|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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:** | | Введение в физику элементарных частиц | | | | | | | |
| **по направлению:** | | Прикладные математика и физика (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 | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: | | | | | |  | | |  |
|  |  | 6(Весенний) - Зачет | | | |  | | |  |
|  |  | 7(Осенний) - Экзамен | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: | | | | | |  | | |  |
|  | лекции: 60 час. | | | | |  | | |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. | | | | |  | | |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Самостоятельная работа: 45 час. | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Подготовка к экзамену: 30 час. | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3 | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Программу составил:** | | В.Б. Копелиович, канд. физ.-мат. наук | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 свойств элементарных частиц и их взаимодействий, овладение студентами навыками расчета вероятностей реакций рождения, взаимодействий и распадов элементарных частиц. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Задачи дисциплины** | | | | | |  | | |  |
|  освоение студентами базовых знаний в области физики элементарных частиц; | | | | | | | | | |
|  приобретение теоретических знаний в практической квантовой теории поля; | | | | | | | | | |
|  оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных оценок и расчетов вероятностей процессов с участием элементарных частиц; | | | | | | | | | |
|  приобретение навыков работы с базовым архивом данных и литературы http://inspirehep.net/ | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Курс «Введение в физику элементарных частиц» относится к вариативной части образовательной программы | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» базируется на дисциплинах: | | | | | | | | | |
| Общая физика; | | | | | | | | | |
| Теория поля; | | | | | | | | | |
| Математика. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» предшествует изучению дисциплин: | | | | | | | | | |
| Квантовая теория поля; | | | | | | | | | |
| Структура ядра; | | | | | | | | | |
| Ядерные реакции; | | | | | | | | | |
| Нейтронная физика; | | | | | | | | | |
| 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: | | | | | | | | | |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); | | | | | | | | | |
| способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3); | | | | | | | | | |
| способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3). | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной квантовой физики;   порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;   современные проблемы физики, химии, математики;   квантовые явления, которые происходят при взаимодействии элементарных частиц, и методы теоретической физики, применяемые для их изучения. | | | | | | | | | |
| **уметь:** | | | | | |  | | |  |
|  абстрагироваться от не существенного при моделировании реальных физических ситуаций;   пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;   делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;   производить численные оценки по порядку величины;   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;   эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. | | | | | | | | | |
| **владеть:** | | | | | |  | | |  |
|  техникой расчета вероятностей основных элементарных процессов методами квантовой теории поля;   навыками освоения большого объема информации;   навыками самостоятельной работы в Интернете. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 | Систематика взаимодействий и частиц. | | 2 |  |  |  | | | 1 |
| 2 | Изотопический спин, гиперзаряд, флейворы. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 3 | Составная структура адронов; модель кварков. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 4 | Элементы теории групп. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 5 | Следствия изотопической инвариантности сильных взаимодействий. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 6 | Некоторые следствия SU(3)-инвариантости сильных взаимодействий. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 7 | Описание элементарных процессов методом S-матрицы. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 8 | Кинематические соотношения в реакциях распада, рассеяния и рождения элементарных частиц. | | 4 |  |  |  | | | 2 |
| 9 | Описание спиновых явлений методом ковариантной матрицы плотности. | | 2 |  |  |  | | | 2 |
| 10 | Релятивистские волновые уравнения: Клейна-Гордона-Фока, Прока, Дирака, Вейля. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 11 | Свойства матриц Дирака; инверсии, зарядовое сопряжение, билинейные формы. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 12 | Распады W^{pm} и Z^0 бозонов. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 13 | beta-распад, взаимодействия лептонов с лептонами, нуклонами и кварками. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 14 | Некоторые процессы во втором порядке теории возмущений, слабые и электромагнитные. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 15 | Стандартная модель элементарных частиц и их взаимодействий. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 16 | Теоретические модели частиц и их взаимодействий. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| Итого часов | | | 60 |  |  |  | | | 45 |
| Подготовка к экзамену | | | 30 час. | | | | | | |
| Общая трудоёмкость | | | 135 час., 3 зач.ед. | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| 4.2. | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестр: 6 (Весенний) | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 1. Систематика взаимодействий и частиц. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Классификация взаимодействий, классификация частиц. | | | | | | | | |
|  | Квантовые числа элементарных частиц и законы их сохранения. | | | | | | | | |
|  | Аддитивные и мультипликативные квантовые числа; электрический заряд, барионное лептонные числа, собственный угловой момент (спин); пространственная, зарядовая и омбинированная четности. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 2. Изотопический спин, гиперзаряд, флейворы. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Изоспин и изомультиплеты; странность, соотношения Гелл-Манна - Нишиджимы; октет и декуплет барионов, октет псевдоскалярных и нонет векторных мезонов, ``тяжелые'' флейворы --- ``очарование'' и ``прелесть''. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 3. Составная структура адронов; модель кварков. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Модель с целыми зарядами кварков; модель Гелл-Манна - Цвейга с дробными электрическими зарядами и барионным числом кварков; обобщения формулы Гелл-Манна — Нишиджимы. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 4. Элементы теории групп. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Общие определения; группы O(3) и SU(2); присоединенное представление; группа SU(3); спиноры и мультиплеты; разложение прямого произведения спиноров по базисам неприводимых представлений, коэффициенты Клебша-Гордана. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 5. Следствия изотопической инвариантности сильных взаимодействий. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Общие определения; группы O(3) и SU(2); присоединенное представление; группа SU(3); спиноры и мультиплеты; разложение прямого произведения спиноров по базисам неприводимых представлений, коэффициенты Клебша-Гордана. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 6. Некоторые следствия SU(3)-инвариантости сильных взаимодействий. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Массовые формулы для $SU(3)$-мультиплетов; соотношения между амплитудами распадов векторных мезонов на два псевдоскалярных мезона; распад декуплета барионов в октеты барионов и мезонов. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 7. Описание элементарных процессов методом S-матрицы. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Распады и рассеяние частиц; мандельстамовские переменные, физические области (s-, t- и u-каналы); фазовые объемы, вероятности распадов, эффективные сечения. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 8. Кинематические соотношения в реакциях распада, рассеяния и рождения элементарных частиц. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Кинематика распадов частиц, Далитц-плот; абсолютный и условный пороги рождения частиц, эллипсы рассеяния и рождения, рождение частиц в ``кинематически запрещенных'' областях при взаимодействии с ядрами, понятие о ``кумулятивном числе''. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестр: 7 (Осенний) | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 9. Описание спиновых явлений методом ковариантной матрицы плотности. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Значения спинов 1/2, 1, 3/2 и 2; примеры применения. Некоторые применения алгебры спиноров и тензоров. Вывод матричных элементов операторов изоспина из алгебры спиноров; вывод сферических функций и полиномов Лежандра из угловой зависимости неприводимых тензоров. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 10. Релятивистские волновые уравнения: Клейна-Гордона-Фока, Прока, Дирака, Вейля. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Уравнения для частиц с целыми значениями спина. Уравнения для частиц с полуцелыми значениями спина: система генераторов группы Лоренца; уравнение для частицы со спином 1/2, дираковские и майорановские частицы. Уравнение для частицы со спином 3/2. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 11. Свойства матриц Дирака; инверсии, зарядовое сопряжение, билинейные формы. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Алгебра матриц Дирака. Дираковски - сопряженный биспинор, зарядовое сопряжение. Четность биспинора, ковариантные билинейные формы. Левые и правые фермионы. Обращение времени, CPT - инверсия. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 12. Распады W^{pm} и Z^0 бозонов. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Двухчвстичные распады $W^{\pm}$ и $Z^0$ в состояния, содержащие нейтрино. Распады $W^{\pm}$ в кварк-антикварковые пары, матрица Кабиббо-Кобаяши-Маскавы. Распады $Z^0$ - бозона в пары $l\bar l$ и в адроны. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 13. beta-распад, взаимодействия лептонов с лептонами, нуклонами и кварками. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Матричные элементы 4-фермионного взаимодействия. Вероятность $\beta$-распада нейтрона и ядер. Сечение обратного бета-распада. Распад мюона и $\beta$-распад тау-лептона. Рассеяние нейтрино на лептонах (заряженные токи). Взаимодействия нейтрино с лептонами за счет нейтральных токов. Взаимодействие нейтрино с кварками. Слабое взаимодействие заряженных лептонов с кварками и нуклонами. Некоторые слабые распады мезонов. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 14. Некоторые процессы во втором порядке теории возмущений, слабые и электромагнитные. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Слабые процессы во втором порядке теории возмущений. Комптоновское рассеяние, формула Клейна - Нишины. Рассеяние электронов на электронах (меллеровское рассеяние). Рассеяние позитрона на электроне, аннигиляция $e^+e^- \to \mu^+\mu^-,\; e^+e^- \to \pi^+\pi^-$. | | | | | | | | |
|  | Стандартная модель элементарных частиц и их взаимодействий. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 15. Стандартная модель элементарных частиц и их взаимодействий. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Калибровочная инвариантность. Лагранжиан собственно калибровочных полей. Лагранжиан поля Хиггса, | | | | | | | | |
|  | Спонтанное нарушение симметрии. Взаимодействие поля Хиггса и калибровочных полей, | | | | | | | | |
|  | возникновение масс промежуточных бозонов. | | | | | | | | |
|  | Взаимодействие лептонов и калибровочных полей, нейтральные токи. Взаимодействие лептонов и кварков с полем Хиггса, возникновение масс фермионов. | | | | | | | | |
|  | Свойства поля Хиггса и его взаимодействий. Замечания о лагранжиане квантовой хромодинамики. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 16. Теоретические модели частиц и их взаимодействий. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Взаимодействие лептонов с нуклонами в модели партонов; бьеркеновская переменная и бьеркеновский скейлинг. Метод Редже-Грибова описания сильных взаимодействий частиц при высоких энергиях. Правила кваркового счета. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Введение в теорию квантованных полей. Собрание научных трудов в 12 томах. Квантовая теория. Том 10. Издательство Московского Университета, 2008 г.   2. В.А.Матвеев, А.Н.Тавхелидзе. Квантовое число цвет, цветные кварки и КХД (К 40-летию открытия цвета). ЭЧАЯ 37, 575 (2006).  3. О.М.Бояркин. Физика массивных нейтрино. Москва, URSS, 2006.  4. V.M.Lobashev et al. Direct search for mass of neutrino and anomaly in the tritium. beta spectrum. Phys. Lett. B460, 227 (1999); Nucl. Phys. Proc. Suppl. 91, 280, 2001.  5. W.-M.Yao et al (Particle Data Group). The Review of Particle Physics, J.Phys. G 33, 1 (2006). | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дополнительная литература | | | | | | | | |  |
|  | 1. В.Б.Берестецкий, Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский. Квантовая электродинамика. Наука, Москва, 1989   2. Дж.Д.Бьеркен, С.Д.Дрелл, Релятивистская квантовая теория. Наука, Москва, 1978  3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Наука, Москва, 1989  4. Л.Райдер. Квантовая теория поля. Мир, Москва, 1987  5. М.Б.Волошин, К.А.Тер-Мартиросян. Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц. Энергоатомиздат, Москва, 1984  6. Л.Б.Окунь. Слабое взаимодействие элементарных частиц. Физматгиз, Москва, 1963   7. В.А.Рубаков. Классические калибровочные поля. Эдиториал УРСС, Москва, 1999  8.Б.Л.Иоффе, Л.Н.Липатов, В.А.Хозе. Глубоко-неупругие процессы. Энергоатомиздат, Москва, 1983   9. Р.Фейнман. Взаимодействие фотонов с адронами. Мир, Москва, 1975 | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 1. Копелиович В.Б. //Учебно-методическое пособие «Введение в физику элементарных частиц. Часть 1.» 82 стр. Изд. ИЯИ РАН. ISBN 978-5-94274-037-5 | | | | | | | | |
|  | 2. Копелиович В.Б. //Учебно-методическое пособие «Введение в физику элементарных частиц. Часть 2» 145 стр. Изд. ИЯИ РАН . ISBN 978-5-94274-069-6 | | | | | | | | |
|  | 3. Копелиович В.Б. //Учебно-методическое пособие «Введение в физику элементарных частиц. Часть 1.» Второе издание, исправленное и дополненное. 101 стр. Изд. ИЯИ РАН. ISBN 978-5-94274-188-4 | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | http://inspirehep.net/ - базовый архив данных и литературы. | | | | | | | | |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование». | | | | | | | | |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук. | | | | | | | | |
|  | http://www.i-exam.ru – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 различных программных средств. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Студент, изучающий курс «Введение в физику 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 определения физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, знать систематику взаимодействий и частиц, иметь представление об изотопическом спине, гиперзаряде, флейворе, составной структуре ядра, кварках, следствиях изотопической инвариантности сильных взаимодействий и SU(3)-инвариантости сильных взаимодействий. Обучающийся должен продемонстрировать описание элементарных процессов методом S-матрицы, а также знать кинематические соотношения в реакциях распада, рассеяния и рождения элементарных частиц, уметь описывать спиновые явления методом ковариантной матрицы плотности, знать релятивистские волновые уравнения: Клейна-Гордона-Фока , взаимодействия лептонов с лептонами, нуклонами и кварками и др. . Студент должен хорошо представлять стандартную модель элементарных частиц и их взаимодействий и теоретические модели частиц и их взаимодействий | | | | | | | | | |
| 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 и практических занятиях, | | | | | | | | | |
| – подготовку к практическим занятиям, зачету, экзамену. | | | | | | | | | |
| 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 теоретические сведения. | | | | | | | | | |
| При подготовке к семинарам 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, подготовка к практическому занятию, решение задач. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия. | | | | | | | | | |
| Промежуточный контроль знаний проводится в виде экзамена, на которых студенту предлагается ответить на два-три теоретических вопроса. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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:** | | Прикладные математика и физика (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 | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: | | | | | |  | | |  |
|  |  | 6(Весенний) - Зачет | | | |  | | |  |
|  |  | 7(Осенний) - Экзамен | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Разработчик:** | | В.Б. Копелиович, канд. физ.-мат. наук | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** | | | | | | | | | |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); | | | | | | | | | |
| способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3); | | | | | | | | | |
| способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3). | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| В результате изучения дисциплины «Введение в физику элементарных частиц» обучающийся должен: | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной квантовой физики;   порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;   современные проблемы физики, химии, математики;   квантовые явления, которые происходят при взаимодействии элементарных частиц, и методы теоретической физики, применяемые для их изучения. | | | | | | | | | |
| **уметь:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  абстрагироваться от не существенного при моделировании реальных физических ситуаций;   пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;   делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;   производить численные оценки по порядку величины;   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;   эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. | | | | | | | | | |
| **владеть:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  техникой расчета вероятностей основных элементарных процессов методами квантовой теории поля;   навыками освоения большого объема информации;   навыками самостоятельной работы в Интернете. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Перечень контрольных вопросов: | | | | | | | | | |
| 1. Классификация частиц. Адроны и лептоны, фотон и промежуточные бозоны. | | | | | | | | | |
| 2. Соотношения между амплитудами взаимодействия пи-мезонов с нуклонами. | | | | | | | | | |
| 3. 4-фермионное слабое взаимодействие, сечение обратного бета-распада. | | | | | | | | | |
| 4. Возникновение масс фермионов в СМ, распады ХБ на фермион-антифермион. | | | | | | | | | |
| 5. Типы фундаментальных взаимодействий. | | | | | | | | | |
| 6. Нейтральные токи в теории Вайнберга-Салама. Константы связи бозона с нейтрино, заряженными лептонами и кварками. | | | | | | | | | |
| 7. 3-х частичный фазовый объем. Выражение для Ф\_n через Ф\_2: 3 = 2 + 1. | | | | | | | | | |
| 8. Лагранжиан поля Хиггса в стандартной модели, его особенности. | | | | | | | | | |
| 9. Октет и декуплет барионов, октет и нонет мезонов. | | | | | | | | | |
| 10. G–четность. Связь G–четности с C–четностью и изотопическим спином. | | | | | | | | | |
| 11. Принцип калибровочной инвариантности в стандартной модели и его следствия, примеры. | | | | | | | | | |
| 12. Возникновение масс промежуточных бозонов в СМ, соотношение между ними. | | | | | | | | | |
| 13. Свойства W и Z бозонов, распады W \to l\nu и Z^0 \to \nu \antinu . Число сортов нейтрино. | | | | | | | | | |
| 14. Квантовые числа частиц: заряд, барионное и лептонные числа, флейворы , изоспин, спин, четность. | | | | | | | | | |
| 15. Соотношения между амплитудами распада изобары. | | | | | | | | | |
| 16. Уравнение Дирака, свойства гамма-матриц. | | | | | | | | | |
| 17. S–матрица, ее унитарность, оптическая теорема. | | | | | | | | | |
| 18. Формула для ширины распада через матричный элемент S–матрицы и фазовый объем. | | | | | | | | | |
| 19. Хиггсовский бозон, его роль в возникновении масс бозонов и фермионов. | | | | | | | | | |
| 20. Глубоко-неупругое рассеяние лептонов на нуклонах и ядрах. Бьёркеновская переменная x и её физ. смысл. . | | | | | | | | | |
| 21. SU(3)-инвариантность сильных взаимодействий, мультиплеты частиц. | | | | | | | | | |
| 22. Вероятность -распада нейтрона и других аналогичных процессов. | | | | | | | | | |
| 23. Эллипс рассеяния для реакции 2 в 2, упругой и неупругой (бинарной) реакции. | | | | | | | | | |
| 24. Рассеяние нейтрино (антинейтрино) на электроне, полное сечение. | | | | | | | | | |
| 25. Составная структура адронов. Модель кварков Гелл-Манна – Цвейга. | | | | | | | | | |
| 26. Соотношения между амплитудами распадов Ф К К и Ро пи пи . | | | | | | | | | |
| 27. Рассеяние лептонов на нуклонах в модели партонов. Переменная Бьёркена, функции распределения партонов. | | | | | | | | | |
| 28. Вероятность распада бозона Хиггса на пару LL . | | | | | | | | | |
| 29. Амплитуда бинарного процесса как функция мандельстамовских переменных s, t, u. Физические области различных каналов. | | | | | | | | | |
| 30. Модель Сакаты и модель Гелл-Манна - Цвейга. | | | | | | | | | |
| 31. Соотношения между амплитудами распадов Ф K K и K\*K\pi. | | | | | | | | | |
| 32. Полная ширина распада W, Z -бозона в адроны. | | | | | | | | | |
| 33. Вывод выражения для эффективного сечения взаимодействия. | | | | | | | | | |
| 34. Формула Гелл-Манна --- Нишиджимы. | | | | | | | | | |
| 35. Релятивистские волновые уравнения для частиц со спином 0, 1 и 1/2. | | | | | | | | | |
| 36. Распады W -бозона в лептоны и адроны. Полная ширина. | | | | | | | | | |
| 37. Цвет кварков, необходимость его введения. | | | | | | | | | |
| 38. Пороги для рождения частиц, «подпороговое» рождение. «Кумулятивный» эффект и кумулятивное число. | | | | | | | | | |
| 39. Спектр электронов в бета-распаде нейтрона и ядер. | | | | | | | | | |
| 40. Полная ширина распада W-бозона в адроны и лептоны. | | | | | | | | | |
| 41. Комптон-эффект, формула Клейна-Нишины. | | | | | | | | | |
| 42. Правила кваркового счета. | | | | | | | | | |
| 43. Изотопическая и SU(3) -инвариантность сильных взаимодействий. | | | | | | | | | |
| 44. Рекуррентная формула для многочастичного фазового объема, n=p+q. | | | | | | | | | |
| 45. Рассеяние электрона на электроне и позитрона на электроне. | | | | | | | | | |
| 46. Константы связи Z-бозона с лептонами и кварками. | | | | | | | | | |
| 47. Распады бозона Хиггса на пару фермион-антифермион. | | | | | | | | | |
| 48. SU(3)-мультиплеты, число компонент N(p,q) . | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| Примеры экзаменационных билетов, используемых для проведения экзамена: | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| Билет 3. | | | | | | | | | |
| 1. Октет и декуплет барионов, октет и нонет мезонов. | | | | | | | | | |
| 2. G–четность. Связь G–четности с C–четностью и изотопическим спином. | | | | | | | | | |
| 3. Принцип калибровочной инвариантности в стандартной модели и его следствия, примеры. | | | | | | | | | |
| 4. Возникновение масс промежуточных бозонов в СМ, соотношение между ними. | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| Билет 11. | | | | | | | | | |
| 1. Комптон-эффект, формула Клейна-Нишины. | | | | | | | | | |
| 2. Правила кваркового счета. | | | | | | | | | |
| 3. Изотопическая и SU(3) -инвариантность сильных взаимодействий. | | | | | | | | | |
| 4. Рекуррентная формула для многочастичного фазового объема, n=p+q. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 па 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). | | | | | | | | | |
| Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| При проведении экзамена и зачета обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышает двух астрономических часов. Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины. | | | | | | | | | |