|  |
| --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»** |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  |  |
|  |  |  |  | **Директор физтех-школы фундаментальной и прикладной физики** |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Киселев** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** |
| **по дисциплине:** | Основы экспериментальной физики элементарных частиц |
| **по направлению:** | Ядерные физика и технологии (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 3 |
| **квалификация:** | бакалавр |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 6(Весенний) - Дифференцированный зачет |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Аудиторных часов: 30 всего, в том числе: |  |  |
|  | лекции: 30 час. |  |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа: 15 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | Ю.Г. Куденко, д-р физ.-мат. наук, профессор |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программа обсуждена на заседании кафедры**  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 марта 2018 г. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| СОГЛАСОВАНО: |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Заведующий кафедрой | В.А. Матвеев |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Начальник учебного управления | И.Р. Гарайшина |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Декан факультета | А.Г. Леонов |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Цели и задачи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цель дисциплины** |  |  |  |  |  |  |
| - изучение основных экспериментальных принципов, методов и детекторов экспериментальной физики элементарных частиц, ознакомление с методикой проведения современных экспериментов и важнейшими открытиями в физике элементарных частиц за последние десятилетия. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
|  освоение студентами базовых знаний в области экспериментальной физики элементарных частиц; |
|  приобретение теоретических и экспериментальных знаний в области физики слабых взаимодействий, физики нейтрино, планирования и разработки современных детекторов и сложных многоцелевых экспериментальных установок; |
|  оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных экспериментальных и методических исследований в физике элементарных частиц, анализа данных. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс «Основы экспериментальной физики элементарных частиц» относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Основы экспериментальной физики элементарных частиц» базируется на дисциплинах: |
| Математика; |
| Физика; |
| Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Основы экспериментальной физики элементарных частиц» предшествует изучению дисциплин: |
| Ядерные реакции; |
| Экспериментальная ядерная физика. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, принципы, методы, детекторы, применяемые в современных экспериментах в физике элементарных частиц физики;
 основные фундаментальные симметрии физики микромира;
 принципы регистрации элементарных частиц современными детекторами;
 основные классические эксперименты, определившие пути развития физики элементарных частиц;
 принципиальные особенности ускорительных, лабораторных, подземных экспериментов и детекторов;
 методы, используемые для исследования нейтринных осцилляций. |
| **уметь:** |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач и постановки экспериментов;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить анализ экспериментальных данных статистическими методами;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
 работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
 эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
 |
| **владеть:** |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации, изучения научных публикаций;
 навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
 методикой работы с основными детекторами частиц;
 навыками анализа экспериментальных и методических данных;
 основными навыками написания научных статей.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу  |
|  |  | Лекции | Практичес- кие и семинарские занятия | Лаборат. работы | Задания, курсовые работы | Самост. работа |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Классификация элементарных частиц. Основные дискретные фундаментальные симметрии. | 2 |  |  |  | 1 |
| 2 | Прохождение заряженных и нейтральных частиц через вещество. Три типа взаимодействий. | 4 |  |  |  | 2 |
| 3 | Базовые детекторы элементарных частиц. | 3 |  |  |  | 1 |
| 4 | Нарушение пространственной симметрии в слабых взаимодействиях. | 3 |  |  |  | 2 |
| 5 | Нарушение комбинированной четности в слабых взаимодействиях. | 3 |  |  |  | 1 |
| 6 | ГИМ механизм. Обнаружение С кварка и тау лептона. | 4 |  |  |  | 2 |
| 7 | Переносчики слабого взаимодействия W и Z бозоны. | 3 |  |  |  | 2 |
| 8 | Нейтринные осцилляции.  | 4 |  |  |  | 2 |
| 9 | Исследование свойств элементарных частиц в экспериментах на адронных и электронных коллайдерах. | 4 |  |  |  | 2 |
| Итого часов | 30 |  |  |  | 15 |
| Подготовка к экзамену | 0 час. |
| Общая трудоёмкость | 45 час., 1 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 6 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Классификация элементарных частиц. Основные дискретные фундаментальные симметрии. |
|  |  |  |
|  | Фермионы и бозоны. Фундаментальные фермионы: три семейства кварков и лептонов. Массы, времена жизни и основные моды распадов лептонов. Дробный заряд кварков и понятие цвета. Адроны и мезоны.  |
|  | Фундаментальные бозоны: фотон, W и Z бозоны, глюоны Хиггс. |
|  | Взаимодействия элементарных частиц: гравитационное, электромагнитное, слабое, сильное. Пространственная и зарядовая четности, инвариантность относительно обращения времени. Комбинированная четность, СРТ теорема. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Прохождение заряженных и нейтральных частиц через вещество. Три типа взаимодействий. |
|  |  |  |
|  | Детектирование заряженных и нейтральных частиц. Взаимодействие фотонов со средой. Фотоэффект, эффект Комптона, рождение пар. Зависимость сечений этих процессов от энергии фотона и заряда вещества. Линейный коэффициент поглощения. |
|  | Взаимодействие нейтронов с веществом, ядерные сечения. Сечения слабого взаимодействия, регистрация нейтрино, зависимость сечений от энергии. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Базовые детекторы элементарных частиц. |
|  |  |  |
|  | Основные типы сцинтилляторов, органические и неорганические сцинтилляторы. Сцинтилляционные свойства. Регистрация сцинтилляционных фотонов, фотоумножители. Основные параметры ФЭУ, классификация, применении в детекторах. |
|  | Физические свойства Черенковского излучения, интенсивность, спектр. Типы радиаторов. Пороговые счетчики, дифференциальные счетчики, счетчики полного внутреннего отражения. Черенковские калориметры. Водные Черенковские детекторы нейтрино. |
|  | Электроны и ионы в газах. Возбуждение, ионизация и рекомбинация. Диффузия и дрейф электронов и ионов. Образование лавины в электрическом поле. Ионизационная камера, пропорциональный счетчик, пропорциональная камера. Дрейфовая камера и камера с временным проецированием. Принципы работы, свойства, параметры. |
|  | Принципы работы полупроводниковых детекторов. Образование электронов и дырок, p-n переход, обедненный слой. Кремниевые координатные стриповые детекторы. |
|  | Сцинтилляционные и спектросмещающие волокна. Спектры испускания и поглощения, длины ослабления. Эффективность захвата и транспортировки света. Применение оптических волокон в различных детекторах: трековых, калориметрах, фотонных вето. |
|  | Электромагнитные калориметры. Понятие радиационной длины, структура электромагнитного ливня, продольные и поперечные размеры. Общие принципы калориметрии. |
|  | Гомогенные и дискретные калориметры. Понятие sampling флуктуации. Энергетическое и пространственно е разрешение.  |
|  | Различные калориметры – шашлык, спагетти, вето ситемы. |
|  | Структура адронного ливня. Адронные калориметры. Калориметры с компенсацией. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Нарушение пространственной симметрии в слабых взаимодействиях. |
|  |  |  |
|  | Исследование распадов каонов. Обнаружение эффекта распадов двух одинаковых частиц на 2 пиона и три пиона, что противоречило закону сохранения Р-четности. Анализ всех слабых распадов привел Ли и Янга к гипотезе несохранения Р-четности в слабых взаимодействиях. |
|  | Измерени корреляции между интесивностью бета распадных электронов и направлением спина ядра Со-60. Было обнаружено, что жлектроны в основном испускаются противоположно спину ядра, что явилось открытием несохранения Р-четности. |
|  | Классический эксперимент по измерению спиральности нейтрино за счет измерения полиризации фотонов в распаде возбужденного ядря Sm-152. В результате было получено, что нейтрино имеет отрицательную спиральность, т.е. спин нейтрино направлен противоположно импульсу нейтрино.  |
|  | Эксперимент Коуэна и Рейнеса, в котором были зарегистрированы реакторные нейтрино, явился первым экспериментальным доказательством существования нейтрино. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Нарушение комбинированной четности в слабых взаимодействиях. |
|  |  |  |
|  | Понятие СР четности. Зарядовая и пространственная четность нейтральных каонов. Каоны и антикаоны. Короткоживущие и долгоживущие каоны. |
|  | Открытие СР нарушения - обнаружение распада долгоживущего нейтрального каона на два пиона в БНЛ (США). Детали эксперимента, анализ данных. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6. ГИМ механизм. Обнаружение С кварка и тау лептона. |
|  |  |  |
|  | Проблема отсутствия нейтральных токов с изменением странности. Вероятность распада нейтрального каона на положительный и отрицательный мюоны. Идея 4-го кварка. |
|  | Эксперименты по поиску новых состояний в БНЛ и СЛАК. Открытие связанных состояний очарованного кварка и антикварка. Экспериментальное обнаружение тау лептона. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 7. Переносчики слабого взаимодействия W и Z бозоны. |
|  |  |  |
|  | Описание слабых взаимодействий Ферми, Слабый распад нейтрона на протон, электрон и нейтрино. Слабые лептонные распады. Рассеяние нейтрино на электроне. V-A теория слабого взаимодействия. Проблема бесконечного роста чечения при больших энергиях. Введение для описания слабых процессов промежуточных бозонов. |
