

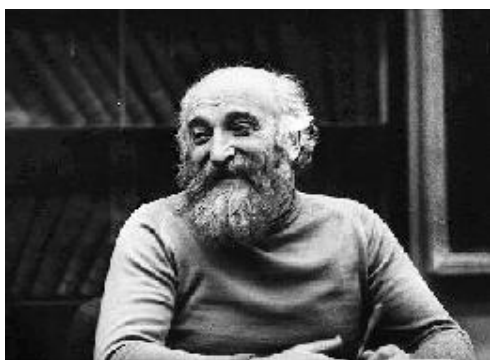
С. И. Середняков, С. И. Эйдельман, К. И. Белобородов

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Заведующий кафедрой: д-р физ.-мат. наук, проф. С. И. Середняков
Направление подготовки: 510401 – Физика ядра и элементарных частиц
Базовый институт: Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН
Сервер кафедры: <http://www.snd.inp.nsk.su/hepdiv/>

История создания кафедры

Основана в 1957 г. акад. Г. И. Будкером под именем «кафедры ядерной физики».



Организатор кафедры ядерной физики
и первый ее руководитель
акад. Г. И. Будкер

Выпускала специалистов по направлениям «строение вещества» и «ускорители». С 1977 г. ее возглавлял акад. А. Н. Скринский, с 1985 г. – акад. Л. М. Барков. В настоящее время кафедра носит название «кафедра физики элементарных частиц». Заведующий кафедрой с 1999 г. – проф. С. И. Середняков. За 40 лет существования было подготовлено около 500 студентов, из них 150 чел. работают в Институте ядерной физики СО РАН. Выпускником кафедры является ректор НГУ Н. С. Диканский.



Руководитель кафедры в период
с 1985 по 1999 г. акад. РАН
Л. М. Барков

Научная работа и специализация студентов, магистрантов и аспирантов кафедры тесно связаны с основными научными направлениями ИЯФ – это эксперименты на установках со встречными « e^+e^- »-пучками, создание детекторов для этих экспериментов, развитие новых методов регистрации элементарных частиц. В результате обучения выпускники кафедры приобретают навыки работы в современном эксперименте, который характеризуется высокой степенью автоматизации и применением новейшей вычислительной техники.

После окончания кафедры выпускники имеют возможность устройства на работу в ИЯФ. Уровень полученного образования позволяет работать или продолжать дальнейшее обучение в ведущих мировых центрах по физике элементарных частиц.

Мотивировка важности выбранного направления (раздела) физики

Физика элементарных частиц (ФЭЧ) изучает самые «глубинные» законы физики – законы природы на масштабе расстояний менее 10^{-13} см. Объектами изучения являются частицы материи – кварки и лептоны, частицы «поля» – векторные бозоны, а также законы взаимодействия между ними. Частицы называются элементарными, потому что об их структуре сейчас ничего не известно, их размер менее 10^{-17} см. Все окружающее нас вещество в конечном виде состоит из элементарных частиц, в этом состоит фундаментальность ФЭЧ.

Студенты кафедры ФЭЧ в течение четырех лет изучают самые фундаментальные свойства материи, что позволяет им понимать наилучшим образом устройство мира, начиная от самых малых расстояний ($\sim 10^{-17}$ см) до самых больших расстояний порядка размера Вселенной. Последнее замечание о Вселенной обусловлено тем, что ответы на многие злободневные вопросы, например, что такое гравитация, «темная» материя или «темная» энергия, почему рас-

ширяется Вселенная, есть ли в ней антивещество, может дать физика элементарных частиц.

Студенты, которые любят точные науки, наверное, знают, что ФЭЧ – самая точная из наук. В качестве примера можно привести магнитный момент электрона или позитрона, который рассчитывается в квантовой электродинамике с точностью 10^{-11} (!) и измерен в эксперименте с такой же точностью. И все 11 цифр совпадают! Нигде в физике такой точности больше нет.

Специализация

Учебная программа включает в себя курсы по теоретической физике элементарных частиц («Квантовая электродинамика», «Слабое взаимодействие» и др.), курсы по экспериментальной физике элементарных частиц («Введение в физику высоких энергий (ФВЭ)», «Ведущие эксперименты в ФВЭ», «Физика на “ e^+e^- ”-фабриках» и др.), ряд методических курсов («Калориметры», «Трековые детекторы» и др.).

Программа подготовки студентов третьего курса включает следующие разделы.

Введение в ФВЭ. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление студентов с основами в области физики элементарных частиц. Первая часть курса знакомит с основными теоретическими представлениями и понятиями. Вторая часть – ознакомление с основными экспериментальными методиками, применяемыми в экспериментах в физике высоких энергий.

Циклические ускорители. Атомная и ядерная физика. Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков специальности «Физика элементарных частиц» основам атомной и ядерной физики. Основной целью освоения дисциплины является получение представлений о строении атома и структуре атомного ядра, современных экспериментах по атомной и ядерной физике.

Статистические методы ФВЭ. Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков основам теории вероятности, статистики и методов Монте-Карло. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с методами моделирования и статистической обработки данных, принятыми в ведущих центрах физики элементарных частиц.

Ядерная электроника. Дисциплина предназначена для изучения студентами-

физиками основ построения и функционирования систем сбора данных детекторов для экспериментов по физике высоких энергий, теоретическое представление о которых они получают на параллельно изучаемых курсах кафедры. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с методами построения как систем сбора данных в целом, так и отдельных ее компонент, пути и способы преобразования информации с детекторов и методы отбора полезных событий.

Практикум «Обработка эксперимента в ФВЭ». Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков основам современных методов математического и компьютерного моделирования физических процессов, теоретическое представление о которых они получили при ранее изучавшихся курсах общей физики (механика, молекулярная физика). Основной целью освоения дисциплины являются ознакомление с методами компьютерного моделирования, изучение языка программирования MatLab, получение практических навыков в исследовании простейших физических явлений с использованием компьютеров.

Программа подготовки студентов четвертого курса включает следующие разделы.

Атомное ядро. Спецкурс предназначен для ознакомления студентов кафедры физики элементарных частиц с основами современных представлений о структуре атомных ядер и методами ее исследования.

Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с основными моделями, описывающими различные проявления структуры такой сложной квантовой системы многих тел, какой является атомное ядро, а также знакомство с основными методами исследования ядерной структуры.

Экспериментальные методы ядерной физики. Спецкурс дает основы понимания взаимодействия элементарных частиц с веществом, принципы работы различных детекторов.

Ядерный практикум. Спецкурс по экспериментальным методам регистрации элементарных частиц, который дает студентам кафедры возможность познакомиться с наиболее распространенными методами регистрации.

Физика элементарных частиц. Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков основам современных представлений об элементарных частицах и их

взаимодействиях. Основной целью освоения дисциплины являются ознакомление с классификацией частиц, с теоретическими основами описания электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий, получение практических навыков в расчете простых процессов с участием элементарных частиц.

Выдающиеся эксперименты ФВЭ. Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков на основе важнейших экспериментов по физике элементарных частиц и астрофизике основным экспериментальным подходам в исследованиях по фундаментальным свойствам материи. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с важнейшими экспериментами по физике частиц, результаты которых стали основой современной физики элементарных частиц.

Физика элементарных частиц при сверхвысоких энергиях. Дисциплина предназначена для ознакомления студентов-физиков с одним из ведущих направлений в современной физике элементарных частиц, позволяющим ответить на главные вопросы физики микро- и макромира. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с теоретическими представлениями: стандартной моделью, моделью великого объединения, а также моделью суперсимметрий. Излагаются методы получения частиц сверхвысоких энергий, особенности проведения экспериментов и обработки экспериментальных данных.

Программа подготовки магистрантов включает следующие разделы.

Квантовая электродинамика. Дисциплина предназначена для магистрантов, специализирующихся на кафедре «Физика элементарных частиц». Основной целью освоения дисциплины являются знание основ релятивистской квантовой теории электромагнитных взаимодействий элементарных частиц, понимание роли квантовой электродинамики в современной физике элементарных частиц и владение методами теоретического анализа электромагнитных явлений и процессов.

Современные экспериментальные методики в ФВЭ. Дисциплина предназначена для детального обучения студентов-физиков современным экспериментальным методам физики высоких энергий, предварительные представления о которых они получают при ранее изучаемых курсах (введение в физику высоких энергий, экспериментальная ядер-

ная физика). Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с физикой детектирования ионизирующих излучений и с наиболее распространенными типами детекторов элементарных частиц и светового излучения.

Двухфотонная физика. Это введение в сравнительно молодую область физики элементарных частиц, посвященную теории и экспериментальному изучению лептонов и адронов, а также С-четных адронных резонансов, рождающихся в столкновениях двух фотонов.

Физика на « e^+e^- »-фабриках. Дисциплина предназначена для обучения студентов-физиков физике электрон-позитронных столкновений в области энергии от 0,3 до 200 ГэВ. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с кругом физических вопросов, изучаемых в экспериментах на установках со встречными « e^+e^- »-пучками (коллайдерах), с экспериментальной аппаратурой, методами регистрации частиц и анализа данных, применяемых в этих экспериментах.

Компьютерные технологии в ФЭЧ. Курс предназначен для ознакомления магистрантов-физиков с основами современных информационных технологий (ИТ) и их приложений в областях физики высоких энергий, ядерной физики и смежных с ними. Основной целью освоения дисциплины являются ознакомление слушателей с современными ИТ, применяемыми при проведении исследований в ФВЭ, получение представления о специфике этих исследований и требований к информационно-вычислительному обеспечению.

Теория сильных взаимодействий. Дисциплина предназначена для магистрантов, специализирующихся на кафедре «Физика элементарных частиц». Основной целью освоения дисциплины являются представление о нынешнем состоянии теории сильных взаимодействий элементарных частиц, о методах теоретического анализа процессов сильного взаимодействия, знание основ квантовой хромодинамики, владение ее приемами, понимание ее роли в современной физике элементарных частиц.

Экспериментальное изучение CP-несохранения и физика τ -лептона. Эти два спецкурса посвящены ознакомлению с фундаментальными проблемами современной физики, изучаемыми в экспериментах на В-фабриках в SLAC (США) и КЕК (Япо-

ния), активное участие в которых принимают сотрудники ИЯФ, в том числе магистранты кафедры.

Физика слабых взаимодействий. Дисциплина предназначена для обучения студентов, специализирующихся по физике элементарных частиц, основам современной теории электрослабых взаимодействий (Стандартная Модель). Главной целью освоения дисциплины является ознакомление с основными идеями, положенными в основу Стандартной Модели: калибровочная симметрия $SU(2) \times U(1) \times SU(3)$, явное нарушение дискретных P- и C-симметрий, спонтанное нарушение глобальных и локальных симметрий, механизм Хиггса, матрица смешивания кварков Кабаяши–Маскава и CP-нарушение, и т. д.

Кадровый состав

Середняков Сергей Иванович, зав. кафедрой, д-р физ.-мат. наук, проф.

Эйдельман Семен Исаакович, зам. зав. кафедрой, д-р физ.-мат. наук, доц.

Тихонов Юрий Анатольевич, д-р физ.-мат. наук, проф.

Солодов Евгений Петрович, д-р физ.-мат. наук, проф.

Дружинин Владимир Прокопьевич, д-р физ.-мат. наук, доц.

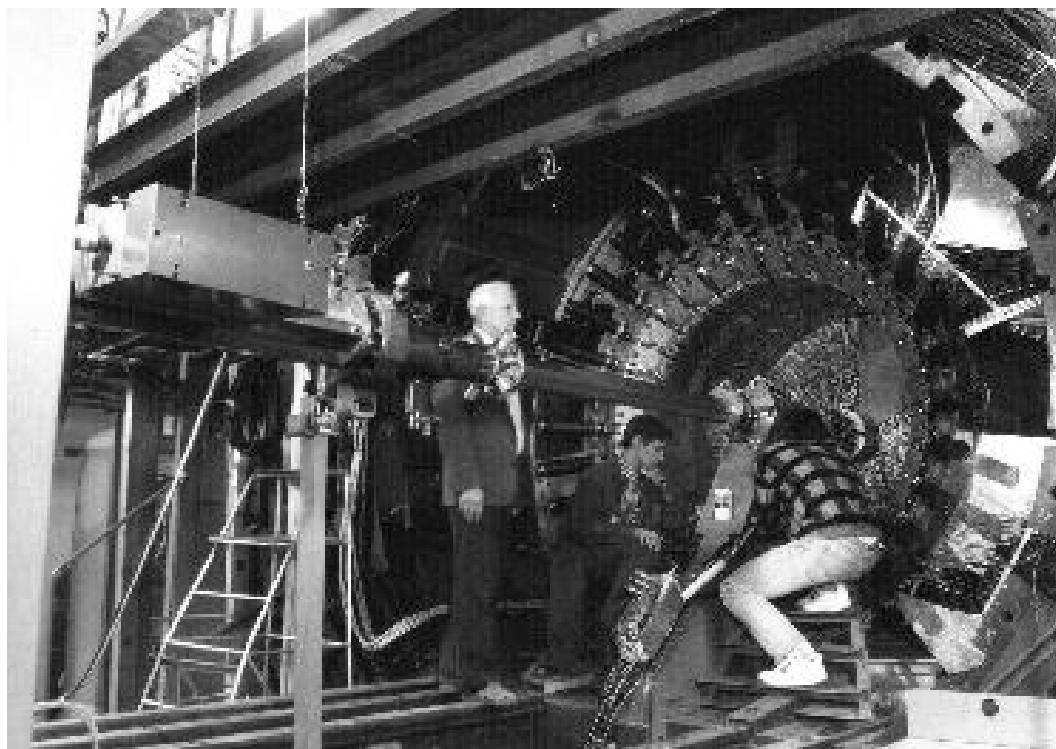
Голубев Владимир Борисович, канд. физ.-мат. наук, доц.

Воробьев Анатолий Иванович, канд. физ.-мат. наук, доц.

Все преподаватели кафедры одновременно являются научными сотрудниками, активно работающими в области физики элементарных частиц, что обеспечивает высокий уровень преподавания этой динамично меняющейся области физики.

Имеющаяся база

Студенты кафедры, с третьего курса по желанию, а с начала четвертого в обязательном порядке, проходят практику в лабораториях института, участвуя в экспериментах СНД, КМД2, КЕДР, РОКК-1М, разработке новых экспериментальных устройств, таких как малодозная цифровая рентгенографическая установка «Сибирь», детекторы рентгеновского излучения «ОД». Часть студентов специализируются в области теоретической физики под руководством ведущих сотрудников Института ядерной физики и Института математики.



Этап сборки детектора элементарных частиц КЕДР, на котором в настоящее время ведут исследования студенты и выпускники кафедры ФЭЧ

Сферический нейтральный детектор (СНД). Эксперименты с СНД на комплексе ВЭПП-2М в области энергий 0,4–1,4 ГэВ посвящены изучению радиационных распадов векторных мезонов, изучению процессов электрон-позитронной аннигиляции в адроны. Последние достижения группы СНД – открытие 4-кварковой структуры a_0 , f_0 мезонов, обнаружение нового резонанса $\omega(1200)$. Деятельность по проведению эксперимента весьма многогранна: методические работы, связанные с дрейфовой камерой, калориметром, мюонной системой; компьютерное моделирование процессов регистрации в детекторе, физический анализ данных.

В 2000 г. начата модернизация детектора для экспериментов на ускорителе ВЭПП-2000 в области энергий 1000–2000 МэВ. Разрабатывается новая трековая система. Создается система рассеянных электронов. Предусматривается разработка новой считывающей электроники и нового программного обеспечения.

Интернет-страница: <http://www.snd.inp.nsk.su>

Криогенный магнитный детектор (КМД). Эксперименты с КМД на комплексе ВЭПП-2М в области энергий 0,4–1,4 ГэВ посвящены изучению радиационных распадов векторных мезонов, изучению процессов электрон-позитронной аннигиляции в адроны. Последние достижения группы КМД – измерение вероятности распада η -мезона в η -штрых-мезон и фотон, что позволило определить долю глюония (состояния, состоящего из одних глюонов) в η -штрых-мезоне и открытие доминантности промежуточного состояния a_1 пи в 4-пионной аннигиляции электрона и позитрона. Исключительно важным для многочисленных приложений является прецизионное измерение формфактора π -мезона. Экспериментальная деятельность включает в себя: методические работы связанные с дрейфовой камерой, калориметром, мюонной системой; компьютерное моделирование процессов регистрации в детекторе, физический анализ данных. Для проведения экспериментов на модернизированном ускорителе ВЭПП-2000 разрабатывается новый детектор с жидко-ксеноновым калориметром. Коллаборация КМД принимает активное участие в международном эксперименте по измерению аномального магнитного момента мюона.

Интернет-страница: <http://cmd.inp.nsk.su/>
Детектор КЕДР. Универсальный магнитный детектор КЕДР на коллайдере

ВЭПП-4 предназначен для экспериментов в области J/ψ и ипсилон-мезонов. Планируется точное измерение масс и параметров этих резонансов. Детектор КЕДР – самый современный детектор в ИЯФ. Он включает в себя калориметр на жидком криптоне, дрейфовую камеру, использующую диметилловый эфир. Уникальная система рассеянных электронов позволяет проводить эксперименты по исследованию C -четных резонансов. В 2000 г. детектор приступил к набору статистики. Экспериментальная деятельность включает в себя методические работы, связанные с разработкой новых систем детектора и улучшение параметров старых; компьютерное моделирование процессов регистрации в детекторе, физический анализ данных.

Интернет-страница: <http://kedr.inp.nsk.su/>

Способы и ход учебного процесса, особенности, преимущества

Выпускники кафедры ФЭЧ не являются настолько узкими специалистами, как это кажется на первый взгляд. Широкое образование они получают не только в области ФЭЧ, но и в области информатики, программирования, электроники, общей экспериментальной техники, теоретической физики и математики. Широко известная система Интернет, например, была создана в ЦЕРНе специалистами по физике элементарных частиц.

Выпускники кафедры ФЭЧ могут работать в различных областях науки и техники и в системе высшего образования.

Достижения

Воспитанники кафедры ФЭЧ сегодня составляют ядро ведущих сотрудников ИЯФ, проводящих эксперименты по физике элементарных частиц

Перспективы

В ИЯФ СО РАН, базовом институте кафедры ФЭЧ, близится к окончанию завершение сооружения нового « e^+e^- »-коллайдера ВЭПП-2000, на котором планируется проведение многих новых экспериментов по ФЭЧ. Обсуждается проект создания s - τ -фабрики « e^+e^- »-коллайдера для изучения свойств s -кварка и τ -лептонов. Будут продолжаться эксперименты на ВЭПП-4.