

Course Title (in English)	Introduction to quantum field theory	
Course Title (in Russian)	Введение в квантовую теорию поля	
Lead Instructor	Losyakov, Vladimir	
Co-Instructor(s)	Other	
Other Co-Instructors	First Name	Last Name
	Dunin-Barkovsky	Petr

Contact Person	Losyakov Vladimir
Contact Person's E-mail	losyakov@lpi.ru

Course Description

As you know, the modern theory of fundamental physics (the "standard model of elementary particle physics") is a quantum field theory (QFT). In addition to this central role in modern physics, quantum field theory also has many applications in pure mathematics (for example, from it came the so-called quantum knot invariants and Gromov-Witten invariants of symplectic manifolds).

"Ordinary" quantum mechanics deals with systems with a fixed number of particles. In QFT, the objects of study are fields (not in the sense of a "field of complex numbers", but in the sense of an "electromagnetic field"), whose elementary perturbations are analogs of quantum mechanical particles, but can appear and disappear ("born" and "die"); at the same time, the number of degrees of freedom turns out to be infinite.

Within the framework of this course, the basic concepts of QFT will be introduced "from scratch". The Fock space and the formalism of operators on it, as well as the formalism of the "continuum integral" will be defined. The main example under consideration will be the quantum scalar field theory. A scalar field in physical terminology is a field that, at the classical level, is defined by one number at each point (i.e., in fact, its state at a given time is just a numerical function on space), unlike a vector field (an example of which, in particular, is an electromagnetic field). However, considering the quantum theory of a scalar field (even separately, and simpler than for the Higgs field) is in any case very useful, since it allows you to get acquainted with the apparatus and phenomena of QFT on a simpler example than vector and spinor fields. The course will consider the "perturbation theory" (that is, in fact, a method for calculating the first orders of smallness in a small parameter expansion) for a scalar field and describe ways to calculate various probabilities of events with particles.

Аннотация

Как известно, современная теория фундаментальной физики («стандартная модель физики элементарных частиц») представляет из себя квантовую теорию поля (КТП). Помимо этой центральной роли в современной физике, квантовая теория поля также имеет множество применений в чистой математике (например, из нее пришли т. н. квантовые инварианты узлов и инварианты Громова-Виттена симплектических многообразий).

«Обычная» квантовая механика занимается системами с фиксированным числом частиц. В КТП объектами изучения являются поля (не в смысле «поле комплексных чисел», а в смысле «электромагнитное поле»), элементарные возмущения которых являются аналогами квантовомеханических частиц, но могут появляться и исчезать («рождаться» и «умирать»); при этом число степеней свободы оказывается бесконечным.

В рамках данного курса будут «с нуля» введены базовые понятия КТП. Будет определено пространство Фока и формализм операторов на нем, а также формализм «континуального интеграла». Главным рассматриваемым примером будет квантовая теория скалярного поля. Скалярное поле в физической терминологии — поле, которое на классическом уровне определяется одним числом в каждой точке (т. е., фактически, его состояние в данный момент времени – это просто числовая функция на пространстве), в отличие от векторного поля (примером которого, в частности, является электромагнитное поле). Однако рассмотрение квантовой теории скалярного поля (даже в отдельности, и более простой, чем для поля Хиггса) в любом случае очень полезно, поскольку позволяет познакомиться с аппаратом и явлениями КТП на более простом примере, чем векторные и спинорные поля. В курсе будет рассмотрена «теория возмущений» (то есть, фактически, способ вычисления первых порядков малости в разложении по малому параметру) для скалярного поля и описаны способы вычисления различных вероятностей событий с частицами.

Course Academic Level	Master-level
------------------------------	--------------

Number of ECTS credits 6

Assignment Type	Assignment Summary
Homework Assignments	
Homework Assignments	
Homework Assignments	

Type of Assessment Graded

Grade Structure

Activity Type	Activity weight, %
Homework Assignments	33
Homework Assignments	33
Homework Assignments	34

A: 86

B: 76

C: 66

D: 56

E: 46

F: 0

Course Stream Science, Technology and Engineering (STE)

Course Term (in context of Academic Year) Term 3-4

Course Delivery Frequency Every year

Students of Which Programs do You Recommend to Consider this Course as an Elective?

Masters Programs	PhD Programs
Mathematical and Theoretical Physics	

Course Tags Math
Physics

Required Textbooks	ISBN-13 (or ISBN-10)
1. М. Пескин, Д. Шредер. Введение в квантовую теорию поля. Ижевск: РХД, 2001.	
2. А.С. Шварц. Математические основы квантовой теории поля. Москва: Атомиздат, 1975.	
3. В. Н. Попов. Континуальные интегралы в квантовой теории поля и статистической физике. Москва: Атомиздат, 1976.	
4. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Введение в теорию квантованных полей. Москва: Наука, 1984.	

Select Assignment 1 Type Homework Assignments

**Input Example(s) of Assignment 1
(preferable)**

TBA

Assessment Criteria for Assignment 1

TBA

Select Assignment 2 Type

Homework Assignments

**Input Example(s) of Assignment 2
(preferable)**

TBA

Assessment Criteria for Assignment 2

TBA

Select Assignment 3 Type

Homework Assignments

**Input Example(s) of Assignment 3
(preferable)**

TBA

Assessment Criteria for Assignment 3

TBA