



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)


НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)


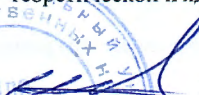
«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОП

Заведующий кафедрой  
теоретической и ядерной физики

  
Ширмовский С.Э.  
(подпись)  
«08» 09 2018 г.

  
  
Ширмовский С.Э.  
(подпись)  
«08» 09 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Квантовая теория поля на решетке»

Направление подготовки – 03.04.02 Физика  
магистерская программа «Теоретическая физика»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3  
лекции 14 час.  
практические занятия 38 час.  
лабораторные работы не предусмотрены  
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 9 /лаб. 0 час.  
в том числе в электронной форме лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 52 час.  
в том числе с использованием МАО 9 час.  
в том числе в электронной форме 0 час.  
самостоятельная работа 92 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет не предусмотрен  
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.16 №235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол № 19 от 08.09.2018 г.

Заведующий кафедрой к. ф.-м. н., доцент Ширмовский С.Э.  
Составитель: к. ф.-м. н., Д.Л. Бойда.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Master's degree in 03.04.02 "Physics".**

**Study profile "Theoretical physics".**

**Course title: "Quantum Field Theory on a Lattice".**

**Variable part of Block 1, 5 credits.**

**Instructor: D.L. Boyda**

**At the beginning of the course a student should be able to:**

OPC-1 ability to use basic natural science knowledge in professional activities, including knowledge about the subject and objects of study, research methods, modern concepts, achievements and limitations of natural Sciences (primarily chemistry, biology, ecology, earth and human Sciences);

OPC-2 ability to use in professional activity the basic knowledge of fundamental branches of mathematics, to create mathematical models of standard professional tasks and to interpret the received results taking into account borders of applicability of models;

**Learning outcomes:**

OPC-3 ability to active social mobility, the organization of research and innovation works OPC-6 ability to use knowledge of modern problems and the latest achievements of physics in research work

PC-1 ability to freely own the sections of physics necessary to solve scientific and innovative problems, and to apply the results of scientific research in innovation

**Course description:**

Quantum field theory on a lattice is one of the most successful regularization of quantum field theory. Quantum field theory, in turn, is a branch of physics that studies the behavior of quantum systems with an infinitely large number of degrees of freedom - quantum fields, is the theoretical basis for describing microparticles, their interactions and transformations. It is on quantum field theory that all high energy physics, elementary particle physics and condensed matter physics are based. Unfortunately, many problems in quantum field theory cannot be solved by standard methods. Where this is possible, various approximations are used; however, the most interesting areas are still unexplored. The only well-defined method based on first principles that allows us to investigate most problems is the method of quantum field theory in lattice regularization or quantum field theory on a lattice. This approach allows the discretization of the studied theory and the use of the power of the Monte Carlo method.

**Main course literature:**

1. Kapitonov, I. M. Vvedenie v fiziku yadra i chastic [Introduction to the physics of the nucleus and particles] [Tekst] : uchebnik dlya vuzov / I. M. Kapitonov. – M. : Fizmatlit, 2010. – 512 s. (rus)

POK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674302>

Access: EHBS «Lan'»:

<https://e.lanbook.com/book/2189>

2. Goncharova, N. G. CHasticy i atomnye yadra. Zadachi s resheniyami i kommentariyami [Particles and atomic nuclei. Problems with solutions and comments] [EHlektronnyj resurs] : uchebno-metodicheskoe posobie / N.G. Goncharova, B.S. Ishkhanov, I.M. Kapitonov. – M. : Fizmatlit, 2013. – 448 s. (rus)

Access: EHBS «Lan'»:

<https://e.lanbook.com/book/59636>

3. Okun', L. B. EHlementarnoe vvedenie v fiziku ehlementarnyh chastic [Elementary introduction to particle physics] [EHlektronnyj resurs] : uchebnoe posobie / L.B. Okun'. – M. : Fizmatlit, 2009. – 128 s. (rus)

Access: EHBS «Lan'»:

<https://e.lanbook.com/book/2274>

**Form of final control:** exam.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Квантовая теория поля на решетке»**

Курс «Квантовая теория поля на решетке» предназначен для студентов очной формы обучения направления подготовки 03.04.02 «Физика», профиль «Теоретическая физика».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (18 часов), самостоятельная работа (92 часа). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 1 семестре.

Дисциплина «Квантовая теория поля на решетке» относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин (Б1.В.ДВ.01.02).

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Квантовая механика», «Методы математической физики», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление», «Компьютерные технологии», «Методы обработки данных».

Квантовая теория поля на решетке является одной из наиболее успешной регуляризацией квантовой теории поля. Квантовая теория поля, в свою очередь, является разделом физики, изучающий поведение квантовых систем с бесконечно большим числом степеней свободы — квантовых полей, является теоретической основой описания микрочастиц, их взаимодействий и превращений. Именно на квантовой теории поля базируется вся физика высоких энергий, физика элементарных частиц и физика конденсированного состояния. К сожалению, множество задач в квантовой теории поля не могут быть решены стандартными методами. Там, где это возможно — используются различные приближения, однако, наиболее интересные области до сих пор остаются не изученными. Единственным, хорошо определенным методом, основанным на первых принципах, который позволяет исследовать большинство задач является метод квантовой теории поля в решеточной регуляризации или квантовой теории поля на решетке. Данный подход позволяет провести дискретизацию исследуемой теории и применить всю мощь метода Монте Карло.

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по основам квантовой теории поля на решетке.

### **Задачи:**

- изучение основных квантовой теории поля на решетке;
- освоение математического аппарата квантовой теории поля на решетке;
- изучение основных понятий и уравнений квантовой теории поля на решетке;

- приобретение навыков решения задач с использованием методов квантовой теории поля на решетке.

Для успешного изучения дисциплины «Квантовая теория поля на решетке» у студентов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1 способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественно-научные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);

- ОПК-2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;

**В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает	основные достижения и открытия сделанные с помощью квантовой теории поля на решетке задачи
	Умеет	строить численные модели физических систем в области физики высоких энергий, физики частиц и физики конденсированного состояния
	Владеет	аппаратом квантовой теории поля в решеточной регуляризации
ПК-3 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знает	основные методы квантовой теории поля на решетке; типовые задачи квантовой теории поля на решетке; основной набор численных методов
	Умеет	производить численное моделирование физических процессов с помощью методов квантовой теории поля на решетке
	Владеет	точными и приближенными методами квантовой теории поля на решетке

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Квантовая теория поля на решетке» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: обсуждение в группах, решение задач с обсуждением.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (14 часов)**

## **Раздел 1. Интеграл по путям на решетке (4 часа)**

### **Тема 1. Необходимые математические понятия (1 час)**

Гильбертово пространство и распространение в Евклидовом времени. Интеграл по путям в Квантовой механике.

### **Тема 2. Интеграл по путям для скалярной теории поля (2 час)**

Поле Клейна Гордона. Решеточная регуляризация поля Клейна Гордона. Евклидово время и свободный случай. Случай взаимодействия: формула Троттера. Вывод функционального интеграла для определяющего функционала. Рассмотрение операторов в формализме функциональных интегралов.

### **Тема 3. Квантование в формализме функционального интеграла (1 час)**

Различные дискретизации Евклидова действия. Функциональный интеграл как процесс квантования. Связь со статистической физикой.

## **Раздел 2. КХД на решетке - введение (4 часа)**

### **Тема 1. КХД в непрерывной теории (1 час)**

Кварки и глюоны. Фермионная часть действия КХД. Глюонное действие. Цветные компоненты глюонных полей.

### **Тема 2. Тривиальная дискретизация свободных фермионов (1 час)**

Дискретизация свободных фермионов. Введение калибровочных полей как решеточных переменных. Связь решеточных переменных и калибровочных полей в непрерывной теории.

### **Тема 3. Калибровочное действие Вильсона (1 час)**

Калибровочно инвариантные объекты построенные из реберных переменных. Калибровочное действие.

### **Тема 4. Формальное выражение для функционального интеграла КХД на решетке (1 час)**

Формальное построение функционального интеграла в КХД.

## **Раздел 3. Чистая калибровочная теория на решетке (6 часа)**

### **Тема 1. Мера Хаара (1 час)**

Мера для калибровочных полей и калибровочная инвариантность. Интегрирование по группе. Несколько полезных интегралов для  $SU(3)$ .

### **Тема 2. Калибровочная инвариантность и фиксация калибровки (1 час)**

Максимальные деревья и другие калибровки. Калибровочная инвариантность наблюдаемых.

### **Тема 3. Петля Вильсона и петля Полякова (2 час)**

Введение Вильсоновской петли. Временная калибровка. Физическая интерпретация Вильсоновской петли. Вильсоновская петля и пара кварк – антикварк. Поляковская петля.

### **Тема 4. Статический кварковый потенциал (1 час)**

Разложение Вильсоновской петли в сильной связи. Кулонная часть статического потенциала между кварками. Физический смысл статического потенциала в КХД.

### **Тема 5. Определение масштаба (1 час)**

Обсуждение численных результатов и извлечения статического потенциала. Параметр Соммера и решеточная константа. Ренорм-группа и бегущая константа связи. Настоящий непрерывный предел.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (38 часов)**

#### **Занятие 1. Введение. Необходимый численный аппарат. (обсуждение в группах) (4 часа)**

Понятие случайных чисел. Получение случайных чисел на ЭВМ. Преобразование случайных чисел. Распределение Гаусса. Предельная центральная теорема.

#### **Занятие 2. Метод Монте Карло. (решение задач с обсуждением) (4 часа)**

Простейший метод Монте Карло для вычисления интеграла. Многомерные интегралы. Метод выборки по значимости.

#### **Занятие 3. Модель Изинга: введение. (обсуждение в группах) (4 часа)**

Основные понятия физики конденсированного тела. Введение модели Изинга и получение аналитического решения.

#### **Занятие 4. Модель Изинга: решеточная формулировка. (решение задач с обсуждением) (4 часа)**

Дискретизация гамильтониана модели на решетке. Определение основных параметров модели. Периодические граничные условия. Алгоритм Метрополиса. Начало программирования.

#### **Занятие 5. Модель Изинга: проведение моделирования. (обсуждение в группах) (4 часа)**

Завершение программирования модели Изинга. Запуск и отладка программного кода. Воспроизведение свободных результатов. Построение фазовой диаграммы.

#### **Занятие 6. Численный анализ и статистические ошибки. (решение задач с обсуждением) (4 часа)**



Понятие ошибок. Правило трех сигм. Вычисление ошибок. Понятие корреляций. Вычисление автокорреляционной функции.

**Занятие 7. Различные алгоритмы обработки статистических ошибок. (обсуждение в группах) (4 часа)**

Вычисление Гамма-функции. Алгоритм Бинирования. Алгоритм ножа Джека. Алгоритм Бутстрепа.

**Занятие 8. Скалярная теория поля на решетке: формулировка (решение задач с обсуждением) (4 часа)**

Построение решеточного действия скалярной теории поля. Определение параметров и введение безразмерных полей. Алгоритм Метрополиса для скалярной теории поля.

**Занятие 9. Скалярная теория поля на решетке: моделирование. (решение задач с обсуждением) (4 часа)**

Ознакомление с основными приемами программирования и отладки квантовой теории поля на решетке. Программирование функций генерации и обновления новых полей. Программирование наблюдаемых. Запуск моделирования для различных параметров. Схематическое построение фазовой диаграммы.

**Занятие 10. Скалярная теория поля на решетке: алгоритм Гибридного Монте Карло. (решение задач с обсуждением) (2 часа)**

Описание алгоритма Гибридного Монте Карло и его применение к скалярной теории поля. Программирование функции генерации новых полей. Запуск и тестирование алгоритма.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Квантовая теория поля на решетке» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Интеграл по путям на решетке	ОПК-3	знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 1- 10
2	Раздел 2. КХД на решетке - введение	ОПК-3, ПК-1	знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 11- 20
3	Раздел 3. Чистая калибровочная теория на решетке	ПК-1	знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 21 - 30

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учебник для вузов / И. М. Капитонов. – М. : Физматлит, 2010. – 512 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674302>

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2189>

2. Гончарова, Н. Г. Частицы и атомные ядра. Задачи с решениями и комментариями [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н.Г. Гончарова, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов. – М. : Физматлит, 2013. – 448 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/59636>

3. Окунь, Л. Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Б. Окунь. – М. : Физматлит, 2009. – 128 с.

ЭБС «Лань»:

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)

1. Сарычева, Л. И. Введение в физику микромира – физика частиц и ядер [Электронный ресурс] / Л. И. Сарычева. – М. : 2008. – 221 с.

Портал «Ядерная физика в Интернете»:

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/astro/>

2. Хенли, Э. Элементарная квантовая теория поля [Текст] / Э. Хенли, В. Тирринг ; под ред. Ю. В. Новожилова ; пер. с англ. А. А. Ансельма. – М. : Изд-во Иностранной литературы, 1963. – 315 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685473>

3. Бьеркен, Дж. Д. Релятивистская квантовая теория в 2 т. [Текст] : т. 2. Релятивистские квантовые поля / Дж. Д. Бьеркен, С. Д. Дрелл ; под ред. В. Б. Берестецкого ; пер. с англ. И. М. Народецкого. – М. : Наука, 1978. – 407 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:64921>

4. Greiner, W. Field Quantization [Текст] / W. Greiner, J. Reinhardt, D.A. Bromley. – Springer, 1996. – 460 с.

ЭБС «StudMed.py»:

[http://www.studmed.ru/greiner-w-reinhardt-j-bromley-da-field-quantization\\_fc0903c61bb.html](http://www.studmed.ru/greiner-w-reinhardt-j-bromley-da-field-quantization_fc0903c61bb.html)

5. Биленький, С. М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия [Текст] / С. М. Биленький. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 326 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:28113>

6. Райдер, Л. Квантовая теория поля [Текст] / Л. Райдер ; пер. с англ. С. И. Азакова. – М. : Мир, 1987 ; Платон, 1998. – 512 ; 509 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:664720>

ЭБС «StudMed.py»:

[http://www.studmed.ru/rayder-l-kvantovaya-teoriya-polya\\_f5a83ae3111.html](http://www.studmed.ru/rayder-l-kvantovaya-teoriya-polya_f5a83ae3111.html)

7. Займан, Дж. Современная квантовая теория [Текст] / Дж. Займан ; пер. с англ. И. П. Звягина, А. Г. Миронова. – М. : Мир, 1971. – 288 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81665>

8. Пескин, М. Введение в квантовую теорию поля [Текст] / М. Пескин, Д. Шредер ; пер. с англ. А. А. Белавина ; под ред. А. В. Беркова. – М., Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 784 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:396442>

9. Боголюбов, Н. Н. Квантовые поля [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. – М. : Физматлит, 2005. – 384 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2117>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
2. <http://arxiv.org/archive/hep-th>
3. <http://pdg.lbl.gov/>
4. <http://plato.stanford.edu/entries/quantum-field-theory/>
5. [https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Quantum\\_field\\_theory](https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Quantum_field_theory)
6. [http://femto.com.ua/articles/part\\_1/1562.html](http://femto.com.ua/articles/part_1/1562.html)
7. <https://elementy.ru/LHC/HEP>
8. <https://postnauka.ru/themes/fizika-elementarnyih-chastits>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. При подготовке к занятиям студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

При промежуточной аттестации до экзамена должны сдать все отчетные работы и получить допуск к экзамену.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитория для чтения лекций и проведения практических занятий:

персональный компьютер Lenovo ThinkPad E125 с лицензионным и свободным программным обеспечением – MS PowerPoint 2007 и Acrobat Reader XI;

проектор Benq MP770;  
переносной экран.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**Школа естественных наук**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Квантовая теория поля на решетке»  
Направление подготовки – 14.03.02 Ядерная физика и технологии  
Физика атомного ядра и частиц  
Форма подготовки очная

**Владивосток  
2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

<b>№</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
2	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
3	3 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
4	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
5	5 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
6	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
7	7 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
8	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
9	9 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
10	10 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
11	11 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
12	12 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
13	13 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
14	14 неделя	Подготовка к	5 часа	Работа на семинарских

		семинарским занятиям		занятиях
15	15 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
16	16 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
17	17 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях
18	18 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	5 часа	Работа на семинарских занятиях

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

#### Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их



конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### Работа с литературными источниками

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях .

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Квантовая теория поля на решетке»  
Направление подготовки – 14.03.02 Ядерная физика и технологии  
Физика атомного ядра и частиц  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает	основные достижения и открытия сделанные с помощью квантовой теории поля на решетке задачи
	Умеет	строить численные модели физических систем в области физики высоких энергий, физики частиц и физики конденсированного состояния
	Владеет	аппаратом квантовой теории поля в решеточной регуляризации
ПК-1 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знает	основные методы квантовой теории поля на решетке; типовые задачи квантовой теории поля на решетке; основной набор численных методов
	Умеет	производить численное моделирование физических процессов с помощью методов квантовой теории поля на решетке
	Владеет	точными и приближенными методами стандартной модели фундаментальных частиц фундаментальных частиц и взаимодействий.

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Интеграл по путям на решетке	ОПК-3 знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 1- 10
2	Раздел 2. КХД на решетке - введение	ОПК-3, ПК-1 знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 11 - 20
3	Раздел 3. Чистая калибровочная теория на решетке	ПК-1 знает умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 21 - 30

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы

ОПК-3 способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает	основные достижения и открытия сделанные помощью квантовой теории поля на решетке задачи	Способность разъяснить основные достижения квантовой теории поля на решетке;	Перечисление основных достижений квантовой теории поля на решетке.	45-64
	Умеет	строить численные модели физических систем в области физики высоких энергий, физики частиц и физики конденсированного состояния	Способность объяснять выбор численной модели и параметров; способность получить и интерпретировать физические результаты	Способность получить и интерпретировать физические результаты	65-84
	Владеет	аппаратом квантовой теории поля в решеточной регуляризации	Владение современными методами квантовой теории поля на решетке.	Способность применить методы квантовой теории поля на решетке для получения физических результатов	85-100
ПК-3 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в	Знает	основные методы квантовой теории поля на решетке; типовые задачи квантовой теории поля на решетке; основной набор численных методов	Знает основные методы квантовой теории поля на решетке; типовые задачи квантовой теории поля на решетке; основной набор численных методов	Способность применить основные методы квантовой теории поля на решетке; способность объяснить типовые задачи квантовой теории поля на решетке; знает основной набор численных методов	45-64

инновационной деятельности	Умеет	производить численное моделирование физических процессов с помощью методов квантовой теории поля на решетке	способность производить численное моделирование физических процессов с помощью методов квантовой теории поля на решетке	Способность производить численное моделирование модели Изинга	65-84
	Владеет	точными и приближенными методами квантовой теории поля на решетке.	Способность самостоятельного моделирования физических моделей	Способность получить и интерпретировать результаты численного моделирования	85-100

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения. Предметом оценки освоения являются умения и знания.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена и позволяет определить развитие общих компетенций, предусмотренных для ОПОП. Условием допуска к экзамену является успешное освоение обучающимися всех элементов дисциплины (выполнение и сдача всех коллоквиумов и контрольных работ).

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины, овладению общими компетенциями.

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ по дисциплине «Физика фундаментальных взаимодействий»**

1. Гильбертово пространство и распространение в Евклидовом времени.
2. Интеграл по путям в Квантовой механике.
3. Поле Клейна Гордона.

4. Решеточная регуляризация поля Клейна Гордона. Евклидово время и свободный случай. Рассмотрение операторов в формализме функциональных интегралов.
5. Поле Клейна Гордона со взаимодействием, формула Троттера.
6. Вывод функционального интеграла для определяющего функционала.
7. Различные дискретизации Евклидова действия КХД. Функциональный интеграл как процесс квантования. Связь со статистической физикой.
8. Кварки и глюоны. Фермионная часть действия КХД. Глюонное действие. Цветные компоненты глюонных полей.
9. Дискретизация свободных фермионов. Введение калибровочных полей как решеточных переменных. Связь решеточных переменных и калибровочных полей в непрерывной теории.
10. Калибровочно инвариантные объекты. Калибровочное действие.
11. Формальное построение функционального интеграла в КХД.
12. Мера для калибровочных полей и калибровочная инвариантность. Интегрирование по группе. Основные полезные интегралы для  $SU(3)$ .
13. Максимальные деревья и другие калибровки. Калибровочная инвариантность наблюдаемых.
14. Вильсоновская петля и ее физическая интерпретация
15. Поляковская петля.
16. Разложение Вильсоновской петли в сильной связи.
17. Определение масштаба в КТП на решетке.
18. Параметр Соммера и решеточная константа. Ренорм-группа и бегущая константа связи. Настоящий непрерывный предел.
19. Понятие случайных чисел. Получение случайных чисел на ЭВМ. Преобразование случайных чисел. Распределение Гаусса. Предельная центральная теорема.
20. Простейший метод Монте Карло для вычисления интеграла. Многомерные интегралы. Метод выборки по значимости.
21. Модель Изинга, дискретизация гамильтониана модели на решетке. Определение основных параметров модели. Периодические граничные условия.
22. Модель Изинга, аналитическое решение.
23. Алгоритм Метрополиса.
24. Правило трех сигм. Вычисление статистических ошибок. Понятие корреляций и автокорреляционной функции.
25. Понятие Гамма-функции скоррелированных данных.
26. Алгоритм Бинирования. Алгоритм ножа Джека. Алгоритм Бутстрепа.
27. Дискретизация скалярной теории поля, безразмерные поля.
28. Фазовая диаграмма скалярной теории поля на решетке.

29. Основные методы программирования в Квантовой теории поля на решетке.

30. Параллельные вычисления в квантовой теории поля на решетке.

### **Критерии оценки на экзамене по дисциплине**

#### **«Квантовая теория поля на решетке»**

Оценка **«отлично»** ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка **«хорошо»** ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.