|  | Открытие нейтральных токов в эксперименте Гаргамель в ЦЕРН. Открытие W бозона в эксперименте UA1 в ЦЕРН. Идея эксперимента, установка, анализ данных. Открытие Z бозонов. Измерение ширины распада Z бозона. Три типа нейтрино. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 8. Нейтринные осцилляции.  |
|  |  |  |
|  | Различные типы нейтринных детекторов для регистрации солнечных, атмосферных, реакторных и кскорительных нейтрино. |
|  | Хлор-аргоновый эксперимент Дэвиса. Эксперимент СуперКамиоканде, открытие осцилляций атмосферных мюонных нейтрино. Эксперименты с солнечными нейтрино: Sage, Gallex, SNO. Реакторный эксперимент Kamland. |
|  | Исследование осцилляций мюонных нейтрино в эксперименте MINOS (США) и К2К (Япония). Измерение параметров смешивания. Эксперимент второго поколения Т2К.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 9. Исследование свойств элементарных частиц в экспериментах на адронных и электронных коллайдерах. |
|  |  |  |
|  | Исследование свойств В мезонов и измерение СР нарушения на электрон-позитронных коллайдерах. Эксперименты BABAR в СЛАК и BELLE в КЕК. Асимметричные В фабрики.  |
|  | Эксперименты в Фермилаб D0 и CDF (США) и ЦЕРН. LEP и LHC&. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |
|  | Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, доской. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Основная литература |  |
|  | 1. А.Любимов, Д.Киш. Введение в экспериментальную физику частиц, Физматлит, 2001.
2. П.Хэлперн. Коллайдер, Эксмщ 2010.
3. С.Guinti, C.W.Kim. Fundamentals of neutrino physics and astrophysics, Oxford, 2007.
4. I.Bigi, A.Sanda. CP violation, Cambridge, 2000.
5. F.James. Statistical methods in experimental physics, World Scientific, 2006.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. Л.Б.Окунь. Лептоны и кварки. Наука, Москва, 1981.
2. Клаус Группен. Детекторы элементарных частиц. Сибирский хронограф, Новосибирск, 1999.
3. Glenn F. Knoll. Radiation detection and measurement, Wiley, 1979.
4. Д.Перкинс. Введение в физику высоких энергий, 1991.
5. Ю.Комминс и Ф.Буксбаум. Слабые взаимодействия лептонов и кварков, Энергоатомиздат, 1987.
6. Д.Худсон. Статистика для физиков, Мир, 1970.
7. L.Lyons. Statistics for nuclear and particle physics, 1995.
8. W.Burcham and M. Jobes. Particle and Nuclear Physics, London, 1995.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Ю.Г.Куденко. Основы экспериментально физики элементарных частиц. Москва, 2007. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | http://www.inr.ru |
|  | http://pdg.lbl.gov/ |
|  | http://arxiv.org/ |
|  | http://www.hep.anl.gov/ndk/hypertext/ |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование».  |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Студент, изучающий курс «Основы экспериментальной физики элементарных частиц», должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны должен научиться применять теоретические знания на практике. |
|  В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, законы, принципы, методы, детекторы, применяемые в современных экспериментах в физике элементарных частиц, знать систематику взаимодействий и частиц. Студент должен знать принципы регистрации элементарных частиц современными детекторами, а также основные классические эксперименты, определившие пути развития физики элементарных частиц, в том числе должен знать принципиальные особенности ускорительных, лабораторных, подземных экспериментов и детекторов и методы исследования нейтринных осцилляций. Необходимо уметь абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций и пользоваться своими знаниями для постановки физических экспериментов, уметь анализировать экспериментальные данные статистическими методами, работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании, эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. Студент должен овладеть навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете, культурой постановки и моделирования физических задач, навыками анализа экспериментальных и методических данных и методикой работы с основными детекторами частиц. |
| Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя: |
| – чтение и конспектирование рекомендованной литературы; |
| – проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств; |
| – решение задач, предлагаемых студентам на лекциях; |
| – подготовку к дифференцированному зачету.  |
| Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. |
| Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.  |
| При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к практическому занятию, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Приложение |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** |
| **ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ** |
| **ПО ДИСЦИПЛИНЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| **по направлению:** | Ядерные физика и технологии (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики |
|  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 3 |  |  |
| **квалификация:** | бакалавр |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 6(Весенний) - Дифференцированный зачет |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Разработчик:** | Ю.Г. Куденко, д-р физ.-мат. наук, профессор |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Основы экспериментальной физики элементарных частиц» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, принципы, методы, детекторы, применяемые в современных экспериментах в физике элементарных частиц физики;
 основные фундаментальные симметрии физики микромира;
 принципы регистрации элементарных частиц современными детекторами;
 основные классические эксперименты, определившие пути развития физики элементарных частиц;
 принципиальные особенности ускорительных, лабораторных, подземных экспериментов и детекторов;
 методы, используемые для исследования нейтринных осцилляций. |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач и постановки экспериментов;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить анализ экспериментальных данных статистическими методами;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
 работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
 эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
 |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации, изучения научных публикаций;
 навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
 методикой работы с основными детекторами частиц;
 навыками анализа экспериментальных и методических данных;
 основными навыками написания научных статей.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточный контроль знаний проводится в виде дифференцированного зачёта, на котором студенту предлагается ответить на вопросы, перечень которых приведен ниже: |
| 1. Изобразить графически распад мюона через диаграмму Фейнмана.  |
| 2. Каким закона сохранения противоречит распад n → p + e? |
| 3. Возможен ли распад pi+ →e+ νe, если дорустить, что масса позитрона равна нулю? |
| 4. Реакция d + d  → α+ pi0 никогда не наблюдалась. Почему? |
| 5. Почему распад η → pi+pi запрещен как в электромагнитных, так и в сильшых взаимодействиях? |
| 6. Показать, почему невозможен фотоэффект на свободном электроне? |
| 7. Используя законы сохранения импульса и энергии, показать невозможность пождения фотоном пары e+ - e- в вакууме, т.е. без участия ядра иди электрона. |
| 8. Оценить толщину атмосферы в радиационных длинах и адронных длинах поглощения. |
| 9. Определить пробег электронов с энергией 100 кэВ в дрейфовой камере, заполненной аргоном под давлением 1 атм. |
| 10. оценить толщину железа, при прохождении которой, взаимодействует 1 нейтрино из начального потока 10^9 нейтрино. Сечение взаимодействия нейтрино 10^-38 см^2. |
| 11. Оценить эффективность регистрации фотонов с энергией 500 МэВ в дискретном калориметре, который состоит из тонких слоев свинца, 1 мм каждый, и пластика, 3 мм каждый, общей длиной 12 радиационных длин. Фотоядерными реакциями пренебречь. |
| 12. Испускаются ли Черенковские фотоны с длинами волн, соответствующими рентгеновскому диапазону, т.е. около 1 нм. |
| 13. Определить максимальную длину волны фотона необходимую для образования фотоэлектрона, если работа выхода материала фотокатода равна 1.5 эВ. |
| 14.Темновой ток ФЭУ с усилением 10^6 равен 2 нА. Определить интенсивность испускания фотоэлектронов с фотокатода. |
| 15. Почему в газовых ионизационных камерах вероятность образования электрон-ионных пар при комнатной температуре пренебрежимо мала? |
| 16. Ширина запрещенной зоны в кремнии при комнатной температуре равна 1.1 эВ. Определиь максимальную длину волны фотонов, которые могут образовать электрон-дырочную пару. |
| 17. Использую диаграммы Фейнмана, показать что в процесс рассеяния электронного нейтрино на электроне в первом порядке дают вклад как нейтральные так и заряженные токи. |
| 18. Пучок заряженных частиц, состоящий из положительных пионов и каонов, имеет импульс 10 ГэВ/с. Какая часть пионов и каонов распадется в распадном канале длиной 100 метров? |
| 19. Нарушается ли СР инвариантность в распаде долгоживущего нейтрального каона на нейтральный пион и два нейтрино? |
| 20. Оценить отношение вероятности распада pi→eν к вероятности распада pi→μν . |
| 21. Оценить вероятность того, что 65 нейтринных событий, зарегистрированных в нейтринном детекторе, при ожидании 100 событий в отсутствие осцилляций, могут быть интерпретированы как чисто статистическая флуктуация. |
| 22. Найти оптимальное расстояние от источника нейтрино до детектора для исследования осцилляций мюоных нейтрино с энергией 1 ГэВ. |
| 23. Показать, в каких случаях распад нейтрального пиона на 2 фотона может имитировать сигнал от электронного нейтрино в водном Черенковском детекторе.  |
| 24. Рассмотреть кинематику распада pi→μν при энергиях пионов 1-5 Гэв и показать, что при определенных углах импульс нейтрино практически не зависит от энергии пиона.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Критерии оценивания** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материма, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы. |
| Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения. |
| Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей. |
| Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей. |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
| Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать двух астрономических часов.  |
| Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |