный вид пропагаторов полей. Пропагатор электромагнитного поля в различных калибровках. Примеры вычисления матричных элементов электродинамических процессов с использованием теоремы Вика. Предварительные сведения о перенормировках."	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	4 , 6

6	<p>6. Диаграммы Фейнмана.</p> <p>Вычисление матричного элемента Комптоновского рассеяния в различных порядках теории возмущений. Обменные слагаемые в выражениях для матричных элементов. Переход к импульсному представлению. Вычисление матричного элемента электрон-позитронной аннигиляции. Графическое представление элементарных процессов, правила Фейнмана. Использование правил Фейнмана на примерах электрон-позитронного, электрон-мюонного, Комптоновского рассеяния, а также рассеяния электрона внешним полем.</p>	Лекции , , Сам.раб. с использованием методических материалов	6 , 7
7	<p>7. Вычисление вероятностей и сечений.</p> <p>Усреднение и суммирование по проекциям спинов фермионов и фотонов с помощью проекционных операторов. Вычисление шпуров. Правила Фейнмана для вычисления сечений. Вывод формул для сечения рассеяния электрона внешним полем, тормозного излучения, Кляйна-Нишины-Тамма для сечения Комптоновского рассеяния. Процессы с участием поляризованных частиц.</p>	Лекции , Сам.раб. с использованием методических материалов	6 , 7

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, содержащая разделы 2, 3.1 и 3.4 данной Рабочей программы

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться перечнем заданий для самостоятельной работы, специальная литература и ряд вопросов-заданий для самостоятельной работы с последующим изложением в аудитории.

Для самостоятельной работы над лекционным материалом слушатели используют интерактивные материалы доступные в различных поисковых системах, например, her-slac inspires.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Контрольные вопросы по ходу изложения лекций и возможность воспроизводить некоторые вычисления в процессе изложения лекционного материала.

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде устного экзамена и оцениваться на основании Балльно-рейтинговой системы. Целями введения балльно-рейтинговой системы являются стимулирование систематической учебной работы

студентов в течение всего периода обучения, повышение объективности оценки знаний студентов и мотивация их к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины в течение семестра.

Общее максимальное количество баллов – 100, из них за посещение и работу на лекциях – 10 баллов, за работу, выполняемую под руководством преподавателя – 20 баллов, за ответ на вопросы во время промежуточной аттестации – 70 баллов.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов..

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Задачи и вопросы с самостоятельной подготовкой и последующей их проверкой. Промежуточный зачёт. Предполагается болонская методика оценки полученных знаний.

Перечень билетов и задач для проведения промежуточной аттестации студентов.

Билет 1.

1. Квантование заряженного комплексного скалярного поля.
2. Представления операторов в квантовой теории и связь между ними.

Билет 2.

1. Квантование электромагнитное поля с учётом калибровочного произвола.
2. Электрон-мюонное рассеяние.

Билет 3.

1. Теорема Вика. Нормальные и хронологические свёртки операторов квантованных полей. Явный вид пропагаторов полей.
2. Графическое представление элементарных процессов, правила Фейнмана.

Билет 4.

1. Вывод формулы для сечения Кляйна-Нишины-Тамма для сечения Комптоновского рассеяния.
2. S – матрица в представлении взаимодействия.

Билет 5.

1. Уравнение Дирака для свободного невзаимодействующего спинорного поля. Квантования спинорных полей.
2. Вычисление матричных элементов с использованием теоремы Вика.

Билет 6.

1. Вычисление матричного элемента электрон-позитронной аннигиляции.

2. Уравнение Клейна-Гордона. Тензор и вектор скалярного поля.

Билет 7.

1. Электрон-позитронное, электрон-мюонное рассеяние.
2. Нормальные и хронологические свёртки операторов квантованных полей.

Билет 8.

1. Сечение рассеяния электрона внешним полем, тормозного излучения.
2. Уравнение Прока для векторных частиц, 4-вектор поляризации векторного поля.

Билет 9.

1. Пропагатор электромагнитного поля в различных калибровках.
2. Комптоновское рассеяние в различных порядках теории возмущений.

Билет 10.

1. 4-вектор поляризации векторного поля. Условие Лоренца и калибровочная инвариантность.
2. Переход к импульсному представлению.

Билет 11.

1. Перестановочные соотношения операторов поля и их связь со спином и статистикой частиц.
2. Обменные слагаемые в выражениях для матричных элементов.

Билет 12.

1. Частотные компоненты поля, их физический смысл.
2. Решения уравнения Дирака для свободного невзаимодействующего спинорного поля.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса.

Билеты с контрольными вопросами. Анкета-отзыв на дисциплину “ Введение в квантовую электродинамику” с последующей её обработкой с целью совершенствования курса лекций.

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Не требуется

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, удовлетворяющие действующим санитарным и противопожарным нормам.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Аудитория должна иметь мультимедийное оборудование для проведения презентаций по курсу лекций (компьютер, проектор, экран)

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Нет.

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Нет.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

мел, авторучки 10 шт, Бумага А4 80г/м2 500 листов

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Давыдов А.С. Квантовая механика. БХВ С-Петербург. 2011.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. С. Вайнберг Квантовая теория поля. в 2-х т. - М. : Физматлит, 2003
- 2 . Зи Энтони. Квантовая теория поля в двух словах: Пер. с англ. В. Г. Войткевич, Ю. В. Колесниченко; науч. ред. И. В. Полюбин. - М.; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2009.
- 3 . С. Н. Вергелес. Лекции по квантовой электродинамике. - М.: Физматлит, 2006.
- 4 . В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. Квантовая электродинамика.ред. Л. П. Питаевский. - 4-е изд., испр. - 2001.
5. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей. М.,1976.
6. Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. М.,1981.
7. Бьёркен Дж., Дрелл С. Релятивистская квантовая теория. т.1,2 М.,1978.
8. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля. М.,1980.
9. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М.,1986.
10. Фейнман Р. Теория фундаментальных процессов. М.,1978.
11. Биленький С.М. Введение в диаграммную технику Фейнмана. М.,1971.
12. Ициксон К., Зюбер Ж.-Б. Квантовая теория поля. в 2-х т. Новокузнецк, 2000.
13. Пескин М., Шрёдер Д. Введение в квантовую теория поля. Ижевск,2001.
14. Газиорович С. Физика элементарных частиц. М.,1969.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Периодические издания в области квантовой и ядерной физики на русском и иностранных языках по тематике курса.

Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Панин Роман Борисович	К.ф. - М.Н.		доцент	685-40-80 r123panin@yandex.ru

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ проведена двухуровневая экспертиза:

первый уровень (оценка качества содержания рабочей программы и применяемых педагогических технологий)		
Наименование кафедры	Дата заседания	№ протокола
второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)		
Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом		
<i>должностное лицо</i>	<i>дата приказа</i>	<i>№ приказа</i>
Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

Иные документы об оценке качества рабочей программы

Документ об оценке качества	Дата документа	№ документа

Утверждение рабочей программы

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

Внесение изменений в рабочую программу

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа