

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Кафедра физики ускорителей



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

« 01 » сентября 2014 г.

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Рабочая программа дисциплины

Физический факультет

Направление подготовки

03.03.02 Физика (уровень бакалавриата)

Курс 4, семестр 7-8

Профиль:

Общая и фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах) | |
|--------------|-------------|--|-----------|----------------------|---|---|--|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии) | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, экзамен) |
| | | Лекции | Семинары | Лабораторные занятия | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 7 | 72 | 22 | 24 | | 8 | 14 | 4 |
| 8 | 108 | 32 | 32 | | 8 | 32 | 4 |
| ИТОГО | 180 | 54 | 56 | | 16 | 46 | 8 |

Всего 180 часов / 5 зачетных единиц
из них:
- контактная работа 118 часов
- в интерактивных формах 56 часов

Новосибирск 2014

Рабочая программа дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц», предназначенная для студентов третьего курса физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «бакалавр») от 08.12.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013, переработана в 2014 г. в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата) от 07.08.2014.

Место дисциплины в структуре учебного плана Б1, вариативная

Составили:

канд. физ.-мат. наук, асс. П. П. Кроковный
асс. А. В. Бобров

Рабочая программа

Содержание

| | |
|--|---|
| Аннотация..... | 4 |
| 1. Цели освоения дисциплины..... | 5 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы..... | 5 |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины | 5 |
| 4. Структура и содержание дисциплины | 6 |
| 5. Образовательные технологии | 8 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | 9 |
| 7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания | 9 |
| 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины..... | 9 |
| 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины..... | 9 |

I. Рабочая программа дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Аннотация

Программа курса «**Физика атомного ядра и элементарных частиц**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню бакалавриата по направлению подготовки «**03.03.02 Физика**» (академический бакалавриат), а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой физики ускорителей. Дисциплина изучается студентами четвёртого курса физического факультета в осеннем и весеннем семестрах.

Цели курса – дать студентам базовые знания, умения и навыки по физике атомного ядра и элементарных частиц.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональных компетенций ОПК-3, а также профессиональных компетенций ПК-1 и ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, семинарские занятия, домашние задания, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, допуск к экзамену, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: домашние задания, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 5 зачетных единиц:

- занятия лекционного типа – 54 часа;
- занятия семинарского типа – 56 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 16 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена и экзамен) – 54 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, семинарского типа, групповые консультации, экзамен) составляет 118 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 56 часов.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина (курс) «Физика атомного ядра и элементарных частиц» предназначен для специалистов, которые будут заниматься проектированием и эксплуатацией ускорительных комплексов, направленных на изучение физики элементарных частиц и атомного ядра. В своей профессиональной деятельности им будет необходимо понимать и разбираться в фундаментальных проблемах, которые решает современная физика элементарных частиц; ориентироваться в современных детекторных технологиях, чтобы эффективно взаимодействовать с коллегами, занимающимися физикой элементарных частиц. Кроме того, курс предназначен для студентов, которые в дальнейшем будут заниматься медицинской физикой. Многие технологии детектирования частиц и излучений используются в современной медицине.

Целью этого курса является предоставление информации о физике элементарных частиц также о принципах работы и физических характеристиках современных детекторов элементарных частиц. Для достижения поставленной цели используются широкая база различных учебных материалов, в которой отражены ключевые вопросы развития и становления физики элементарных частиц. Также используется возможность контакта с сотрудниками ИЯФ СО РАН, имеющими многолетний опыт создания устройств для уникальных исследовательских установок.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» дисциплиной вариативной части подготовки бакалавра по направлению «03.03.02 Физика».

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Высшая алгебра;
- Электродинамика;
- Теория функций комплексных переменных;
- Квантовая физика.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Общепрофессиональные компетенции ОПК-3, профессиональные компетенции ПК-1 и ПК-3.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- иметь представление об устройстве и принципе работы современных детекторов элементарных частиц, которые используются в ускорительных экспериментах и медицинских приложениях;
- знать общие принципы теории физики элементарных частиц, иметь представления о задачах, решаемых в области физики элементарных частиц;
- уметь использовать полученные знания при взаимодействии со специалистами, которые занимаются физикой частиц. Применять методы и подходы из смежной области знаний в процессе профессиональной деятельности. Уметь ориентироваться в информации получаемой из печатных изданий и сети «Интернет».

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» представляет собой годовой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в 7-м и 8-м семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

По использованию современных научных данных, своему содержанию, уровню предварительной подготовки студентов курс находится на высоком уровне и сопоставим с другими подобными курсами как в России, так и за рубежом.

| № п/п | Раздел дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах) |
|------------------|--|-----------------|--|-----------------------|-------------------------|---|--|
| | | | Всего | Аудиторные часы | | Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии) | |
| | | | | Лекции (кол-во часов) | Семинары (кол-во часов) | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 7 семестр | | | | | | | |
| 1 | Взаимодействие частиц с веществом | 1-2 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 2 | Современные методы детектирования частиц | 3-4 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 3 | Введение в квантовую электродинамику | 5-8 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 4 | Электродинамика безспиновых частиц | 9-11 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 5 | Фермионы | 12-14 | 9 | 3 | 4 | 2 | |
| 6 | Расчет рассеяния фермионов | 15-17 | 9 | 3 | 4 | 2 | |
| 7 | Групповая консультация | | 2 | | | | 2 |
| 8 | Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену | | 14 | | | | 14 |
| 9 | Экзамен | | 2 | | | | 2 |
| Всего за семестр | | | 72 | 22 | 24 | 8 | 18 |
| 8 семестр | | | | | | | |
| 10 | Размеры и массы ядер | 1-2 | 8 | 4 | 4 | | |
| 11 | Радиоактивность | 3-4 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 12 | Сильные взаимодействия | 5-6 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 13 | Симметрия | 7-8 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 14 | Кварки | 9-10 | 9 | 4 | 4 | 1 | |
| 15 | Слабые взаимодействия | 11-12 | 7 | 3 | 3 | 1 | |
| 16 | Нарушение CP-инвариантности | 13 | 7 | 3 | 3 | 1 | |
| 17 | Структура адронов | 14 | 7 | 3 | 3 | 1 | |
| 18 | Объединение взаимодействий | 15 | 7 | 3 | 3 | 1 | |
| 19 | Групповая консультация | | 2 | | | | 2 |
| 20 | Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену | | 32 | | | | 32 |
| 21 | Экзамен | | 2 | | | | 2 |
| Всего за семестр | | | 108 | 32 | 32 | 8 | 36 |
| ИТОГО | | | 180 | 54 | 56 | 16 | 54 |

Содержание разделов и тем курса

1. Взаимодействие частиц с веществом

Прохождение заряженной частицы через вещество. Дельта-электроны. Ионизационные потери. Формула Бетте-Блоха. Флуктуации ионизационных потерь. Длина пробега тяжелых заряженных частиц. Многократное рассеяние заряженных частиц. Тормозное излучение. Радиационные потери электронов. Критическая энергия. Черенковское излучение. Применение Черенковского излучения. Взаимодействие фотонов с веществом. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Рождение пар. Соотношение сечений процессов. Развитие электрофотонных ливней.

2. Современные методы детектирования частиц

Проволочные камеры. Калориметры. Временипролетные счетчики. Черенковские счетчики. Полупроводниковые детекторы.

3. Введение в квантовую электродинамику

Переход от нерелятивистской квантовой теории к уравнению Клейна-Гордона. Интерпретация решений с отрицательной энергией.

4. Электродинамика безспиновых частиц

Введение взаимодействия с электромагнитным полем. Инвариантная амплитуда. правила Фейнмана для безспиновых частиц. Вероятность распада, выраженная через инвариантную амплитуду. Инвариантный фазовый объем. Сечение, выраженное через инвариантную амплитуду. Расчет рассеяния бесспиновых частиц друг на друге. Случай тождественных частиц. Аннигиляция частиц. Фотон. Вектора поляризации. Комптоновское рассеяние на безспиновых частицах.

5. Фермионы

Уравнение Дирака. Решение для свободных частиц. Нормировка спиноров и соотношение полноты. Соотношения для γ -матриц. Электродинамика частиц с полуцелым спином. Инвариантная амплитуда и правила Фейнмана. Теоремы о следе для γ -матриц.

6. Расчет рассеяния фермионов

Случай тождественных частиц. Аннигиляция $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Пропагатор фермиона. Комpton эффект на фермионе. Сводка правил Фейнмана. Поправки высшего порядка. Лэмбовский сдвиг. Аномальный магнитный момент. Экранировка заряда. Понятие перенормировки. Бегущая константа связи.

7. Размеры и массы ядер

Способы измерения и точности. Капельная модель ядра. Формула массы ядра в этой моделию. Формула Вайцзекера. Область стабильности ядер относительно β -распада. Стабильность ядер относительно вылета нуклона.

8. Радиоактивность

Законы радиоактивности. Типы распадов ядер. α -распад. Природа α -распада. Времена жизни и энергии α -частиц. β -распад. Спектр β -распада. Условия отбора и типы β -переходов. γ -распад. Условия отбора. Энергии и времена γ -переходов.

9. Сильные взаимодействия

Кварки. Цвет как заряд сильных взаимодействий. Эффект "невыветания" кварков.

10. Симметрия

Симметрии в природе. Группа SU(2) спин, изоспин. Составные представления. Проявления сохранения изоспина. Дискретные симметрии P, C, T. Группа SU(3) цвет, ароматы. Мезоны. Октет псевдоскалярных мезонов. Другие мезоны. Система наименований мезонов. Нарушение симметрии.

11. Кварки

Трехкварковые состояния. Волновая функция протона. Магнитные моменты. Тяжелые кварки. c, b, t.

12. Слабые взаимодействия

Нарушение четности в слабом взаимодействии. V-A структура слабого тока. Слабые распады частиц. Распад мюона. Распад пиона. Распад каона, угол Кабибо.

13. Нарушение CP-инвариантности

Углы смешивания в случае трех поколений кварков. CP-инвариантность. Нейтральные каоны, их распад. Нарушение CP-инвариантности в распадах каонов. Система В-мезонов, Нарушение CP-инвариантности в распадах В-мезонов. Рассеяния нейтрино под действием заряженных токов. Рассеяние на электронах. Рассеяние на кварках. Нейтральные токи. Осцилляции нейтрино.

14. Структура адронов

Рассеяние электронов на ядрах и нуклонах, формфакторы. Неупругое электрон-протонное рассеяние. Партоны и Бьеркиновский скейлинг. Кварки внутри протона. Понятие о КХД. Сечения испускания глюонов. Нарушение скейлинга. Аннигиляция e^+e^- в адроны. Трехструйные события.

15. Объединение взаимодействий

Электрослабые взаимодействия. Калибровочные симметрии. Теорема Нетер. Локальная U(1) инвариантность. Массивные калибровочные Бозоны. Спонтанное нарушение симметрии. Механизм Хигса. Модель Вайнберга-Салама. Великое объединение. Суперсимметрия.

5. Образовательные технологии

Учебный курс «Физика атомного ядра и элементарных частиц» читается классическим способом: проводятся потоковые лекции, а также семинарские занятия по группам, в каждой из которых не более 15-и студентов. При подаче материала лекционного курса используется мультимедийная техника. На экран выводятся формулировки, определения, основные понятия, а также графические иллюстрации, помогающие наглядно подать материал. Все семинарские занятия проводятся в интерактивной форме. Обсуждаются идеи и способы решения поставленных задач, оптимальность предложенных решений. Поощряется элемент соревновательности. Автор наиболее удачного решения рассказывает его у доски. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение задачи, но и способность доходчиво донести его до всей аудитории. Умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента. Важнейшим элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это единственная полностью индивидуальная форма обучения. Сдача заданий в устной форме преподавателю направлена на формирование коммуникативных навыков, умения объяснять, логически излагать решение, быстро отвечать на вопросы преподавателя. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы, решает одну - две простые задачи на ту же тему. Таким образом, триада: лекции + семинары + задания способствуют активному усвоению материала и позволяют студентам не столько вы зубрить теорию, сколько научиться применять ее для решения задач.

Оценка на экзамене складывается из трех сумм: $\Sigma = \Sigma_b + \Sigma_t + \Sigma_p$, где Σ_b — количество баллов, заработанных студентом в семестре, Σ_t — количество баллов, полученных за ответ на теоретический билет, Σ_p — количество баллов, полученных за решение задач из практического билета. Каждая из сумм может равняться нулю. В зависимости от набранных баллов проставляется оценка за экзамен:

| Σ | Оценка |
|-----------|---------------------|
| [0;200) | неудовлетворительно |
| [200;400) | удовлетворительно |
| [400;600) | хорошо |
| [600;900] | отлично |

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры физики ускорителей:

1. К. Группен, Детекторы элементарных частиц. Новосибирск, 1999.
2. Онучин О.П. Экспериментальные методы ядерной физики. Новосибирск 2007.

Система контроля включает текущий (по ходу семестров) контроль освоения практического материала, а также экзамен.

Текущий контроль по практике: осуществляется в ходе семестра путем приема обязательных заданий.

Окончательная оценка работы студента в течение семестров происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце курса в экзаменационную сессию, по билетам, в устной форме.

7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ОПК-3, а также ПК-1 и ПК-3 сформирована в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности материал данного курса.

Образец билета на экзамене:

1. Протон с кинетической энергией 1 ГэВ останавливается в веществе. Найти зависимость потерь энергии на единицу длины пути протона (dE/dR) от пути, пройденного в веществе.
2. Определить лептонную ширину распада Y -мезона ($M=10$ ГэВ), предполагая, что взаимодействие кварков описывается кулоновским потенциалом.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Обязательная литература:

1. К. Группен, Детекторы элементарных частиц. Новосибирск, 1999.
2. Онучин О.П. Экспериментальные методы ядерной физики. Новосибирск 2007.

Дополнительная литература:

1. Ф.Хелзен, А.Мартин, Кварки и лептоны. Москва ``Мир" 1987.
2. Д.Перкинс, Введение в физику высоких энергий. Москва ``Мир" 1975, Новокузнецк, 2000.
3. Л.Б.Окунь, Лептоны и кварки. Москва ``Наука" 1990.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. ч.I Физика атомного ядра. Москва ``Атомиздат" 1975, «Энергоиздат», 1983.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Доступ к информационным ресурсам, выложенным на сайте кафедры <http://accel.inp.nsk.su/>

Дисциплина обеспечена лекционными аудиториями Института ядерной физики СО РАН.

Оснащение основных лекционных аудиторий ИЯФ СО РАН:

Аудитория ВЭПП-4. – Лекционная аудитория на 30 мест:

а) основное оборудование:

ручной подвесной проекционный экран 127см*127см

Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

Пристройка 2 эт. – Лекционная аудитория на 48 мест:

а) основное оборудование:

Стационарный (подвесной) проектор EPSON EB-X72 с пультом;

Ноутбук DELL PP22L;

б) дополнительное оборудование:

ручной подвесной проекционный экран 127см*127см

Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

Зал для конференций – на 305 мест

а) основное оборудование:

Переносной проектор NEC VT660 с пультом;

Ноутбук ASPIRE 5720;

б) дополнительное оборудование:

электрический подвесной проекционный экран 200м*200м

проектор для больших презентаций SANYO PLC-XP57L

беспроводные инфракрасные микрофоны и аппаратура воспроизведения звука.

Возможность использования интернет библиотек.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики ускорителей физического факультета НГУ 29 августа 2014 года.