

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной и методической работе
_____ Д.А. Зубцов
« » _____ 20 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики

по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»

профиль подготовки

магистерская программа: 010915 «Физика высоких энергий»

факультет: ФОПФ

кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира

курс: 4

квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (Осенний) Экзамен

Аудиторных часов: 68 всего, в том числе:

лекции: 34 час.

практические (семинарские) занятия: 34 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 34 час., в том числе:

задания, курсовые работы: 0 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 132, всего зач. ед.: 4

Программу составил: к.ф.-м.н. Гуськов А.В.

Программа обсуждена на заседании кафедры

14 октября 2014 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Казаков Д.И.

Декан ФОПФ

Трунин М.Р.

Начальник учебного управления

Гарайшина И.Р.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Специфика экспериментов в области физики высоких энергий, особенности измеряемых величин, объём и структура получаемой в экспериментах информации предъявляют определённые требования к методам обработки экспериментальных данных. В данном курсе рассматривается применение методов теории вероятности и математической статистики к наиболее типичным экспериментальным задачам, таким как поиск новых частиц в спектрах инвариантных масс и проверка статистической значимости слабых сигналов, кинематический анализ двух- и трёхчастичных распадов, фитирование полученных в эксперименте зависимостей произвольными функциями и оценка параметров этих функций методом наименьших квадратов и методом максимального правдоподобия. В ходе изучения обсуждаемых методов предлагается знакомство с пакетом ROOT, являющимся стандартным пакетом обработки данных в экспериментальной физике высоких энергий.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области анализа экспериментальных данных в физике высоких энергий;
- обучение студентов современным методам обработки данных в экспериментальной физике высоких энергий и навыкам работы с программным пакетом ROOT.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы бакалавриата

Дисциплина «Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП Б.3.

Дисциплина «Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 (теория вероятностей, Объектно-ориентированное программирование, Основы современной физики (общая физика)), и относится к профессиональному циклу.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины «Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций бакалавра:

а) общекультурные (ОК):

- владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке целей и выбору путей её достижения (ОК-1);
- способность к саморазвитию, повышению квалификации, устранению пробелов в знаниях и самостоятельному обучению в контексте непрерывного образования, способность осваивать новую проблематику, язык, методологию и научные знания в избранной предметной области (ОК-6);

- способность к применению основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации, к работе с компьютером как средством управления информацией (ОК-11);
- способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях

(ОК-12);

б) профессиональные (ПК):

- способность формализовать и решать отдельные части нестандартной задачи в общей постановке (ПК-1);
- способность к пониманию важности воздействия внешних факторов, и их учёта в ходе исследований и разработок (ПК-2);
- способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии, других естественных и социально-экономических науках (ПК-3);
- способность к выявлению сущности задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлечению соответствующего физико-математического аппарата для их решения (ПК-4);
- способность самостоятельно работать на компьютере на уровне квалифицированного пользователя, применять информационно-коммуникационные технологии для обработки, хранения, представления и передачи информации с использованием универсальных пакетов прикладных программ, знание общих подходов и методов по совершенствованию информационно-коммуникационных технологий (ПК-6);
- способность брать на себя ответственность за качество и результаты своей деятельности (ПК-10);

В результате освоения дисциплины «Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики» обучающийся должен:

знать:

- особенности экспериментов в области физики высоких энергий и структуру получаемых в них данных
- методы теории вероятности и математической статистики, применяемые к наиболее типичным экспериментальным задачам
- методы поиска новых частиц в спектрах инвариантных масс
- способы проверки статистической значимости слабых сигналов
- методы кинематического анализа двух- и трёхчастичных распадов
- методы фитирования полученных в эксперименте зависимостей произвольными функциями и способы оценки параметров этих функций
- методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной экспериментальной физики элементарных частиц.

владеть:

- техникой обработки данных с применением программного пакета ROOT.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1	Экспериментальные данные в физике частиц	2	2	0	0	2
2	Ошибки измерений	2	2	0	0	2
3	Свойства случайных величин	2	2	0	0	2
4	Кинематика СТО	2	2	0	0	2
5	Основные типы экспериментов в физике частиц	2	2	0	0	2
6	Двухчастичный распад	2	2	0	0	2
7	Трёхчастичный распад	2	2	0	0	2
8	Проверка статистических гипотез	2	2	0	0	2
9	Статистическая значимость пиков	2	2	0	0	2
10	Оценка параметров распределений	2	2	0	0	2
11	Метод наименьших квадратов	2	2	0	0	2
12	Разрешение экспериментальной установки и методы его оценки	2	2	0	0	2
13	Критерии отбора событий	2	2	0	0	2
14	Введение в пакет ROOT	2	2	0	0	2
15	Фитирование гистограмм и графиков в ROOT	2	2	0	0	2
16	Деревья ROOT	2	2	0	0	2
17	Векторы и 4-векторы в ROOT	2	2	0	0	2
Итого часов		34	34	0	0	34
Общая трудоемкость		102 час., 4 зач.ед.				

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

Семестр: 7 (Осенний)

1 Экспериментальные данные в физике частиц

Специфика экспериментальных данных в физике элементарных частиц. Типичные задачи по обработке данных, стоящие перед экспериментатором. Результаты измерения как случайные величины.

2 Ошибки измерений

Статистические и систематические ошибки измерений. Графические методы представления экспериментальных данных.

3 Свойства случайных величин

Случайная величина. Среднее значение и дисперсия.

Функции распределения случайной величины. Свойства основных функций распределения. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Независимые случайные величины.

Корреляционная зависимость случайных величин.

4 Кинематика СТО

Кинематика СТО

Алгебра 4-векторов.

Двухчастичное рассеяние. Манделштамовские переменные u, s, t

5 Основные типы экспериментов в физике частиц

Сечение реакции. Дифференциальное сечение.

Особенности экспериментов на встречных пучках и экспериментов на фиксированной мишени.

6 Двухчастичный распад

Кинематика двухчастичного распада. Диаграмма Арменероса-Подольского.

7 Трёхчастичный распад

Кинематика трёхчастичного распада. Диаграмма Далица.

8 Проверка статистических гипотез

Проверка статистических гипотез. Критерии χ^2 , Колмогорова. Доверительный интервал.

9 Статистическая значимость пиков

Анализ соотношения "сигнал-фон"

Проблема поиска новых частиц в спектре инвариантных масс конечных состояний.

10 Оценка параметров распределений

Оценка параметров распределений и зависимостей. Метод максимального правдоподобия.

11 Метод наименьших квадратов

Метод наименьших квадратов. Программы-минимизаторы.

Оценка ошибок измерений по величине χ^2

12 Разрешение экспериментальной установки и методы его оценки

Разрешение экспериментальной установки.

Методы оценки экспериментального разрешения по известным процессам.

Примеры оценки экспериментального разрешения.

13 Критерии отбора событий

Общие принципы нахождения критериев отбора сигнальных событий и подавления фона.

Понятие о методе Монте-Карло моделирования.

14 Введение в пакет ROOT

ROOT - объектно-ориентированная среда для обработки данных

Интерпретатор ROOT Гистограммы (TH1, TH2)

15 Фитирование гистограмм и графиков в ROOT

Графики (TGraph, TGraphErrors) Фитирование гистограмм и графиков.

16 Деревья ROOT

Функции (TF1, TF2) Деревья (TTree, TChain)

17 Векторы и 4-векторы в ROOT

Генераторы случайных чисел (TRandom).

Векторы и 4-векторы (TVector3, TLorentzVector) Использование классов ROOT в C++ программах.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор). Практические занятия проводятся в компьютерном классе.

Необходимое программное обеспечение: ROOT.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к программному обеспечению ROOT и базе данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>).

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Теоретическая физика, Том 2, М. Наука, 1988
2. В. П. Чистяков, Курс теории вероятностей, М., Наука, 1978
3. Е. Бюклинг, К. Каянти, Кинематика элементарных частиц, М., Мир, 1975
4. Г.И.Копылов, Основы кинематики резонансов, М., Наука, 1970
5. Р. Бок, Х. Грот, Д. Ноц, М. Реглер, Методы анализа данных в физическом эксперименте., М., Мир, 1993
6. Идье В., Драйард Д., Джеймс Ф., Рус М., Садуле Б., Статистические методы в экспериментальной физике, М., Атомиздат, 1976
7. ROOT User's Guide [<http://root.cern.ch/drupal/content/users-guide>]

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

-

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационные ресурсы: Информационные ресурсы: Доступные через интернет страница разработчиков пакета ROOT (<http://root.cern.ch>) и база данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>).

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

-

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

-

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 7-ом семестре:

- 1) В чём заключается особенность экспериментальных данных в физике частиц?
- 2) Назовите наиболее часто встречающиеся в экспериментальной физике частиц статистические распределения. Каковы основные параметры этих распределений? Приведите примеры случайных величин, подчиняющихся этим законам распределения.
- 3) Каким образом осуществляется предельный переход от биномиального распределения к распределению Пуассона и нормальному распределению?
- 4) Возможно ли, зная одномерные функции распределения двух случайных величин, установить совместную функцию распределения этих величин? Если да, то в каких случаях?
- 5) Какие величины являются инвариантами преобразований Лоренца?
- 6) В чем заключается преимущество экспериментов со встречными пучками перед экспериментами с неподвижной мишенью? В чём заключаются недостатки?
- 7) Чему равно полное сечение резерфордского рассеяния?
- 8) В чём заключается особенность двух- и трёхчастичных распадов?
- 9) Приведите примеры распадов, которые могут быть использованы для калибровки экспериментальной установки.
- 10) Сравните метод максимального правдоподобия и метод наименьших квадратов оценки параметров. В чём достоинства и недостатки каждого из методов?
- 11) Что такое псевдослучайные числа? В каких случаях вместо последовательности случайных чисел может быть использована последовательность псевдослучайных чисел?
- 12) Приведите примеры использования объектов ROOT классов TH1, TGraph, TGraphErrors для анализа экспериментальных данных? В каких случаях наиболее удобно применять каждый из перечисленных объектов?
- 13) Какие существуют способы записи и чтения объектов из дерева ROOT? В каких случаях разумно применять каждый из них? Что такое TChain?
- 14) Какие средства работы с векторами и 4-векторами предлагает ROOT? Как осуществляются операции преобразования векторов и 4-векторов?
- 15) Каким образом ROOT может взаимодействовать с другими стандартными приложениями, используемыми в физике частиц?