

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
РАСШИРЕНИЯ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

2 Семестр

Раздел 1 Первый раздел

1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики элементарных частиц

ABSTRACT

Examines the basic concepts of particle physics

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение основными понятиями физики элементарных частиц

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The development of the discipline are mastering the basic concepts of particle physics

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс является введением в цикл курсов по экспериментальной физике элементарных частиц.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими знаниями:

- Знаниями общей физики в объеме программы МИФИ.
- Начальными понятиями Квантовой Механики
- Знаниями математики в объеме 2-х лет МИФИ
- Знаниями теории групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» базируется на дисциплинах:

- Общая Физика
- Введение в физику элементарных частиц
- Теория групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» является промежуточной дисциплиной в цикле курсов по экспериментальной физике.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course is an introduction to the cycle of courses on experimental particle physics. For the development of this discipline student should have the following knowledge:

- Knowledge of General physics in MEPHI size of the program.
- Elementary concepts of Quantum Mechanics
- Knowledge of mathematics in the amount of 2 years MEPHI
- Knowledge of group theory

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is based on the disciplines:

- General Physics
- Introduction to physics of elementary particles
- The theory of groups

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is an intermediate discipline in the cycle of courses on experimental physics.

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 и исторический обзор	2				
2	Заряженные лептоны	4				
3	Дискретные симметрии	2				
4	Спектроскопия чармония	4				
5	Обнаружение U-мезонов и их спектроскопия. Экзотические адроны	4				
6	Свойства очарованных частиц	4				
7	Свойства прелестных частиц	4				
8	Обнаружение t-кварков, W- и Z-бозонов	2				
9	Обнаружение и свойства нейтрино	4				
10	Обнаружение Бозона Хиггса и его свойства	2				
Итого часов		32				
Общая трудоемкость						

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

Тема 1. Введение и исторический обзор

1. Стандартная модель элементарных частиц и ее проблемы.
2. Ускорительные и неускорительные методы исследований в физике элементарных частиц.
3. Основные экспериментальные центры.
4. Ознакомление с кварковым составом различных адронов, решение задач на сохранение ароматов кварков в сильных взаимодействиях и на сохранение лептонного заряда в слабых взаимодействиях.

Тема 2. Заряженные лептоны.

1. Открытие и основные свойства.
2. Масса, время жизни и относительные вероятности распада тау-лептона.
3. Проверка гипотезы лептонной универсальности.
4. Практическая работа с использованием персональных компьютеров (ноутбуков).
5. Анализ небольшого образца данных эксперимента Бель
6. Ознакомление с методом восстановления частиц на примере распада D-мезона на заряженные каон и пион.
7. Определение параметров сигнала при помощи фитирования.

Тема 3. Дискретные симметрии – C, P, T, CP, и CPT

1. Нарушение С и Р инвариантности.
2. Пример восстановления каскадных распадов.
3. Методы улучшения разрешения инвариантной массы.
4. Пример восстановления распадов с нейтральными частицами в конечном состоянии.
5. Пример полного восстановления события.

Тема 4. Спектроскопия чармония.

Обнаружение J/ψ -частицы.

Основные состояния и их квантовые числа.

Основные моды распада.

Восстановление трехчастичного распада, знакомство с диаграммой Далица, ее свойствами.

Амплитуда резонанса.

Вывод формулы связи между временем жизни и шириной резонанса.

Обнаружение $X(3872)$ и других тяжелых состояний чармония, поиск экзотических состояний. Поиски пентакварка.

Вывод формулы для Р-четности системы фермион-антифермион.

Решение задач на сохранение Р-четности.

Тема 5. Обнаружение Y -мезонов и их спектроскопия.

- Основные состояния и их квантовые числа.
- Основные моды распада.
- Обнаружение экзотических Z_b -частиц и их свойства.
- Вывод формулы для С-четности системы фермион-антифермион.
- Решение задач на сохранение С-четности.

Тема 6. Обнаружение очарованных частиц.

- Свойства D-мезонов
- Времена жизни и относительные вероятности распада.
- Отклонения от спектаторной модели.
- ГИМ-механизм.
- Решение задач на сохранение изотопического спина в сильном взаимодействии.
- Знакомство с таблицами Клебша-Гордана.
- Изотопические соотношения для ширин распадов.
- Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства.
- Обнаружение первых возбужденных состояний очарованных барионов.
- Решение задач на изотопические соотношения между сечениями реакций.
- Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов.

Тема 7. Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада.

- Осцилляции В-мезонов.
- СКМ-матрица.
- Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов.
- Связь между изоспином и спином для очарованных барионов.

Тема 8. Обнаружение t-кварка, W- и Z-бозонов.

- Свойства t-кварка, W- и Z-бозонов.
- Изотопическая инвариантность.
- Систематика легких адронов
- CP-инвариантность и ее нарушение.

Тема 9. Нейтрино.

- Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино.
- Бета-распад.
- Измерение массы нейтрино.
- Измерение массы мюонного и тау-нейтрино
- Измерение поляризации заряженных лептонов в бета-распаде и определение спиральности нейтрино.
- Определение спиральности тау-нейтрино.
- Двойной бета распад.
- Определение природы нейтрино
- Вычисление величины выделяемой энергии в различных типах двойного бета-распада.

Тема 10 Осцилляции нейтрино

- Вывод формулы для случая двух сортов нейтрино.
- Экспериментальное обнаружение осцилляций нейтрино от различных источников: солнечные, реакторные, атмосферные и ускорительные нейтрино.
- оценки разницы масс нейтрино в различных экспериментах.

Тема 11 Свойства Бозона Хиггса.

- Механизмы рождения и распадов бозона Хиггса.
- Экспериментальное обнаружение бозона Хиггса.
- Роль бозона Хиггса в Стандартной Модели.

Chapter 1. Introduction and historical overview

1. The standard model of elementary particles and its problems.
2. Accelerator and non-accelerator research methods in elementary particle physics.
3. The basic experimental centers.
4. Familiarization with various quark compositions of hadrons, the solution of tasks on preservation of the flavors of quarks in strong interactions and conservation of the lepton charge in weak interactions.

Chapter 2. Charged leptons.

1. Discovery and basic properties.
2. Mass, lifetime and branching ratio for the decay Tau-lepton.
3. Verification of the hypothesis of lepton universality.
4. Practical work using personal computers (laptops).
5. Analysis of a small sample of experimental data Belle
6. Familiarization with the method of recovery of the particles on the example of the decay of D mesons into charged kaon and pion.
7. The definition of signal parameters with the help of fitting.

Chapter 3. Discrete symmetries – C, P, T, CP, and CPT

1. Violation of C and P invariance.
2. An example of the recovery cascade decays.
3. Methods of improving the resolution of the invariant mass.
4. Example of recovery decays with neutral particles in the final state.
5. An example of a full restoration events.

Chapter 4. Spectroscopy of charmonium.

The discovery of the J/ψ -particle.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The restoration of the three-particle decay, familiarity with the figure Delica, its properties. The amplitude of the resonance.

The derivation of the relationship between the lifetime and width of the resonance.

The discovery of X(3872) and other heavy States of charmonium, the search for exotic States. Search pentaquark.

The derivation of the formula for the P-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of P-parity.

Chapter 5. The detection of Υ -mesons and spectroscopy.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The discovery of exotic Zb-particles and their properties.

The derivation of the formula for the C-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of C-parity.

Chapter 6. The discovery of charmed particles.

Properties of D-mesons

Times of life and relative decay probability.

Deviations from spectatorial model.

GIM-mechanism.

The solution of problems on the conservation of isoChapter spin in strong interactions.

Familiarity with tables of the Clebsch-Gordan.

IsoChapter ratios for decay widths.

Spectroscopy of charmed mesons and their basic properties.

Detection of the first excited States of charmed baryons.

The solution of tasks on isoChapter relations between the cross sections of the reactions.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

Chapter 7. The detection of pretty particles and their main decay mode.

Oscillations of b-mesons.

SCM-matrix.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

The relationship between the isospin and spin for charmed baryons.

Chapter 8. The discovery of t-quark, W - and Z bosons.

Properties of the t-quark, W - and Z bosons.

IsoChapter invariance.

Systematics of light hadrons

CP-invariance and its violation.

Chapter 9. Neutrino.

The detection of electron neutrinos, the detection of muon and Tau neutrinos.

Beta-decay.

Measurement of neutrino mass.

Measurement of the mass of the muon and Tau neutrinos

Measurement of the polarization of charged leptons in beta decay and determination of the neutrino helicity.

Determination of the helicity of the Tau neutrino.

Double beta decay.

Determining the nature of neutrinos

Calculate the rate of emitted energy in different types of double beta decay.

Chapter 10. Neutrino Oscillations

The derivation of the formula for the case of two neutrino types.

Experimental observation of neutrino oscillations from a variety of sources: solar, reactor, atmospheric and accelerator neutrinos.

evaluation of the difference of the neutrino masses in various experiments.

Chapter 11 Properties Of The Higgs Boson.

The mechanisms of the birth and decay of the Higgs boson.

Experimental detection of the Higgs boson.

The role of the Higgs boson in the Standard Model.

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. Particle Data Group, Chin.Phys. C38 (2014) 090001, <http://pdg.lbl.gov/>
2. Л.Б.Окунь « α β γ ...Z» Элементарное введение в физику элементарных частиц, Москва «Наука» 1985.
3. Л. Б. Окунь, Лептоны и кварки, Москва, Наука (1990).
4. Particle Data Group 2012, reviews, mathematical tools, chapters: "Mesons", "Quarks", "Leptons", "Gauge and Higgs bosons".

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. С. В. Семенов, Физика очарованных адронов, УФН т.169, №.9 937 (1999).
2. Г.В. Пахлова, П.Н. Пахлов, С.И. Эйдельман, Экзотический чармоний, УФН т. 180 225 (2010).
3. А.Е. Бондарь, П.Н. Пахлов, А.О. Полуэктов, Наблюдение CP-нарушение в распадах B-мезонов, УФН т. 177 697 (2007).
4. М.В.Данилов УФН, т.168, №6, с.631, (1988) « Поиск нарушения CP-инвариантности в распадах B-мезонов»

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:

14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок»

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы:

Профессор, д.ф.-м.н.

Данилов М.В.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В)

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении контроля успеваемости студентов.

Теоретические вопросы:

1. Р-четность частиц и систем частиц.
2. Открытие χ -мезонов и странных частиц. Изотопическая инвариантность и изомультиплеты
3. Показать, почему удобнее искать $\chi\chi^0$ -распад по сравнению с $\chi\chi^{\pm}$ -распадом для одного и того же изотопа.
4. С-четность частиц. С-четность позитрония.
5. Открытие J/ψ -мезона. Спектроскопия $c\bar{c}$ -состояний
6. Теоретическое открытие нейтрино
7. Открытие Υ -мезона. Спектроскопия $b\bar{b}$ -состояний
8. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
9. Частицы с открытым чармом и спектроскопия $c - \bar{u}$ системы (S- и P- уровни)
10. Доказательство несохранения четности в слабых взаимодействиях
11. Распады очарованных частиц. Угол Кабибо. Различие во временах жизни очарованных частиц
12. Экспериментальное определение спиральности нейтрино
13. Открытие В-мезона. Измерение времени жизни и массы.
14. Кинематический метод определения массы электронного нейтрино
15. Матрица СКМ. Определение элементов V_{cb} из распадов В-мезона
16. $\chi\chi^0$ -распад. Методы детектирования.
17. Матрица СКМ. Определение элементов V_{ub} из распадов В-мезона.
18. $\chi\chi^0$ -распад и масса нейтрино. Методы детектирования
19. Осцилляции нейтральных В-мезонов. Определение элемента V_{td}
20. Осцилляции нейтринных состояний. Связь явления с массой нейтрино
21. Открытие t-кварка. Основные его распады смешивания 2-х состояний.
22. Открытие e и μ -лептонов. Измерение массы e . Проверка $e - \mu - \tau$ универсальности в лептонных распадах.
23. Наблюдение осцилляций солнечных нейтрино.
24. Основные моды распадов τ -лептона. Относительная вероятность лептонных распадов
25. Наблюдение осцилляций атмосферных нейтрино
26. Поиски экзотических адронов. Свойства $X(3872)$ – кандидата в молекулярное состояние
27. Наблюдение осцилляций нейтрино от реакторов
28. Поиски экзотических адронов. Свойства Z_b -частиц.
34. Процессы рождения очарованных частиц
29. Обнаружение CP-нарушения в распадах В- мезонов
30. Т-четность, CPT-четность
31. Наблюдение осцилляций нейтрино от ускорителей
32. Спектроскопия $c - \bar{d}$ системы (S- и P- уровни)
33. Изотопическая инвариантность и систематика легких адронов.

35. Обнаружение W- и Z-бозонов.
36. ГИМ- механизм
37. Спектроскопия с – анти-s системы (S- и P- уровни)
38. Свойства бозона Хиггса

QUESTIONS

1. R-parity of particles and systems of particles.
2. Opening η -mesons and strange particles. Isotopically invariance and ismultiple
3. To show why it is more convenient to look for $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0$ -decay compared with $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$ - decay for the same isotope.
4. The C-parity of the particle. The C-parity of the positronium.
5. The discovery of the J/ψ -meson. Spectroscopy $c\bar{c}$ -States
6. Theoretical discovery of the neutrino
7. The discovery of the Υ -meson. Spectroscopy $b\bar{b}$ -States
8. Experimental proof of the existence of neutrinos.
9. Particles with open charm spectroscopy with anti-u system (S - and P - levels)
10. Proof of non-conservation of parity in weak interactions
11. The decays of charmed particles. Corner Of Kabiba. The difference in lifetimes of the charmed particles
12. Experimental determination of neutrino helicity
13. Opening-meson. Measurement of the lifetime and mass.
14. The kinematic method of determining the mass of the electron neutrino
15. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{cb} from decays of b-meson
16. $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0$ -decay. Detection methods.
17. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{ub} from the decay b-meson.
18. $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0$ -decay and neutrino mass. Detection methods
19. Oscillations of neutral b-mesons. The definition of the element V_{td}
20. Oscillations of neutrino States. The connection of the phenomena with the neutrino mass
21. The opening of the t-quark. The main decays mixing 2 States.
22. Discovery of e and μ -leptons. Mass measurement of e . Check $e \rightarrow \mu \gamma$ universality in lepton decays.
23. The observation of the oscillations of solar neutrinos.
24. Essential fashion decays μ -lepton. The relative probability lepton decays
25. The observation of oscillations of atmospheric neutrinos
26. The search for exotic hadrons. The properties of the X(3872) candidate in the molecular state
27. The observation of neutrino oscillations from reactors
28. The search for exotic hadrons. The properties of Zb-particles.
34. The process of the birth of charmed particles
29. The discovery of CP violation in the decays of b - mesons
30. T-parity, CPT-parity
31. The observation of neutrino oscillations from accelerators
32. Spectroscopy – anti-d system (S - and P - levels)
33. Isotopic invariance and systematics of light hadrons.

35. The discovery of the W and Z bosons.
36. GIM - mechanism
37. Spectroscopy – anti-s systems (S - and P - levels)
38. The properties of the Higgs boson

Составитель

Профессор, д.ф.-м.н.

_____ Данилов М.В.

Зам. заведующего кафедрой

_____ Грачёв В.М.

« ____ » _____ 20 ____ г.

Критерии для аттестации разделов:

Максимальное количество баллов, которое может получить студент по результатам аттестации текущей успеваемости, 100 баллов. Минимальное количество баллов, которое необходимо получить студенту для аттестации и для допуска к сдаче экзамена по курсу, 50 баллов.

Общая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом на экзамене (минимальное количество – 50 баллов, максимальное количество – 100 баллов) и по итогам аттестации текущей успеваемости. Итоговая оценка определяется общим количеством баллов.

Критерии общей оценки:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
70 ÷ 89	4	хорошо
60 ÷ 69	3	удовлетворительно
менее 60	2	не удовлетворительно

Оценка экзамена, зачёта (стандартная)		Оценка экзамена, зачёта (тестовые нормы: % правильных ответов)	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично», <i>A</i>	90 ÷ 100 %	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	
«хорошо», <i>D, C, B</i>	70 ÷ 89%	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
«удовлетворительно» <i>E, D</i>	60 ÷ 69%	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
«неудовлетворительно», <i>F</i>	менее 60%	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

Раздел 2 Второй раздел

2.1 Контроль по итогам (КИ) - 15 Неделя

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики элементарных частиц

ABSTRACT

Examines the basic concepts of particle physics

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение основными понятиями физики элементарных частиц

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The development of the discipline are mastering the basic concepts of particle physics

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс является введением в цикл курсов по экспериментальной физике элементарных частиц.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими знаниями:

- Знаниями общей физики в объеме программы МИФИ.
- Начальными понятиями Квантовой Механики
- Знаниями математики в объеме 2-х лет МИФИ
- Знаниями теории групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» базируется на дисциплинах:

- Общая Физика
- Введение в физику элементарных частиц
- Теория групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» является промежуточной дисциплиной в цикле курсов по экспериментальной физике.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course is an introduction to the cycle of courses on experimental particle physics. For the development of this discipline student should have the following knowledge:

- Knowledge of General physics in MEPHI size of the program.
- Elementary concepts of Quantum Mechanics
- Knowledge of mathematics in the amount of 2 years MEPHI
- Knowledge of group theory

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is based on the disciplines:

- General Physics
- Introduction to physics of elementary particles
- The theory of groups

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is an intermediate discipline in the cycle of courses on experimental physics.

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 и исторический обзор	2				
2	Заряженные лептоны	4				
3	Дискретные симметрии	2				
4	Спектроскопия чармония	4				
5	Обнаружение У-мезонов и их спектроскопия. Экзотические адроны	4				
6	Свойства очарованных частиц	4				
7	Свойства прелестных частиц	4				
8	Обнаружение t-кварков, W- и Z-бозонов	2				
9	Обнаружение и свойства нейтрино	4				
10	Обнаружение Бозона Хиггса и его свойства	2				
Итого часов		32				
Общая трудоемкость						

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

Тема 1. Введение и исторический обзор

1. Стандартная модель элементарных частиц и ее проблемы.
2. Ускорительные и неускорительные методы исследований в физике элементарных частиц.
3. Основные экспериментальные центры.
4. Ознакомление с кварковым составом различных адронов, решение задач на сохранение ароматов кварков в сильных взаимодействиях и на сохранение лептонного заряда в слабых взаимодействиях.

Тема 2. Заряженные лептоны.

1. Открытие и основные свойства.
2. Масса, время жизни и относительные вероятности распада тау-лептона.
3. Проверка гипотезы лептонной универсальности.
4. Практическая работа с использованием персональных компьютеров (ноутбуков).
5. Анализ небольшого образца данных эксперимента Бель
6. Ознакомление с методом восстановления частиц на примере распада D-мезона на заряженные каон и пион.
7. Определение параметров сигнала при помощи фитирования.

Тема 3. Дискретные симметрии – С, Р, Т, СР, и СРТ

1. Нарушение С и Р инвариантности.

2. Пример восстановления каскадных распадов.
3. Методы улучшения разрешения инвариантной массы.
4. Пример восстановления распадов с нейтральными частицами в конечном состоянии.
5. Пример полного восстановления события.

Тема 4. Спектроскопия чармония.

Обнаружение J/ψ -частицы.

Основные состояния и их квантовые числа.

Основные моды распада.

Восстановление трехчастичного распада, знакомство с диаграммой Далица, ее свойствами.

Амплитуда резонанса.

Вывод формулы связи между временем жизни и шириной резонанса.

Обнаружение $X(3872)$ и других тяжелых состояний чармония, поиск экзотических состояний. Поиски пентакварка.

Вывод формулы для P -четности системы фермион-антифермион.

Решение задач на сохранение P -четности.

Тема 5. Обнаружение Y -мезонов и их спектроскопия.

- Основные состояния и их квантовые числа.
- Основные моды распада.
- Обнаружение экзотических Z_b -частиц и их свойства.
- Вывод формулы для C -четности системы фермион-антифермион.
- Решение задач на сохранение C -четности.

Тема 6. Обнаружение очарованных частиц.

- Свойства D -мезонов
- Времена жизни и относительные вероятности распада.
- Отклонения от спектаторной модели.
- ГИМ-механизм.
- Решение задач на сохранение изотопического спина в сильном взаимодействии.
- Знакомство с таблицами Клебша-Гордана.
- Изотопические соотношения для ширин распадов.
- Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства.
- Обнаружение первых возбужденных состояний очарованных барионов.
- Решение задач на изотопические соотношения между сечениями реакций.
- Связь между изоспином и C -четностью системы двух заряженных пионов.

Тема 7. Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада.

- Осцилляции B -мезонов.
- СКМ-матрица.
- Связь между изоспином и C -четностью системы двух заряженных пионов.
- Связь между изоспином и спином для очарованных барионов.

Тема 8. Обнаружение t -кварка, W - и Z -бозонов.

- Свойства t -кварка, W - и Z -бозонов.
- Изотопическая инвариантность.
- Систематика легких адронов
- CP -инвариантность и ее нарушение.

Тема 9. Нейтрино.

- Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино.

- Бета-распад.
- Измерение массы нейтрино.
- Измерение массы мюонного и тау-нейтрино
- Измерение поляризации заряженных лептонов в бета-распаде и определение спиральности нейтрино.
- Определение спиральности тау-нейтрино.
- Двойной бета распад.
- Определение природы нейтрино
- Вычисление величины выделяемой энергии в различных типах двойного бета-распада.

Тема 10 Осцилляции нейтрино

- Вывод формулы для случая двух сортов нейтрино.
- Экспериментальное обнаружение осцилляций нейтрино от различных источников: солнечные, реакторные, атмосферные и ускорительные нейтрино.
- оценки разницы масс нейтрино в различных экспериментах.

Тема 11 Свойства Бозона Хиггса.

- Механизмы рождения и распадов бозона Хиггса.
- Экспериментальное обнаружение бозона Хиггса.
- Роль бозона Хиггса в Стандартной Модели.

Chapter 1. Introduction and historical overview

1. The standard model of elementary particles and its problems.
2. Accelerator and non-accelerator research methods in elementary particle physics.
3. The basic experimental centers.
4. Familiarization with various quark compositions of hadrons, the solution of tasks on preservation of the flavors of quarks in strong interactions and conservation of the lepton charge in weak interactions.

Chapter 2. Charged leptons.

1. Discovery and basic properties.
2. Mass, lifetime and branching ratio for the decay Tau-lepton.
3. Verification of the hypothesis of lepton universality.
4. Practical work using personal computers (laptops).
5. Analysis of a small sample of experimental data Belle
6. Familiarization with the method of recovery of the particles on the example of the decay of D mesons into charged kaon and pion.
7. The definition of signal parameters with the help of fitting.

Chapter 3. Discrete symmetries – C, P, T, CP, and CPT

1. Violation of C and P invariance.
2. An example of the recovery cascade decays.
3. Methods of improving the resolution of the invariant mass.
4. Example of recovery decays with neutral particles in the final state.
5. An example of a full restoration events.

Chapter 4. Spectroscopy of charmonium.

The discovery of the J/ψ -particle.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The restoration of the three-particle decay, familiarity with the figure Delica, its properties. The

amplitude of the resonance.

The derivation of the relationship between the lifetime and width of the resonance.

The discovery of $X(3872)$ and other heavy States of charmonium, the search for exotic States. Search pentaquark.

The derivation of the formula for the P-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of P-parity.

Chapter 5. The detection of Υ -mesons and spectroscopy.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The discovery of exotic Z_b -particles and their properties.

The derivation of the formula for the C-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of C-parity.

Chapter 6. The discovery of charmed particles.

Properties of D-mesons

Times of life and relative decay probability.

Deviations from spectatorial model.

GIM-mechanism.

The solution of problems on the conservation of isoChapter spin in strong interactions.

Familiarity with tables of the Clebsch-Gordan.

IsoChapter ratios for decay widths.

Spectroscopy of charmed mesons and their basic properties.

Detection of the first excited States of charmed baryons.

The solution of tasks on isoChapter relations between the cross sections of the reactions.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

Chapter 7. The detection of pretty particles and their main decay mode.

Oscillations of b-mesons.

SCM-matrix.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

The relationship between the isospin and spin for charmed baryons.

Chapter 8. The discovery of t-quark, W - and Z bosons.

Properties of the t-quark, W - and Z bosons.

IsoChapter invariance.

Systematics of light hadrons

CP-invariance and its violation.

Chapter 9. Neutrino.

The detection of electron neutrinos, the detection of muon and Tau neutrinos.

Beta-decay.

Measurement of neutrino mass.

Measurement of the mass of the muon and Tau neutrinos

Measurement of the polarization of charged leptons in beta decay and determination of the neutrino helicity.

Determination of the helicity of the Tau neutrino.

Double beta decay.

Determining the nature of neutrinos

Calculate the rate of emitted energy in different types of double beta decay.

Chapter 10. Neutrino Oscillations

The derivation of the formula for the case of two neutrino types.
Experimental observation of neutrino oscillations from a variety of sources: solar, reactor, atmospheric and accelerator neutrinos.
evaluation of the difference of the neutrino masses in various experiments.

Chapter 11 Properties Of The Higgs Boson.
The mechanisms of the birth and decay of the Higgs boson.
Experimental detection of the Higgs boson.
The role of the Higgs boson in the Standard Model.

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. Particle Data Group, Chin.Phys. C38 (2014) 090001, <http://pdg.lbl.gov/>
2. Л.Б.Окунь « α β γ ...Z» Элементарное введение в физику элементарных частиц, Москва «Наука» 1985.
3. Л. Б. Окунь, Лептоны и кварки, Москва, Наука (1990).
4. Particle Data Group 2012, reviews, mathematical tools, chapters: "Mesons", "Quarks", "Leptons", "Gauge and Higgs bosons".

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. С. В. Семенов, Физика очарованных адронов, УФН т.169, №.9 937 (1999).
2. Г.В. Пахлова, П.Н. Пахлов, С.И. Эйдельман, Экзотический чармоний, УФН т. 180 225 (2010).
3. А.Е. Бондарь, П.Н. Пахлов, А.О. Полуэктов, Наблюдение CP-нарушение в распадах B-мезонов, УФН т. 177 697 (2007).
4. М.В.Данилов УФН, т.168, №6, с.631, (1988) « Поиск нарушения CP-инвариантности в распадах B-мезонов»

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:

14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок»

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы:

Профессор, д.ф.-м.н.

Данилов М.В.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В)

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении контроля успеваемости студентов.

Теоретические вопросы:

1. Р-четность частиц и систем частиц.
2. Открытие χ -мезонов и странных частиц. Изотопическая инвариантность и изомультиплеты
3. Показать, почему удобнее искать $\chi\chi^0$ -распад по сравнению с $\chi\chi^+\chi^-$ -распадом для одного и того же изотопа.
4. С-четность частиц. С-четность позитрония.
5. Открытие J/ψ -мезона. Спектроскопия $c\bar{c}$ -состояний
6. Теоретическое открытие нейтрино
7. Открытие Y -мезона. Спектроскопия $b\bar{b}$ -состояний
8. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
9. Частицы с открытым чармом и спектроскопия $c - \bar{u}$ системы (S- и P- уровни)
10. Доказательство несохранения четности в слабых взаимодействиях
11. Распады очарованных частиц. Угол Кабибо. Различие во временах жизни очарованных частиц
12. Экспериментальное определение спиральности нейтрино
13. Открытие В-мезона. Измерение времени жизни и массы.
14. Кинематический метод определения массы электронного нейтрино
15. Матрица СКМ. Определение элементов V_{cb} из распадов В-мезона
16. $\chi\chi^0$ -распад. Методы детектирования.
17. Матрица СКМ. Определение элементов V_{ub} из распадов В-мезона.
18. $\chi\chi^+\chi^-$ -распад и масса нейтрино. Методы детектирования
19. Осцилляции нейтральных В-мезонов. Определение элемента V_{td}
20. Осцилляции нейтринных состояний. Связь явления с массой нейтрино
21. Открытие t-кварка. Основные его распады смешивания 2-х состояний.
22. Открытие e и μ -лептонов. Измерение массы e . Проверка $e - \mu - \tau$ универсальности в лептонных распадах.
23. Наблюдение осцилляций солнечных нейтрино.
24. Основные моды распадов τ -лептона. Относительная вероятность лептонных распадов
25. Наблюдение осцилляций атмосферных нейтрино
26. Поиски экзотических адронов. Свойства $X(3872)$ – кандидата в молекулярное состояние
27. Наблюдение осцилляций нейтрино от реакторов
28. Поиски экзотических адронов. Свойства Z_b -частиц.
34. Процессы рождения очарованных частиц
29. Обнаружение CP-нарушения в распадах В- мезонов
30. Т-четность, CPT-четность
31. Наблюдение осцилляций нейтрино от ускорителей
32. Спектроскопия $c - \bar{d}$ системы (S- и P- уровни)
33. Изотопическая инвариантность и систематика легких адронов.

35. Обнаружение W- и Z-бозонов.
36. ГИМ- механизм
37. Спектроскопия с – анти-s системы (S- и P- уровни)
38. Свойства бозона Хиггса

QUESTIONS

1. R-parity of particles and systems of particles.
2. Opening η -mesons and strange particles. Isotopically invariance and ismultiple
3. To show why it is more convenient to look for $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0$ -decay compared with $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$ - decay for the same isotope.
4. The C-parity of the particle. The C-parity of the positronium.
5. The discovery of the J/ψ -meson. Spectroscopy $c\bar{c}$ -States
6. Theoretical discovery of the neutrino
7. The discovery of the Υ -meson. Spectroscopy $b\bar{b}$ -States
8. Experimental proof of the existence of neutrinos.
9. Particles with open charm spectroscopy with anti-u system (S - and P - levels)
10. Proof of non-conservation of parity in weak interactions
11. The decays of charmed particles. Corner Of Kabiba. The difference in lifetimes of the charmed particles
12. Experimental determination of neutrino helicity
13. Opening-meson. Measurement of the lifetime and mass.
14. The kinematic method of determining the mass of the electron neutrino
15. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{cb} from decays of b-meson
16. $\eta \rightarrow 2\pi$ -decay. Detection methods.
17. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{ub} from the decay b-meson.
18. $\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0$ -decay and neutrino mass. Detection methods
19. Oscillations of neutral b-mesons. The definition of the element V_{td}
20. Oscillations of neutrino States. The connection of the phenomena with the neutrino mass
21. The opening of the t-quark. The main decays mixing 2 States.
22. Discovery of e and μ -leptons. Mass measurement of e . Check e - μ - τ universality in lepton decays.
23. The observation of the oscillations of solar neutrinos.
24. Essential fashion decays τ -lepton. The relative probability lepton decays
25. The observation of oscillations of atmospheric neutrinos
26. The search for exotic hadrons. The properties of the X(3872) candidate in the molecular state
27. The observation of neutrino oscillations from reactors
28. The search for exotic hadrons. The properties of Zb-particles.
34. The process of the birth of charmed particles
29. The discovery of CP violation in the decays of b - mesons
30. T-parity, CPT-parity
31. The observation of neutrino oscillations from accelerators
32. Spectroscopy – anti-d system (S - and P - levels)
33. Isotopic invariance and systematics of light hadrons.

35. The discovery of the W and Z bosons.
36. GIM - mechanism
37. Spectroscopy – anti-s systems (S - and P - levels)
38. The properties of the Higgs boson

Составитель

Профессор, д.ф.-м.н.

_____ Данилов М.В.

Зам. заведующего кафедрой

_____ Грачёв В.М.

« ____ » _____ 20 ____ г.

Критерии для аттестации разделов:

Максимальное количество баллов, которое может получить студент по результатам аттестации текущей успеваемости, 100 баллов. Минимальное количество баллов, которое необходимо получить студенту для аттестации и для допуска к сдаче экзамена по курсу, 50 баллов.

Общая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом на экзамене (минимальное количество – 50 баллов, максимальное количество – 100 баллов) и по итогам аттестации текущей успеваемости. Итоговая оценка определяется общим количеством баллов.

Критерии общей оценки:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
70 ÷ 89	4	хорошо
60 ÷ 69	3	удовлетворительно
менее 60	2	не удовлетворительно

Оценка экзамена, зачёта (стандартная)		Оценка экзамена, зачёта (тестовые нормы: % правильных ответов)	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично», <i>A</i>	90 ÷ 100 %	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	
«хорошо», <i>D, C, B</i>	70 ÷ 89%	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
«удовлетворительно» <i>E, D</i>	60 ÷ 69%	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
«неудовлетворительно», <i>F</i>	менее 60%	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

2 Семестр

Экзамен

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики элементарных частиц

ABSTRACT

Examines the basic concepts of particle physics

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение основными понятиями физики элементарных частиц

1. PURPOSES OF THE EDUCATIONAL COURSE

The development of the discipline are mastering the basic concepts of particle physics

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс является введением в цикл курсов по экспериментальной физике элементарных частиц. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими знаниями:

- Знаниями общей физики в объеме программы МИФИ.
- Начальными понятиями Квантовой Механики
- Знаниями математики в объеме 2-х лет МИФИ
- Знаниями теории групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» базируется на дисциплинах:

- Общая Физика
- Введение в физику элементарных частиц
- Теория групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» является промежуточной дисциплиной в цикле курсов по экспериментальной физике.

2. THE COURSE IN THE EDUCATIONAL PROGRAM

The course is an introduction to the cycle of courses on experimental particle physics. For the development of this discipline student should have the following knowledge:

- Knowledge of General physics in MEPHI size of the program.
- Elementary concepts of Quantum Mechanics
- Knowledge of mathematics in the amount of 2 years MEPHI
- Knowledge of group theory

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is based on the disciplines:

- General Physics
- Introduction to physics of elementary particles
- The theory of groups

The course "Introduction to physics of elementary particles 2" is an intermediate discipline in the cycle of courses on experimental physics.

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 и исторический обзор	2				
2	Заряженные лептоны	4				
3	Дискретные симметрии	2				
4	Спектроскопия чармония	4				
5	Обнаружение У-мезонов и их спектроскопия. Экзотические адроны	4				
6	Свойства очарованных частиц	4				
7	Свойства прелестных частиц	4				
8	Обнаружение t-кварков, W- и Z-бозонов	2				
9	Обнаружение и свойства нейтрино	4				
10	Обнаружение Бозона Хиггса и его свойства	2				
Итого часов		32				
Общая трудоемкость						

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

Тема 1. Введение и исторический обзор

1. Стандартная модель элементарных частиц и ее проблемы.
2. Ускорительные и неускорительные методы исследований в физике элементарных частиц.
3. Основные экспериментальные центры.
4. Ознакомление с кварковым составом различных адронов, решение задач на сохранение ароматов кварков в сильных взаимодействиях и на сохранение лептонного заряда в слабых взаимодействиях.

Тема 2. Заряженные лептоны.

1. Открытие и основные свойства.
2. Масса, время жизни и относительные вероятности распада тау-лептона.
3. Проверка гипотезы лептонной универсальности.
4. Практическая работа с использованием персональных компьютеров (ноутбуков).
5. Анализ небольшого образца данных эксперимента Бель
6. Ознакомление с методом восстановления частиц на примере распада D-мезона на заряженные каон и пион.
7. Определение параметров сигнала при помощи фитирования.

Тема 3. Дискретные симметрии – С, Р, Т, СР, и СРТ

1. Нарушение С и Р инвариантности.

2. Пример восстановления каскадных распадов.
3. Методы улучшения разрешения инвариантной массы.
4. Пример восстановления распадов с нейтральными частицами в конечном состоянии.
5. Пример полного восстановления события.

Тема 4. Спектроскопия чармония.

Обнаружение J/ψ -частицы.

Основные состояния и их квантовые числа.

Основные моды распада.

Восстановление трехчастичного распада, знакомство с диаграммой Далица, ее свойствами.

Амплитуда резонанса.

Вывод формулы связи между временем жизни и шириной резонанса.

Обнаружение $X(3872)$ и других тяжелых состояний чармония, поиск экзотических состояний. Поиски пентакварка.

Вывод формулы для P -четности системы фермион-антифермион.

Решение задач на сохранение P -четности.

Тема 5. Обнаружение Y -мезонов и их спектроскопия.

- Основные состояния и их квантовые числа.
- Основные моды распада.
- Обнаружение экзотических Z_b -частиц и их свойства.
- Вывод формулы для C -четности системы фермион-антифермион.
- Решение задач на сохранение C -четности.

Тема 6. Обнаружение очарованных частиц.

- Свойства D -мезонов
- Времена жизни и относительные вероятности распада.
- Отклонения от спектаторной модели.
- ГИМ-механизм.
- Решение задач на сохранение изотопического спина в сильном взаимодействии.
- Знакомство с таблицами Клебша-Гордана.
- Изотопические соотношения для ширин распадов.
- Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства.
- Обнаружение первых возбужденных состояний очарованных барионов.
- Решение задач на изотопические соотношения между сечениями реакций.
- Связь между изоспином и C -четностью системы двух заряженных пионов.

Тема 7. Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада.

- Осцилляции B -мезонов.
- СКМ-матрица.
- Связь между изоспином и C -четностью системы двух заряженных пионов.
- Связь между изоспином и спином для очарованных барионов.

Тема 8. Обнаружение t -кварка, W - и Z -бозонов.

- Свойства t -кварка, W - и Z -бозонов.
- Изотопическая инвариантность.
- Систематика легких адронов
- CP -инвариантность и ее нарушение.

Тема 9. Нейтрино.

- Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино.

- Бета-распад.
- Измерение массы нейтрино.
- Измерение массы мюонного и тау-нейтрино
- Измерение поляризации заряженных лептонов в бета-распаде и определение спиральности нейтрино.
- Определение спиральности тау-нейтрино.
- Двойной бета распад.
- Определение природы нейтрино
- Вычисление величины выделяемой энергии в различных типах двойного бета-распада.

Тема 10 Осцилляции нейтрино

- Вывод формулы для случая двух сортов нейтрино.
- Экспериментальное обнаружение осцилляций нейтрино от различных источников: солнечные, реакторные, атмосферные и ускорительные нейтрино.
- оценки разницы масс нейтрино в различных экспериментах.

Тема 11 Свойства Бозона Хиггса.

- Механизмы рождения и распадов бозона Хиггса.
- Экспериментальное обнаружение бозона Хиггса.
- Роль бозона Хиггса в Стандартной Модели.

Chapter 1. Introduction and historical overview

1. The standard model of elementary particles and its problems.
2. Accelerator and non-accelerator research methods in elementary particle physics.
3. The basic experimental centers.
4. Familiarization with various quark compositions of hadrons, the solution of tasks on preservation of the flavors of quarks in strong interactions and conservation of the lepton charge in weak interactions.

Chapter 2. Charged leptons.

1. Discovery and basic properties.
2. Mass, lifetime and branching ratio for the decay Tau-lepton.
3. Verification of the hypothesis of lepton universality.
4. Practical work using personal computers (laptops).
5. Analysis of a small sample of experimental data Belle
6. Familiarization with the method of recovery of the particles on the example of the decay of D mesons into charged kaon and pion.
7. The definition of signal parameters with the help of fitting.

Chapter 3. Discrete symmetries – C, P, T, CP, and CPT

1. Violation of C and P invariance.
2. An example of the recovery cascade decays.
3. Methods of improving the resolution of the invariant mass.
4. Example of recovery decays with neutral particles in the final state.
5. An example of a full restoration events.

Chapter 4. Spectroscopy of charmonium.

The discovery of the J/ψ -particle.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The restoration of the three-particle decay, familiarity with the figure Delica, its properties. The

amplitude of the resonance.

The derivation of the relationship between the lifetime and width of the resonance.

The discovery of $X(3872)$ and other heavy States of charmonium, the search for exotic States. Search pentaquark.

The derivation of the formula for the P-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of P-parity.

Chapter 5. The detection of Υ -mesons and spectroscopy.

Basic States and their quantum numbers.

The main decay mode.

The discovery of exotic Z_b -particles and their properties.

The derivation of the formula for the C-parity of a system of fermion-antifermion.

The solution of problems on the conservation of C-parity.

Chapter 6. The discovery of charmed particles.

Properties of D-mesons

Times of life and relative decay probability.

Deviations from spectatorial model.

GIM-mechanism.

The solution of problems on the conservation of isoChapter spin in strong interactions.

Familiarity with tables of the Clebsch-Gordan.

IsoChapter ratios for decay widths.

Spectroscopy of charmed mesons and their basic properties.

Detection of the first excited States of charmed baryons.

The solution of tasks on isoChapter relations between the cross sections of the reactions.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

Chapter 7. The detection of pretty particles and their main decay mode.

Oscillations of b-mesons.

SCM-matrix.

The relationship between the isospin and C-parity of a system of two charged pions.

The relationship between the isospin and spin for charmed baryons.

Chapter 8. The discovery of t-quark, W - and Z bosons.

Properties of the t-quark, W - and Z bosons.

IsoChapter invariance.

Systematics of light hadrons

CP-invariance and its violation.

Chapter 9. Neutrino.

The detection of electron neutrinos, the detection of muon and Tau neutrinos.

Beta-decay.

Measurement of neutrino mass.

Measurement of the mass of the muon and Tau neutrinos

Measurement of the polarization of charged leptons in beta decay and determination of the neutrino helicity.

Determination of the helicity of the Tau neutrino.

Double beta decay.

Determining the nature of neutrinos

Calculate the rate of emitted energy in different types of double beta decay.

Chapter 10. Neutrino Oscillations

The derivation of the formula for the case of two neutrino types.
Experimental observation of neutrino oscillations from a variety of sources: solar, reactor, atmospheric and accelerator neutrinos.
evaluation of the difference of the neutrino masses in various experiments.

Chapter 11 Properties Of The Higgs Boson.
The mechanisms of the birth and decay of the Higgs boson.
Experimental detection of the Higgs boson.
The role of the Higgs boson in the Standard Model.

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. Particle Data Group, Chin.Phys. C38 (2014) 090001, <http://pdg.lbl.gov/>
2. Л.Б.Окунь « α β γ ...Z» Элементарное введение в физику элементарных частиц, Москва «Наука» 1985.
3. Л. Б. Окунь, Лептоны и кварки, Москва, Наука (1990).
4. Particle Data Group 2012, reviews, mathematical tools, chapters: "Mesons", "Quarks", "Leptons", "Gauge and Higgs bosons".

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. С. В. Семенов, Физика очарованных адронов, УФН т.169, №.9 937 (1999).
2. Г.В. Пахлова, П.Н. Пахлов, С.И. Эйдельман, Экзотический чармоний, УФН т. 180 225 (2010).
3. А.Е. Бондарь, П.Н. Пахлов, А.О. Полуэктов, Наблюдение CP-нарушение в распадах B-мезонов, УФН т. 177 697 (2007).
4. М.В.Данилов УФН, т.168, №6, с.631, (1988) « Поиск нарушения CP-инвариантности в распадах B-мезонов»

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:

14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок»

14.03.02 Ядерная физика и технологии.

Автор программы:

Профессор, д.ф.-м.н.

Данилов М.В.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В)

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении контроля успеваемости студентов.

Теоретические вопросы:

1. Р-четность частиц и систем частиц.
2. Открытие χ -мезонов и странных частиц. Изотопическая инвариантность и изомультиплеты
3. Показать, почему удобнее искать $\chi\chi^0$ -распад по сравнению с $\chi\chi^{\pm}$ -распадом для одного и того же изотопа.
4. С-четность частиц. С-четность позитрония.
5. Открытие J/ψ -мезона. Спектроскопия $c\bar{c}$ -состояний
6. Теоретическое открытие нейтрино
7. Открытие Y -мезона. Спектроскопия $b\bar{b}$ -состояний
8. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
9. Частицы с открытым чармом и спектроскопия с – анти-и системы (S- и P- уровни)
10. Доказательство несохранения четности в слабых взаимодействиях
11. Распады очарованных частиц. Угол Кабибо. Различие во временах жизни очарованных частиц
12. Экспериментальное определение спиральности нейтрино
13. Открытие В-мезона. Измерение времени жизни и массы.
14. Кинематический метод определения массы электронного нейтрино
15. Матрица СКМ. Определение элементов V_{cb} из распадов В-мезона
16. $\chi\chi^0$ -распад. Методы детектирования.
17. Матрица СКМ. Определение элементов V_{ub} из распадов В-мезона.
18. $\chi\chi^0$ -распад и масса нейтрино. Методы детектирования
19. Осцилляции нейтральных В-мезонов. Определение элемента V_{td}
20. Осцилляции нейтринных состояний. Связь явления с массой нейтрино
21. Открытие t-кварка. Основные его распады смешивания 2-х состояний.
22. Открытие e и μ -лептонов. Измерение массы e . Проверка $e-\mu$ -универсальности в лептонных распадах.
23. Наблюдение осцилляций солнечных нейтрино.
24. Основные моды распадов μ -лептона. Относительная вероятность лептонных распадов
25. Наблюдение осцилляций атмосферных нейтрино
26. Поиски экзотических адронов. Свойства $X(3872)$ – кандидата в молекулярное состояние
27. Наблюдение осцилляций нейтрино от реакторов
28. Поиски экзотических адронов. Свойства Z_b -частиц.
34. Процессы рождения очарованных частиц
29. Обнаружение CP-нарушения в распадах В- мезонов
30. Т-четность, CPT-четность
31. Наблюдение осцилляций нейтрино от ускорителей
32. Спектроскопия с – анти-d системы (S- и P- уровни)

33. Изотопическая инвариантность и систематика легких адронов.
35. Обнаружение W- и Z-бозонов.
36. ГИМ- механизм
37. Спектроскопия с – анти-s системы (S- и P- уровни)
38. Свойства бозона Хиггса

QUESTIONS

1. R-parity of particles and systems of particles.
2. Opening Λ -mesons and strange particles. Isotopically invariance and is multiple
3. To show why it is more convenient to look for $\Lambda\Lambda^0$ -decay compared with $\Lambda\Lambda^0$ -decay for the same isotope.
4. The C-parity of the particle. The C-parity of the positronium.
5. The discovery of the J/ ψ -meson. Spectroscopy $c\bar{c}$ -States
6. Theoretical discovery of the neutrino
7. The discovery of the Υ -meson. Spectroscopy $b\bar{b}$ -States
8. Experimental proof of the existence of neutrinos.
9. Particles with open charm spectroscopy with anti-u system (S - and P - levels)
10. Proof of non-conservation of parity in weak interactions
11. The decays of charmed particles. Corner Of Kabiba. The difference in lifetimes of the charmed particles
12. Experimental determination of neutrino helicity
13. Opening-meson. Measurement of the lifetime and mass.
14. The kinematic method of determining the mass of the electron neutrino
15. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{cb} from decays of b-meson
16. $\Lambda\Lambda^0$ -decay. Detection methods.
17. The CKM matrix. Definition of the elements of V_{ub} from the decay b-meson.
18. $\Lambda\Lambda^0$ -decay and neutrino mass. Detection methods
19. Oscillations of neutral b-mesons. The definition of the element V_{td}
20. Oscillations of neutrino States. The connection of the phenomena with the neutrino mass
21. The opening of the t-quark. The main decays mixing 2 States.
22. Discovery of τ and τ -leptons. Mass measurement of τ . Check $e-\mu-\tau$ universality in lepton decays.
23. The observation of the oscillations of solar neutrinos.
24. Essential fashion decays τ -lepton. The relative probability lepton decays
25. The observation of oscillations of atmospheric neutrinos
26. The search for exotic hadrons. The properties of the X(3872) candidate in the molecular state
27. The observation of neutrino oscillations from reactors
28. The search for exotic hadrons. The properties of Zb-particles.
34. The process of the birth of charmed particles
29. The discovery of CP violation in the decays of b - mesons
30. T-parity, CPT-parity
31. The observation of neutrino oscillations from accelerators
32. Spectroscopy – anti-d system (S - and P - levels)

- 33. Isotopic invariance and systematics of light hadrons.
- 35. The discovery of the W and Z bosons.
- 36. GIM - mechanism
- 37. Spectroscopy – anti-s systems (S - and P - levels)
- 38. The properties of the Higgs boson

Составитель

Профессор, д.ф.-м.н.

_____ Данилов М.В.

Зам. заведующего кафедрой

_____ Грачёв В.М.

«_____» _____ 20 г.

Критерии для аттестации разделов:

Максимальное количество баллов, которое может получить студент по результатам аттестации текущей успеваемости, 100 баллов. Минимальное количество баллов, которое необходимо получить студенту для аттестации и для допуска к сдаче экзамена по курсу, 50 баллов.

Общая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом на экзамене (минимальное количество – 50 баллов, максимальное количество – 100 баллов) и по итогам аттестации текущей успеваемости. Итоговая оценка определяется общим количеством баллов.

Критерии общей оценки:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
70 ÷ 89	4	хорошо
60 ÷ 69	3	удовлетворительно
менее 60	2	не удовлетворительно

Оценка экзамена, зачёта (стандартная)		Оценка экзамена, зачёта (тестовые нормы: % правильных ответов)	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично», <i>A</i>	90 ÷ 100 %	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	
«хорошо», <i>D, C, B</i>	70 ÷ 89%	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
«удовлетворительно» <i>E, D</i>	60 ÷ 69%	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
«неудовлетворительно», <i>F</i>	менее 60%	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	