

Форма проведения вступительного испытания: устное собеседование по билетам или ответы на вопросы и обсуждение реферата по специальной дисциплине, соответствующей избранной научной специальности (Приложения 1 и 2) или обсуждение одной из опубликованных научных работ (статей) или одного из изобретений.

Для подготовки ответов поступающий заполняет и использует экзаменационные листы и протокол вступительного испытания.

Раздел «Теоретическая физика»

Билет 1.

1. Принцип линейной суперпозиции состояний. Состояния физической системы как векторы гильбертова пространства.
2. Условия применимости борновского приближения в задаче потенциального рассеяния.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 2.

1. Вывод соотношения неопределенности общего вида. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
2. Метод Хартри-Фока.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 3.

1. Основные свойства решений одномерного стационарного уравнения Шредингера для частицы в поле. Дискретный и сплошной спектры. Число узлов волновой функции связанного состояния.
2. Принцип Паули. Общая схема квантовой теории атома.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 4.

1. Стационарная теория возмущений. Поправка первого порядка к энергии в невырожденном и вырожденном случаях.
2. Уравнение Томаса-Ферми. Решение уравнения Томаса-Ферми для нейтрального атома и положительного иона.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 5.

1. Движение в центральном поле. Собственные функции оператора углового момента. Радиальное уравнение Шрёдингера.
2. Соотношение неопределенностей энергия-время.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 6.

1. Частица в периодическом поле. Трансляционная симметрия. Теорема Блоха. Вырождение уровней энергии. Нормировка блоховских функций.
2. Матрица плотности.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 7.

1. Уравнение Эренфеста для средних значений физических величин. Первая и вторая теоремы Эренфеста.
2. Гармонический осциллятор. Плоский и пространственный ротатор. Волновые функции, уровни энергии.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 8.

1. Спин. Тонкая структура атомных уровней.
2. Физическая интерпретация коэффициентов разложения по собственным векторам. Среднее значение физической величины
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 9.

1. Сложение моментов.
2. Квазиклассическое приближение в одномерном случае.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 10.

1. Собственные функции одномерного оператора Гамильтона свободной частицы. Спектр гамильтониана свободной частицы. Монохроматическая плоская волна. Волновой пакет и движение свободной частицы.
2. Туннельный эффект.

3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 11.

1. Резонансное рассеяние. Формула Брейта-Вигнера.
2. Понятия вероятности, плотности вероятности. Понятие состояния квантовой системы и волновой функции. Чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Операторы физических величин. Вероятностное толкование результатов измерения физических величин.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 12.

1. Движение в магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана.
2. Вариационный принцип Релея-Ритца. Пример использования вариационного принципа Релея-Ритца. Водородоподобный атом. Теорема вириала.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 13.

1. Временное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Плотность вероятности. Плотность тока вероятности.
2. Эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка для невырожденного уровня. Линейный эффект Штарка для вырожденного уровня.
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 14.

1. Самосопряженные операторы и их свойства. Примеры самосопряженных операторов. Унитарные преобразования. Собственные функции и собственные числа операторов. Свойства собственных функций и собственных чисел самосопряженных операторов.
2. Гамильтониан многочастичной системы. Волновая функция многочастичной системы. Системы тождественных частиц. (Бозе- и Ферми-статистики).
3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 15.

1. Эксперименты, лежащие в основе квантовой механики: Излучение абсолютно черного тела, опыты Франка-Герца, Штерна-Герлаха, Комптона, Девиссона-Джермера.
2. Рассеяние заряженных частиц атомами.

3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Билет 16.

1. Матрица рассеяния. Условие унитарности для амплитуды рассеяния в импульсном пространстве и для парциальных волн. Учет неупругих процессов.

2. Атом гелия. Основное и возбужденные состояния. Обменное взаимодействие. Пара- и ортогелий.

3. Обсуждение реферата или опубликованной научной статьи, изобретения.

Основная литература:

1. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. Наука, М., 1979.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика, Наука, М., 1974.
3. Давыдов А.С. Квантовая механика. Наука, М., 1973.
4. Вигнер Е. Теория групп и ее приложение к квантовой механике. ИЛ, М., 1961.
5. Тейлор Д. Теория рассеяния. Мир, М., 1975.
6. Мессиа А. Квантовая механика. Т. 1, 2. Наука, М., 1978.

Дополнительная литература:

1. Паули В. Общие принципы волновой механики. ГИТЛ, М., 1947.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. Наука, М., 1976.
3. Бете Г., Солпитер Э. Квантовая механика атомов. ГИФМЛ, 1960.
4. Шифф Л. Квантовая механика. ИЛ, 1958.
5. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Т. 1, 2. Наука, М., 1974.
6. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля. Наука, М., 1993.

Раздел «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»

1. Экспериментальные методы в физике высоких энергий

Раздел 1. Взаимодействие излучения с веществом

Тема 1. Ионизационные потери

Модель Ферми для кулоновского взаимодействия заряженной частицы с атомными электронами. Спектр электронов отдачи. Формула Бете-Блоха. Понятие MIP. Границы применимости. Эффект плотности. Плато Ферми. Ограниченные потери. Флуктуации потерь. Распределение Ландау. Ионизационные потери как основной механизм детектирования частиц.

Тема 2. Черенковское и переходное излучение

ЧИ как интерференционный эффект. Пороговый характер ЧИ. Кинематическая интерпретация ЧИ. Спектр, угловое распределение и поляризация ЧИ. ЧИ как часть ионизационных потерь. Идентификация частиц посредством регистрации ЧИ. ПИ от границы раздела сред. ПИ от фольги и щели. ПИ от регулярной структуры. ПИ оптическое и рентгеновское ПИ. Насыщение ПИ как функции Лоренц-фактора частицы. Идентификация частиц посредством регистрации РПИ.

Тема 3. Многократное рассеяние

Резерфордовское рассеяние. Понятие радиационной длины. Угловое распределение рассеяния.

Тема 4. Тормозное излучение и рождение пар

ТИ в поле ядра. Длина экранировки. Критическая энергия. Рождение электрон-позитронных пар g -квантом в поле ядра. Формулы Бете-Гайтлера. Электромагнитный каскад. Модель каскада. Продольная форма каскада. Приближение Росси. Радиус Мольера.

Тема 5. Дополнительные вопросы излучения и взаимодействия с веществом

Синхротронное излучение. Поглощение низкоэнергичных g -квантов веществом: комптоновское рассеяние; фотоэффект; рэлеевское рассеяние. Взаимодействие мюонов очень высоких энергий с веществом. Взаимодействие адронов с веществом, его общие характеристики. Ядерный каскад.

Раздел 2. Детекторы частиц и излучений

Тема 6. Газовые детекторы частиц

Физические процессы в газе: первичная и полная ионизация; d -электроны; дрейф и диффузия заряженных частиц; газовое усиление; пробой; фотоионизация и

фотопоглощение. Ионизационная камера. Форма сигнала. Индукционный эффект. Цилиндрический пропорциональный счетчик. МПК, ДК, ДТ, GEM. Время-проекционная камера. dE/dx – идентификация частиц.

Тема 7. Полупроводниковые детекторы

Зонная структура полупроводника. Собственная и примесная проводимость; ионизация; термализация; дрейф; рекомбинация. Шумы в п/проводнике. Необходимость обеднения. Емкость перехода. PIN-детектор. Формирование сигнала в ППД. Разрешение. Спектрометрические и трековые ППД. Вершинный детектор.

Тема 8. Сцинтилляционные детекторы и фотоприемники

Виды и свойства сцинтилляторов, основные характеристики; механизмы сцинтилляции. Эффект Биркса. Конструкции СД.

Вакуумный ФЭУ, основные процессы и характеристики: фото- и термо- эмиссия из полупроводникового фотокатода; вторичная эмиссия; оптическая и ионная обратная связь; объемный заряд. Шумы ФЭУ.

Полупроводниковые фотоприемники. Ячеистый лавинный фотодиод.

Тема 9. Детекторы черенковского и переходного излучения

Черенковские счетчики. Пороговый, дифференциальный и многоканальный счетчики. Детектор колец черенковского излучения.

Детекторы переходного излучения (ДПИ). Радиатор, детектирующие элементы.

Тема 10. Калориметры и установки

Типы калориметров. Электромагнитный калориметр. Факторы разрешения: флуктуации сбора «заряда» и выборки, утечки, шумы. Линейность. Радиационная стойкость калориметра. Адронные калориметры: дополнительные факторы энергетического (и пространственного) разрешения. Конструкции калориметров.

Основные детекторы и типовые компоновки установок в ФВЭ.

Основная литература

1. К.Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. М.: Энергоатомиздат. 1985.
2. Ю.К. Акимов. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1989
3. Ю.К. Акимов Фотонные методы регистрации излучений. Дубна: ОИЯИ, 2006
4. А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Ю.А. Будагов и др. Ионизационные измерения в физике высоких энергий. М.: Энергоатомиздат, 1988.

6. К. Клайнкнехт. Детекторы корпускулярных излучений. М.: Мир, 1990.
7. Д. Джелли. Черенковское излучение и его применения. М.: ИИЛ, 1960.
8. Walter Blum, Werner Riegler, Luigi Rolandi. Particle Detection with Drift Chambers. Springer, 2008. e-ISBN: 978-3-540-76684-1

Дополнительная литература:

1. С. Grupen. Particle Detectors. Cambridge: University Press. 1992
2. В.Л. Гинзбург. Теоретическая физика и астрофизика. М.: Наука, 1981.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред (т. VIII). М.: Наука, 1982
4. А.И. Ахиезер, Н.Ф. Шульга. Электродинамика высоких энергий в веществе.: М. Наука, 1993

2. Статистические и численные методы анализа данных

Раздел 1. Использование технологии Грид в ФВЭ

Тема 1. Характеристики и типы Грид-систем

Грид-ресурсы и виртуальные организации. Архитектура Грид. Промежуточное программное обеспечение. Европейская инфраструктура Грид.

Тема 2. Организация практической работы в ГРИД

Задания в Грид. Типы заданий. Запуск, получение результатов. Основные принципы работы с данными в Грид. Понятия SURL, TURL, LFN. Информационная система в Грид.

Раздел 2. Статистические методы в ФВЭ

Тема 3. Доверительный интервал и пределы доверия

Частотный подход. На примере нормального распределения. Байесовский подход на примере распределения Пуассона с ненулевым фоном. Метод максимального правдоподобия на примере распределения Пуассона.

Тема 4. Проверка гипотез

Учет систематических ошибок. Проверка гипотез. Статистическое программное обеспечение в задачах физики высоких энергий.

Раздел 3. Нейронные сети

Тема 5. Нейронные сети

Математическая модель нейрона. Функции активации нейронных элементов.

Обучение с учителем. Дельта-правило корректировки весов. Однослойные и многослойные НС. Распространение сигнала в многослойных сетях. Алгоритмы обратного распространения ошибок для обучения многослойных НС.

Раздел 4. Прикладное программное обеспечение в ФВЭ

Тема 6. Среда программирования ROOT

Задание и построение графиков и функций, работа с графическим редактором, введение в генераторы случайных чисел. Виды гистограмм: 1D, 2D и профильные.

Тема 7. Моделирование в среде ROOT

Метод моделирования Монте-Карло. Классы для работы с 4-векторами. Основные методы подгонки данных. Моделирование распада пиона на 2 гамма кванта. Основные методы работы с массивами данных. Извлечение информации из объектов типа TTree и их анализ. Моделирование работы электромагнитного калориметра. Генераторы событий на примере генератора PYTHIA. Моделирование процесса образования лептонной пары в pp соударениях

Тема 8. Применение баз данных и интернет технологий в ФВЭ

Базы данных на примере MySQL. Основные команды MySQL. Формирование очередей запросов в базу данных. Знакомство с интернет технологиями – HTML, PHP

Раздел 5. Основные методы реконструкции и анализа в ФВЭ

Тема 9. Основные методы реконструкции и анализа физических процессов в ФВЭ

Основные компоненты моделирования взаимодействия. Основные типы генераторов.

Знакомство с программой моделирования детекторов и процессов в них GEANT. Методы определения параметров заряженных частиц. Основные алгоритмы определения параметров струй. Проблема двойного счёта для струй и методы её решения.

Основные идеи b-tagging.

Литература:

1. Б. Эккель. Философия C++. Практическое программирование. СПб. Питер, 2004
2. С. Прата. Язык программирования C++. Москва, DiaSoft, 2005
3. Д. Худсон. Статистика для физиков. Москва, Мир, 1970
4. Е. Бюклинг, К. Каянти. Кинематика элементарных частиц. Москва, Мир, 1973

5. <http://root.cern.ch>
6. С. Осовский; Нейронные сети для обработки информации, М: Финансы и статистика, 2002.
7. В.В. Круглов, "Искусственные нейронные сети", Телеком, 2001.
8. G. Cowan, Statistical Data Analysis, Oxford Univ. Press, 1998.
9. R. J. Barlow, Statistics, J. Wiley, 1989.
10. С. Битюков, Н. Красников, Применение статистических методов для поиска новой физики на Большом адронном коллайдере, e-Print -- arXiv:1107.3974 [physics.data-an], 2011
11. Jacob, Bart; et.al.Introduction to Grid Computing. IBM. <http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg246778.html?Open>
12. GEANT - Detector Description and Simulation Tool <http://wwwasd.web.cern.ch/wwwasd/geant/>
13. Pythia event generator <http://root.cern.ch/root/html/tutorials/pythia/index.html>

3. Основы физики ускорителей

Раздел 1 Принципы работы ускорителей

Тема 1. Значение ускорителей в физической науке и технологии

Классификация ускорителей. Применение ускорителей. Встречные пучки, светимость, современные коллайдеры. Электронные и ионные источники заряженных частиц. Линейные ускорители: высоко-вольтные ускорители прямого действия, ускоритель Вин де Граафа, тандемные ускорители, каскадные ускорители, линейные индукционные ускорители. Циклические ускорители с постоянной орбитой: бетатрон, синхротрон. Циклические ускорители с пере-менной орбитой: циклотрон, микротрон.

Тема 2. Резонансное ускорение

Резонансный принцип ускорения. Линейные ускорители электронов, ионов (ускоритель Альвареца), RFQ ускоритель, мезонные фабрики. Синхротроны с совмещенными и разделенными функциями магнитной структуры. Примеры синхротронов на высокие энергии: Дубна, Бустер ИФВЭ, У-70, ЛНС, УНК, проект Омега в ИФВЭ.

Тема 3. Синхротрон: устройство и принцип действия

Понятие о фокусировке. Проектная орбита (reference orbit). Изменение магнитного поля, коэффициент расширения орбиты. Ускорение в синхротроне: принцип автофазировки, синхронная энергия и синхронная фаза, критическая энергия, уравнения синхротронного движения, синхротронные колебания.

Литература:

1. А.А. Коломенский, А.Н. Лебедев. Теория циклических ускорителей. М., Физматгиз, 1962.
2. А.А. Коломенский. Физические основы методов ускорения заряженных частиц. Издательство Московского университета, 1980.
3. А.Н. Лебедев, А.В. Шальнов. Основы физики и техники ускорителей. М., Энергоатомиздат, 1991.

4. Теория фундаментальных взаимодействий

Раздел 1. Квантовая электродинамика

Тема 1. Функция распространения

Тема 2. Электромагнитное поле

Тема 3. Свободные релятивистские частицы с массой

Тема 4. Свободные частицы со спином $\frac{1}{2}$

Тема 5. Функция Грина электрона

Тема 6. Матричные элементы амплитуд рассеяния

Тема 7. Взаимодействие с фотоном электрона и скалярной частицы

Тема 8. Рассеяние фотона электроном и скалярной частицей (Комптон-эффект)

Тема 9. Аннигиляция электрон-позитронной пары

Тема 10. Аннигиляция скалярных частиц

Тема 11. Формула Вайцекера-Вильямса

Раздел 2. Слабые взаимодействия

Тема 1. Структура слабых токов

Тема 2. Распад мюона

Тема 3. Лептонные распады адронов

Тема 4. Нейтральные К-мезоны, распады и смешивание

Тема 5. Нарушение СР-инвариантности

Тема 6. Распады τ -лептона

Тема 7. Распады очарованных частиц

Тема 8. Матрица смешивания кварков

Тема 9. Калибровочная инвариантность

Тема 10. Стандартная модель электрослабого взаимодействия

Тема 11. Спонтанное нарушение симметрии

Тема 12. Свойства промежуточных бозонов

Тема 13. Свойства Хиггсовских бозонов

Основная литература

1. М. Пескин, Д. Шредер, «Введение в квантовую теорию поля», Addison-Wesley Publishing Company (русский перевод: Научно-издательский центр «R&C Dynamics», Москва-Ижевск, 2001 г.)
2. В.Н. Грибов, «Квантовая электродинамика», Научно-издательский центр «R&C Dynamics», Москва-Ижевск, 2001г.
3. Р. Фейнман, «Квантовая электродинамика», издательство «Мир», Москва, 1964 г.
4. Л.Б. Окунь, «Лептоны и кварки», Москва, «Наука», 1981 г.

Дополнительная литература

1. Дж.Д. Бьёркен, С.Д. Дрелл, «Релятивистская квантовая теория (В 2х томах)», И: Наука, 1978 г.

5. Введение в физику высоких энергий

Тема 1. Что и как изучает физика высоких энергий.

Массы частиц. Размеры частиц. Естественные единицы. Виды фундаментальных взаимодействий. Сечение. Светимость. Типичные эксперименты.

Кинематика реакций.

Пороги реакций. Бинарные реакции. Преобразования распределений. Двухчастичные распады. Трехчастичные распады. Инклюзивные и эксклюзивные реакции.

Тема 2. Теория рассеяния

Выражение амплитуды рассеяния через фазы. Оптическая теорема. Формула Брейта-Вигнера. Дифракционное рассеяние. Барионные и мезонные резонансы.

Тема 3. Изотопическая симметрия

Адроны. SU(2)-симметрия. Коэффициенты Клебша. SU(2)-симметрия в сильных и слабых взаимодействиях. Нарушение SU(2)-симметрии.

Тема 4. Рассеяние электронов на нуклонах и ядрах

Вывод формулы Резерфорда. Формфактор. Формулы Мёллера и Розенблата. Формфакторы нуклонов.

Тема 5. Жесткие процессы (1)

$e+e- \rightarrow$ адроны. Полное сечение. Струи. Цвет.

Тема 6. Систематика адронов

Кварковая модель, $SU(3)_f$ -симметрия, цвет.

Мезоны, барионы, тяжелый кварконий.

Тема 7. Жесткие процессы(2)

Глубоко-неупругое взаимодействие. Кинематика. Скейлинг. Партонная модель.

Тема 8. Дискретные симметрии

P, C, T –симметрии. Тождественность частиц. Связь спина и статистики.

Тема 9. Уравнение Дирака

Волновая функция частиц со спином $\frac{1}{2}$. Частицы и античастицы.

Тема 10. Слабые взаимодействия

Распады лептонов. Нарушение P-четности. Взаимодействие ток*ток. Фермиевская константа. Распады адронов. Универсальность слабого взаимодействия.

Тема 11. Смешивание кварков

Матрица смешивания кварков. Нарушение CP-четности. Эксперименты по исследованию распадов тяжелых кварков.

Тема 12. Нейтрино

Массы нейтрино. Дираковские и майорановские нейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Осцилляции.

Тема 13. Промежуточные бозоны

Рождение промежуточных бозонов в адронных взаимодействиях. Рождение Z-бозонов в $e+e-$ взаимодействиях. Массы, ширины, вероятности распадов.

Тема 14. Сведения о стандартной модели

Проблемы модели Ферми. Калибровочные теории. Хиггсовская модель. Свойства хиггсовского бозона.

Литература:

1. Д. Перкинс. Введение в физику высоких энергий. Энергоатомиздат, 1991
2. Ф.Клоуз. Кварки и партоны. М.: Мир, 1988
3. Ф.Хелзен, А.Мартин. Кварки и лептоны. Москва, Мир, 1987.
4. Л.Б.Окунь, Лептоны и кварки, Наука,М., 1981
5. Л.Б.Окунь. Физика элементарных частиц. М.: Наука, 1988

6. Феноменология в ФВЭ

Раздел 1. Электромагнитные взаимодействия

Тема 1. Высшие порядки в КЭД

Лэмбовский сдвиг. Эволюция α_e с q^2 . Вклад адронов в α_e . Аномальный магнитный момент мюона. Измерение аномального магнитного момента мюона.

Тема 2. Электромагнитные свойства адронов

Относительные ширины распадов $V \rightarrow l+l-$ в кварковой модели. Относительные ширины распадов $V \rightarrow P\gamma$ в кварковой модели. Модель доминантности векторных мезонов. Реакции Примакова. Приближение эквивалентных фотонов.

Тема 3. Эксперименты по измерению квантовых чисел адронов

Пространственная четность пиона. Спин пиона. С-четность пиона. Примеры разрешенных и запрещенных (подавленных) реакций.

Тема 4. Эксперименты по проверке С, Р, Т инвариантности

Как преобразуются различные величины при Р и Т инверсиях. Сравнение сечений прямых и обратных реакций. Наблюдение несохранения Р-четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. Измерение электрического дипольного момента нейтрона.

Раздел 2. Сильные взаимодействия

Тема 5. Лагранжиан КХД

Локальное преобразование $SU(3)_c$. Восемь безмассовых глюонов.

Самодействие глюонов. Неабелевость. Лагранжиан КХД.

Тема 6. Асимптотическая свобода, конфайнмент

Эволюция α_s с q^2 . Асимптотическая свобода. Конфайнмент.

Тема 7. Модели адронов

Потенциальная модель. Модель мешков. Трубки. Тяжелый кварконий.

Тема 8. Экзотические адроны

Какие $q\bar{q}$ состояния могут реализовываться в нерелятивистской модели. Глюболы. Гибридные мезоны и барионы. Многокварковые состояния. Пентакварковые барионы. Состояния X, Y, Z.

Тема 9. Киральная симметрия, массы кварков

Киральная симметрия $SU(2)_L \times SU(2)_R$. Псион как псевдоголдстоуновский бозон. Киральная симметрия $SU(3)_L \times SU(3)_R$. Массы u и d – кварков.

Тема 10. Струи

Факторизация жестких и мягких процессов. Обнаружение струй в экспериментах на e^+e^- коллайдерах. Алгоритмы выделения струй (конус, $kt\dots$). Характеристики струй. Методы калибровки энергии струй.

Тема 11. Множественные процессы

Быстрота и псевдобыстрота. Лестничная модель. Фрагментация и рекомбинация. Правила счета для процессов с малыми p_t .

Тема 12. Реджистика

Дисперсионные соотношения. Унитарность. Перекрестная симметрия. Диаграмма Чу-Фраучи. Померон. Феноменология бинарных реакций.

Тема 13. Кварк-глюонная плазма

Фазовая диаграмма. Критическая температура. Коллективные свойства.

Раздел 3. Стандартная модель

Тема 14. Структура слабых взаимодействий при низких энергиях, несохранение четности. Взаимодействие ток \times ток. Универсальность заряженного тока. Фермиевская константа. Левые заряженные токи. Нейтральный ток. Распад мюона. Эксперименты по исследованию распада мюона.

Тема 15. Распад пиона

Угол Кабиббо. Сохранение векторного тока. Распад $\pi \rightarrow l\nu$. Распад $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$. Эксперименты по исследованию распада пиона.

Тема 16. β -распад нейтрона

Общий вид векторного и аксиального токов. Векторные формфакторы. Аксиальные формфакторы. Частичное сохранение аксиального тока. Эксперименты по исследованию распада нейтрона.

Тема 17. Распады каонов

Правило $\Delta Q = \Delta S$. Правило $|\Delta S| = 1$. Распады K_{l2} , K_{l3} , K_{l4} . Нелептонные распады. $\Delta T = 1/2$, распады гиперонов. Редкие распады каонов.

Тема 18. Нейтральные каоны

Переходы $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$. Разность масс K_1 и K_2 . Осцилляции странности. Механизм ГИМ. Регенерация

Тема 19. Несохранение CP

Распады $K_l \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Феноменология нарушения CP. CP – неинвариантные эффекты. Эксперименты по исследованию нарушения CP-инвариантности в распадах каонов.

Тема 20. τ -лептон

Лептонные распады. Полуадронные распады.. Эксперименты по исследованию распадов τ -лептона.

Тема 21. Распады тяжелых кварков

Мезоны с d и b - кварками. Лептонные распады. Нелептонные распады. t - кварк.

Тема 22. Несохранение СР-четности в распадах тяжелых кварков

Матрица ККМ. Измерение констант V_{ij} . Треугольник ККМ. Измерение угла в распаде $B \rightarrow J/\psi K^0$.

Тема 23. Нейтринные взаимодействия

Взаимодействие нейтрино с электроном. Взаимодействие нейтрино с нуклонами.

Эксперименты по прямому измерению массы нейтрино.

Тема 24. Осцилляции нейтрино

Осцилляции для системы из двух нейтрино. Эксперименты по наблюдению осцилляций.

Взаимодействие с веществом. Общий вид матрицы смешивания для трех нейтрино.

Тема 25. Лагранжиан стандартной модели

Свойства Z , W . Массы W и Z – бозонов. Слабые заряды нейтральных токов. Массы лептонов и кварков. Эксперименты по измерению параметров W и Z -бозонов

Тема 26. Свойства H бозонов

Ограничения на массу хиггсовского бозона. Роль хиггсовского бозона при высоких энергиях. Взаимодействие H -бозона с кварками. Взаимодействие H -бозона с глюонами и фотонами. Открытие хиггсовского бозона.

Литература:

1. Д. Перкинс. Введение в физику высоких энергий. Энергоатомиздат, 1991
2. Ф.Клоуз. Кварки и партонны. М.: Мир, 1988
3. Ф.Хелзен, А.Мартин. Кварки и лептоны. Москва, Мир, 1987.
4. P.D.B. Collins & A.D. Martin. Hadroninteractions, 1984, ISBN 0-85274-768-3
5. Фейнман Р., Взаимодействие фотонов с адронами, Наука, М., 1975
6. Л.Б.Окунь, Лептоны и кварки, Наука, М., 1981
7. Т.-П.Ченг, Л.-Ф.Ли. Калибровочные теории в физике элементарных частиц, Мир, 1987
8. Боум Ф., Фогель П. Физика массивных нейтрино. М. Мир 1990.

Раздел «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника»

1. Электромагнитные поля

Лагранжиан. Гамильтониан. Вывод уравнений движения из принципа наименьшего действия.

Движение во внешнем поле. Формула Резерфорда. Малые колебания, резонансы. Адиабатические инварианты. Магнитные ловушки. Релятивистская кинематика. Преобразования Лоренца. Четырех-векторы. Инварианты преобразований.

Напряженности и индукции полей. Скалярный и векторный потенциалы, их связь с полями. Уравнения Пуассона и Лапласа. Система уравнений Максвелла. Граничные условия. Тензор электромагнитного поля. Инварианты поля. Уравнения Максвелла в ковариантной форме.

2. Физика пучков заряженных частиц

Общее определение пучка частиц. Основные свойства пучков, характеристики орбит в ускорителях.

Собственные поля пучков.

Источники пучков заряженных частиц. Электронная эмиссия: термоэмиссия, автоэмиссия, плазменная эмиссия, фотэмиссия.

Электронные пушки. Ионные источники. Механизмы генерации положительных, отрицательных, поляризованных ионов. Формирование пучков.

3. Транспортировка пучков заряженных частиц

Магнитные и электростатические линзы. Фокусное расстояние линзы. Поворотные магниты, их фокусирующие и диспергирующие свойства. Электростатические отклоняющие устройства.

Анализаторы заряженных частиц. Разрешение по импульсу-энергии. Транспортировка пучков в продольном магнитном поле. Оптические системы из квадрупольных линз и отклоняющих магнитов.

4. Ускорение заряженных частиц

Ускорители заряженных частиц. Линейные ускорители. Циклические ускорители. Принцип автофазировки. Жесткая фокусировка. Накопительные кольца и ускорители на встречных пучках.

5. Методы экспериментальных исследований

Методы фокусировки пучков и сепарация частиц.

Ядерные реакторы и их типы. Получение тепловых и ультрахолодных нейтронов.

Детекторы элементарных частиц. Магнитные анализаторы. Пластические сцинтилляционные детекторы. Газовые детекторы. Полупроводниковые детекторы. Черенковские спектрометры. Электромагнитные калориметры. Пропорциональные и дрейфовые камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д. Ландау и Е.М. Лившиц; Механика, т.1, Теория поля, т.II
2. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. В 3 т. М. : Энергоиздат, 1981—1983; 2-е изд. М. : Энергоатомиздат, 1991.
3. Лоусон Дж. Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980.
4. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки. М.: Сов. радио, 1966

Требования к реферату по избранной научной специальности

Реферат – это краткое письменное изложение литературного источника, научной работы либо результатов научных исследований. Доклад на конкретную тему, который включает обзор использованных источников. Назначение работы научно-информационное. Требованиями, которых необходимо придерживаться при написании, являются полнота изложения, информативность, объективность и достоверность зафиксированных положений из первоисточника, корректная оценка материала.

Выполняется в случае отсутствия у поступающего научных работ, изобретений и отчетов по научно-исследовательской работе.

Тема реферата согласовывается с предполагаемым научным руководителем.

Реферат содержит три главные части: введение, основную часть и заключение. Его структура также обязательно содержит список использованных для подготовки литературных и прочих источников. Такой элемент как приложение использовать необязательно. Текст должен быть лаконичным, четким, отличаться убедительными формулировками и отсутствием второстепенных сведений.

Объем реферата – от 15 до 20 страниц напечатанного текста. Шрифт Times New Roman, 14 кегль, полуторный межстрочный интервал. Поля: 3 см с левого края, 1,5 см - с правого края, по 2 см сверху и снизу листа.

Образец оформления титульного листа реферата

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт физики высоких энергий
имени А.А. Логунова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ)

Вступительный реферат для приема
на обучение по программе подготовки научных и
научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальной дисциплине

Тема реферата

Выполнил:
И.И. Петров

Протвино, год