

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
СИЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

1 Семестр

Раздел 1 Первый раздел

1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые принципы сильных взаимодействий, а также использование теории поля для расчётов физических процессов.

ABSTRACT

The course is devoted to fundamental principles of strong interactions and their application to physical processes

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Сильные взаимодействия (часть 2)» является формирование базовых знаний о сильных взаимодействиях для дальнейшего использования в других областях теоретической и экспериментальной физики. Овладение техническими приёмами и методами расчётов физических процессов.

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The purposes of the discipline "Quantum Field Theory" is (i) formation of the basic knowledge on strong interactions which can be used in various branches of theoretical and experimental physics, (ii) mastering technical methods for studies of various physical processes.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс сильных взаимодействий (часть 2) является курсом для систематического ознакомления студентов с современными представлениями в области взаимодействия элементарных частиц, со Стандартной моделью. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать знаниями и умениями в объёме нескольких курсов высшей школы. В частности,

– иметь хорошую подготовку по ряду математических дисциплин, таких как математический анализ, линейная алгебра, дифференциальные и интегральные уравнения, теория групп. В частности, обучающийся должен быть знаком с такими понятиями как ряд, функция, функционал, поле, должен обладать знаниями достаточными для решения дифференциальных и интегральных уравнений, должен быть знаком со специальными и обобщёнными функциями, иметь базовые знания по теории групп;

– обладать знаниями в объёме не меньше стандартных курсов квантовой механики и классической электродинамики, квантовой электродинамики, уметь оперировать с такими понятиями как квантовый оператор, коммутационные соотношения, волновая функция, каноническое квантование, вторичное квантование, Бозе и Ферми статистика, понимать качественное поведение волновых функций в задаче о связанном состоянии и в задаче рассеяния, иметь представление об аналитических свойствах волновой функции в комплексной плоскости импульса и энергии;

– понимать сущность алгоритмических предписаний и демонстрировать умение действовать в соответствии с предложенным алгоритмом;

– иметь навыки устных, письменных, инструментальных вычислений.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course of Strong Interactions (part 2) is a fundamental course for the systematic study of the contemporary ideas on interactions between elementary particles and of the Standard Model in general. To successfully complete this course, student must possess comprehensive knowledge in a few disciplines of the high school. In particular,

– they should be well educated in mathematics (analysis, linear algebra, differential and integral equations, theory of groups and representations). The student must be familiar with such notions as series, function, functional, field and must be able to solve differential and integral equations, must be familiar with spetial and generalised functions as well as with the basic principles of the theory of groups;

– they must complete the standard courses in Quantum Mechanics, Classical Electrodynamics? Quantum Electrodynamics and be able to master such notions as quantum operator, commutation relations, wave funtion, canonical quantiation, second quantisation, Bose and Fermi statistics, then understand the qualitative behaviour of the wave functions for a bound-state problem and a scattering problem, possess basic knowledge in analytical properties of the wave functions in the complex momentum and energy planes;

– they must have the idea of algorithms and demonstrate the ability to follow the prescribed algorithm;

– they must possess basic abilities of various types of calculations.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Календарный план

№п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1	Введение в теорию групп Ли. Вильсоновские линии и петли	1	0		0	0
2	Инстантоны в евклидовом пространстве. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла	5	6		2	3
3	Перенормировки теории Янга—Миллса. Аномалии теории возмущений	10	10		4	6
4	Дисперсионные соотношения для амплитуд.	4	4		2	3
5	Глубокоэластичное рассеяние.	4	4		4	6
6	КХД на решетках. 1/N разложение. Низкоэнергетическая КХД	10	10		10	15
	Общая трудоемкость	34	34		22	33

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

1. Введение в теорию групп Ли в применении к теориям Янга—Миллса
2. Вильсоновские линии и петли. Связь с калибровочными инвариантами. Лагранжиан теории Янга—Миллса.
3. Инстантоны в евклидовом пространстве. Явное решение для калибровочной группы SU(2). Инстантон как туннельный процесс. Фкрмионные нулевые моды на инстантоне.

4. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла. Духи Фаддеева—Попова.
5. Перенормировки теории Янга—Миллса. Уравнение Каллана—Симанчика. Связь между контрчленами и аномальными размерностями. Бета-функция, соотношения между контрчленами.
6. Дисперсионные соотношения для амплитуд. Оптическая теорема. Аналитические свойства поляризационного оператора фотона в КХД. Спектральная плотность.
7. Глубоконеупругое рассеяние. Формфакторы.
8. КХД на решетках. Вильсоновское действие, разложение сильной связи. Закон площадей, казимировский скейлинг.
9. $1/N$ разложение.
10. Аномалии теории возмущений – дивергенция аксиального тока, след тензора энергии-импульса – в абелевых и неабелевых калибровочных теориях.
11. Низкоэнергетическая КХД: нарушение киральной симметрии, низкоэнергетическое поведение матричных элементов, киральный лагранжиан. $U(1)$ – проблема.

№п/п	Chapter	Forms of study				
		Lectures	Seminars	Practical course	Homework	Extra
1	Introduction to the Lie groups. Wilson lines and loops	1	0		0	0
2	Instantons in Euclidean space. Path integral quantization of the Yang-Mills theory	5	6		2	3
3	Renormalization of the Yang-Mills theory. Anomalies of the perturbative series.	10	10		4	6
4	Dispersion relations for strong amplitudes	4	4		2	3
5	Deep inelastic scattering	4	4		4	6
6	QCD on the lattice. $1/N$ expansion. Low-energy QCD	10	10		10	15
	Total	34	34		22	33

Contents

1. Introduction to the Lie groups in relation with Yang-Mills theories.
2. Wilson lines and loops. Relation with gauge invariants. Yang-Mills Lagrangian.
3. Instantons in Euclidean space. Explicit solution for $SU(2)$. Instanton as a tunneling process. Fermion zero modes on instantons.
4. Path integral quantization of the Yang-Mills theory. Faddeev-Popov ghosts.

5. Renormalization of the Yang-Mills theory. Callan–Symanzik equation. Relation between counter terms and anomalous dimensions. Beta-function, relation between counter terms.
6. Dispersion relations for strong amplitudes. Optical theorem. Analytical properties of the polarization operator in QCD. Spectral density.
7. Deep inelastic scattering. Form factors.
8. QCD on the lattice. Wilson action, strong coupling expansion. Area law, Casimir scaling.
9. $1/N$ expansion.
10. Anomalies of the perturbative series — divergency of the axial current, trace of the energy-momentum tensor — in the abelian and non-abelian theories.
11. Low-energy QCD: chiral symmetry breaking, low-energy behaviour of matrix elements, chiral Lagrangian. $U(1)$ problem.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс состоит из трёх разных форм обучения: лекции, семинары и самостоятельная работа. Лекции проводятся с использованием современных технологий, в т.ч. мультимедийных. На семинарских занятиях студенты решают типичные задачи по квантовой теории поля, проводится разбор практических задач. Предусмотрено индивидуальные и групповые консультации. Возможно дистанционное общение со студентами.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Разработаны контрольно-измерительные материалы для контроля успеваемости и оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины (контрольные вопросы по всем разделам курса). Проводится индивидуальная сдача домашнего задания.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Пескин, Шредер. Введение в квантовую теорию поля.
2. Ициксон, Зюбер. Квантовая теория поля.
3. Индурайн. Квантовая хромодинамика.
4. Рубаков. Классические калибровочные поля. Том 1, 2.
5. Ландау, Лифшиц. Теоретическая физика, Том 4 – Квантовая электродинамика.

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Particle Data Group. Reviews.
2. Makeenko. Brief introduction to Wilson Loops and Large N .
3. Leutwyler. A handbook of QCD. Chapter 4.

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<http://www.library.mephi.ru/> библиотека НИЯУ МИФИХ
<http://www.gpntb.ru/> государственная публичная научно-техническая библиотекаХ
<http://elibrary.ru/> база данных научных статейХ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО 3+ по направлениям подготовки:

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы:

Раздел 2 Второй раздел

2.1 Контроль по итогам (КИ) - 16 Неделя

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые сильные взаимодействия, а также использование теории поля для расчётов физических процессов.

ABSTRACT

The course is devoted to fundamental principles of strong interactions and their application to physical processes

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Сильные взаимодействия (часть 2)» является формирование базовых знаний о сильных взаимодействиях для дальнейшего использования в других областях теоретической и экспериментальной физики. Овладение техническими приёмами и методами расчётов физических процессов.

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The purposes of the discipline "Quantum Field Theory" is (i) formation of the basic knowledge on strong interactions which can be used in various branches of theoretical and experimental physics, (ii) mastering technical methods for studies of various physical processes.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс сильных взаимодействий (часть 2) является курсом для систематического ознакомления студентов с современными представлениями в области взаимодействия элементарных частиц, со Стандартной моделью. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать знаниями и умениями в объеме нескольких курсов высшей школы. В частности,

- иметь хорошую подготовку по ряду математических дисциплин, таких как математический анализ, линейная алгебра, дифференциальные и интегральные уравнения, теория групп. В частности, обучающийся должен быть знаком с такими понятиями как ряд, функция, функционал, поле, должен обладать знаниями достаточными для решения дифференциальных и интегральных уравнений, должен быть знаком со специальными и обобщёнными функциями, иметь базовые знания по теории групп;
- обладать знаниями в объёме не меньше стандартных курсов квантовой механики и классической электродинамики, квантовой электродинамики, уметь оперировать с такими понятиями как квантовый оператор, коммутационные соотношения, волновая функция, каноническое квантование, вторичное квантование, Бозе и Ферми статистика, понимать качественное поведение волновых функций в задаче о связанном состоянии и в задаче рассеяния, иметь представление об аналитических свойствах волновой функции в комплексной плоскости импульса и энергии;
- понимать сущность алгоритмических предписаний и демонстрировать умение действовать в соответствии с предложенным алгоритмом;
- иметь навыки устных, письменных, инструментальных вычислений.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course of Strong Interactions (part 2) is a fundamental course for the systematic study of the contemporary ideas on interactions between elementary particles and of the Standard Model in general. To successfully complete this course, student must possess comprehensive knowledge in a few disciplines of the high school. In particular,

- they should be well educated in mathematics (analysis, linear algebra, differential and integral equations, theory of groups and representations). The student must be familiar with such notions as series, function, functional, field and must be able to solve differential and integral equations, must be familiar with special and generalised functions as well as with the basic principles of the theory of groups;
- they must complete the standard courses in Quantum Mechanics, Classical Electrodynamics, Quantum Electrodynamics and be able to master such notions as quantum operator, commutation relations, wave function, canonical quantisation, second quantisation, Bose and Fermi statistics, then understand the qualitative behaviour of the wave functions for a bound-state problem and a scattering problem, possess basic knowledge in analytical properties of the wave functions in the complex momentum and energy planes;
- they must have the idea of algorithms and demonstrate the ability to follow the prescribed algorithm;
- they must possess basic abilities of various types of calculations.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Календарный план

№п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1	Введение в теорию групп Ли. Вильсоновские линии и петли	1	0		0	0
2	Инстантоны в евклидовом пространстве. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла	5	6		2	3
3	Перенормировки теории Янга—Миллса. Аномалии теории возмущений	10	10		4	6
4	Дисперсионные соотношения для амплитуд.	4	4		2	3
5	Глубоконеупругое рассеяние.	4	4		4	6
6	КХД на решетках. $1/N$ разложение. Низкоэнергетическая КХД	10	10		10	15
	Общая трудоемкость	34	34		22	33

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

1. Введение в теорию групп Ли в применении к теориям Янга—Миллса
2. Вильсоновские линии и петли. Связь с калибровочными инвариантами. Лагранжиан теории Янга—Миллса.
3. Инстантоны в евклидовом пространстве. Явное решение для калибровочной группы $SU(2)$. Инстантон как туннельный процесс. Фермионные нулевые моды на инстантоне.
4. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла. Духи Фаддеева—Попова.
5. Перенормировки теории Янга—Миллса. Уравнение Каллана—Симанчика. Связь между контрчленами и аномальными размерностями. Бета-функция, соотношения между контрчленами.

6. Дисперсионные соотношения для амплитуд. Оптическая теорема. Аналитические свойства поляризационного оператора фотона в КХД. Спектральная плотность.
7. Глубоконеупругое рассеяние. Формфакторы.
8. КХД на решетках. Вильсоновское действие, разложение сильной связи. Закон площадей, казимировский скейлинг.
9. $1/N$ разложение.
10. Аномалии теории возмущений – дивергенция аксиального тока, след тензора энергии-импульса – в абелевых и неабелевых калибровочных теориях.
11. Низкоэнергетическая КХД: нарушение киральной симметрии, низкоэнергетическое поведение матричных элементов, киральный лагранжиан. $U(1)$ – проблема.

№п/п	Chapter	Forms of study				
		Lectures	Seminars	Practical course	Homework	Extra
1	Introduction to the Lie groups. Wilson lines and loops	1	0		0	0
2	Instantons in Euclidean space. Path integral quantization of the Yang-Mills theory	5	6		2	3
3	Renormalization of the Yang-Mills theory. Anomalies of the perturbative series.	10	10		4	6
4	Dispersion relations for strong amplitudes	4	4		2	3
5	Deep inelastic scattering	4	4		4	6
6	QCD on the lattice. $1/N$ expansion. Low-energy QCD	10	10		10	15
	Total	34	34		22	33

Contents

1. Introduction to the Lie groups in relation with Yang-Mills theories.
2. Wilson lines and loops. Relation with gauge invariants. Yang-Mills Lagrangian.
3. Instantons in Euclidean space. Explicit solution for $SU(2)$. Instanton as a tunneling process. Fermion zero modes on instantons.
4. Path integral quantization of the Yang-Mills theory. Faddeev-Popov ghosts.
5. Renormalization of the Yang-Mills theory. Callan-Symanzik equation. Relation between counter terms and anomalous dimensions. Beta-function, relation between counter terms.
6. Dispersion relations for strong amplitudes. Optical theorem. Analytical properties of the polarization operator in QCD. Spectral density.
7. Deep inelastic scattering. Form factors.

8. QCD on the lattice. Wilson action, strong coupling expansion. Area law, Casimir scaling.
9. $1/N$ expansion.
10. Anomalies of the perturbative series — divergency of the axial current, trace of the energy-momentum tensor — in the abelian and non-abelian theories.
11. Low-energy QCD: chiral symmetry breaking, low-energy behaviour of matrix elements, chiral Lagrangian. $U(1)$ problem.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс состоит из трёх разных форм обучения: лекции, семинары и самостоятельная работа. Лекции проводятся с использованием современных технологий, в т.ч. мультимедийных. На семинарских занятиях студенты решают типичные задачи по квантовой теории поля, проводится разбор практических задач. Предусмотрено индивидуальные и групповые консультации. Возможно дистанционное общение со студентами.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Разработаны контрольно-измерительные материалы для контроля успеваемости и оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины (контрольные вопросы по всем разделам курса). Проводится индивидуальная сдача домашнего задания.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Пескин, Шредер. Введение в квантовую теорию поля.
2. Ицксон, Зюбер. Квантовая теория поля.
3. Индурайн. Квантовая хромодинамика.
4. Рубаков. Классические калибровочные поля. Том 1, 2.
5. Ландау, Лифшиц. Теоретическая физика, Том 4 – Квантовая электродинамика.

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Particle Data Group. Reviews.
2. Makeenko. Brief introduction to Wilson Loops and Large N .
3. Leutwyler. A handbook of QCD. Chapter 4.

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<http://www.library.mephi.ru/> библиотека НИЯУ МИФИХ

<http://www.gpntb.ru/> государственная публичная научно-техническая библиотекаХ

<http://elibrary.ru/> база данных научных статейХ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО 3+ по направлениям подготовки:

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы:

1 Семестр

Зачет

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые сильные взаимодействия, а также использование теории поля для расчётов физических процессов.

ABSTRACT

The course is devoted to fundamental principles of strong interactions and their application to physical processes

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Сильные взаимодействия (часть 2)» является формирование базовых знаний о сильных взаимодействиях для дальнейшего использования в других областях теоретической и экспериментальной физики. Овладение техническими приёмами и методами расчётов физических процессов.

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The purposes of the discipline "Quantum Field Theory" is (i) formation of the basic knowledge on strong interactions which can be used in various branches of theoretical and experimental physics, (ii) mastering technical methods for studies of various physical processes.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс сильных взаимодействий (часть 2) является курсом для систематического ознакомления студентов с современными представлениями в области взаимодействия элементарных частиц, со Стандартной моделью. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать знаниями и умениями в объеме нескольких курсов высшей школы. В частности,

- иметь хорошую подготовку по ряду математических дисциплин, таких как математический анализ, линейная алгебра, дифференциальные и интегральные уравнения, теория групп. В частности, обучающийся должен быть знаком с такими понятиями как ряд, функция, функционал, поле, должен обладать знаниями достаточными для решения дифференциальных и интегральных уравнений, должен быть знаком со специальными и обобщёнными функциями, иметь базовые знания по теории групп;
- обладать знаниями в объёме не меньше стандартных курсов квантовой механики и классической электродинамики, квантовой электродинамики, уметь оперировать с такими понятиями как квантовый оператор, коммутационные соотношения, волновая функция, каноническое квантование, вторичное квантование, Бозе и Ферми статистика, понимать качественное поведение волновых функций в задаче о связанном состоянии и в задаче рассеяния, иметь представление об аналитических свойствах волновой функции в комплексной плоскости импульса и энергии;
- понимать сущность алгоритмических предписаний и демонстрировать умение действовать в соответствии с предложенным алгоритмом;
- иметь навыки устных, письменных, инструментальных вычислений.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course of Strong Interactions (part 2) is a fundamental course for the systematic study of the contemporary ideas on interactions between elementary particles and of the Standard Model in general.

To successfully complete this course, student must possess comprehensive knowledge in a few disciplines of the high school. In particular,

– they should be well educated in mathematics (analysis, linear algebra, differential and integral equations, theory of groups and representations). The student must be familiar with such notions as series, function, functional, field and must be able to solve differential and integral equations, must be familiar with spetial and generalised functions as well as with the basic principles of the theory of groups;

– they must complete the standard courses in Quantum Mechanics, Classical Electrodynamics? Quantum Electrodynamics and be able to master such notions as quantum operator, commutation relations, wave funtion, canonical quantiation, second quantisation, Bose and Fermi statistics, then understand the qualitative behaviour of the wave functions for a bound-state problem and a scattering problem, possess basic knowledge in analytical properties of the wave functions in the complex momentum and energy planes;

– they must have the idea of algorithms and demonstrate the ability to follow the prescribed algorithm;

– they must possess basic abilities of various types of calculations.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Календарный план

№п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1	Введение в теорию групп Ли. Вильсоновские линии и петли	1	0		0	0
2	Инстантоны в евклидовом пространстве. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла	5	6		2	3
3	Перенормировки теории Янга—Миллса. Аномалии теории возмущений	10	10		4	6
4	Дисперсионные соотношения для амплитуд.	4	4		2	3
5	Глубокоэластичное рассеяние.	4	4		4	6
6	КХД на решетках. $1/N$ разложение. Низкоэнергетическая КХД	10	10		10	15
	Общая трудоемкость	34	34		22	33

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

1. Введение в теорию групп Ли в применении к теориям Янга—Миллса
2. Вильсоновские линии и петли. Связь с калибровочными инвариантами. Лагранжиан теории Янга—Миллса.
3. Инстантоны в евклидовом пространстве. Явное решение для калибровочной группы $SU(2)$. Инстантон как туннельный процесс. Фрмионные нулевые моды на инстантоне.
4. Квантование теории Янга—Миллса методом функционального интеграла. Духи Фаддеева—Попова.

5. Перенормировки теории Янга—Миллса. Уравнение Каллана—Симанчика. Связь между контрчленами и аномальными размерностями. Бета-функция, соотношения между контрчленами.
6. Дисперсионные соотношения для амплитуд. Оптическая теорема. Аналитические свойства поляризационного оператора фотона в КХД. Спектральная плотность.
7. Глубокоупругое рассеяние. Формфакторы.
8. КХД на решетках. Вильсоновское действие, разложение сильной связи. Закон площадей, казимировский скейлинг.
9. $1/N$ разложение.
10. Аномалии теории возмущений – дивергенция аксиального тока, след тензора энергии-импульса – в абелевых и неабелевых калибровочных теориях.
11. Низкоэнергетическая КХД: нарушение киральной симметрии, низкоэнергетическое поведение матричных элементов, киральный лагранжиан. $U(1)$ – проблема.

№п/п	Chapter	Forms of study				
		Lectures	Seminars	Practical course	Homework	Extra
1	Introduction to the Lie groups. Wilson lines and loops	1	0		0	0
2	Instantons in Euclidean space. Path integral quantization of the Yang-Mills theory	5	6		2	3
3	Renormalization of the Yang-Mills theory. Anomalies of the perturbative series.	10	10		4	6
4	Dispersion relations for strong amplitudes	4	4		2	3
5	Deep inelastic scattering	4	4		4	6
6	QCD on the lattice. $1/N$ expansion. Low-energy QCD	10	10		10	15
	Total	34	34		22	33

Contents

1. Introduction to the Lie groups in relation with Yang-Mills theories.
2. Wilson lines and loops. Relation with gauge invariants. Yang-Mills Lagrangian.
3. Instantons in Euclidean space. Explicit solution for $SU(2)$. Instanton as a tunneling process. Fermion zero modes on instantons.
4. Path integral quantization of the Yang-Mills theory. Faddeev-Popov ghosts.
5. Renormalization of the Yang-Mills theory. Callan–Symanzik equation. Relation between counter terms and anomalous dimensions. Beta-function, relation between counter terms.

6. Dispersion relations for strong amplitudes. Optical theorem. Analytical properties of the polarization operator in QCD. Spectral density.
7. Deep inelastic scattering. Form factors.
8. QCD on the lattice. Wilson action, strong coupling expansion. Area law, Casimir scaling.
9. $1/N$ expansion.
10. Anomalies of the perturbative series — divergency of the axial current, trace of the energy-momentum tensor — in the abelian and non-abelian theories.
11. Low-energy QCD: chiral symmetry breaking, low-energy behaviour of matrix elements, chiral Lagrangian. $U(1)$ problem.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс состоит из трёх разных форм обучения: лекции, семинары и самостоятельная работа. Лекции проводятся с использованием современных технологий, в т.ч. мультимедийных. На семинарских занятиях студенты решают типичные задачи по квантовой теории поля, проводится разбор практических задач. Предусмотрено индивидуальные и групповые консультации. Возможно дистанционное общение со студентами.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Разработаны контрольно-измерительные материалы для контроля успеваемости и оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины (контрольные вопросы по всем разделам курса). Проводится индивидуальная сдача домашнего задания.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Пескин, Шредер. Введение в квантовую теорию поля.
2. Ициксон, Зюбер. Квантовая теория поля.
3. Индурайн. Квантовая хромодинамика.
4. Рубаков. Классические калибровочные поля. Том 1, 2.
5. Ландау, Лифшиц. Теоретическая физика, Том 4 – Квантовая электродинамика.

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Particle Data Group. Reviews.
2. Makeenko. Brief introduction to Wilson Loops and Large N .
3. Leutwyler. A handbook of QCD. Chapter 4.

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<http://www.library.mephi.ru/> библиотека НИЯУ МИФИХ
<http://www.gpntb.ru/> государственная публичная научно-техническая библиотекаХ
<http://elibrary.ru/> база данных научных статейХ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование. Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО 3+ по направлениям подготовки:

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы: