

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра общей физики и дидактики физики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической

и учебной работе

Е.И. Скафа



21 декабря 2016 г.

Рабочая программа учебной дисциплины
«ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ»

(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки:

44.03.05 Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки).

Профиль подготовки:

Физика и информатика

Образовательный уровень выпускника:

бакалавр

Форма обучения:

очная, заочная, ускоренная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

Малюк Н.Г.

« 16 » декабря 2016 г.

М.П.



Программа учебной дисциплины «ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «20» апреля 2016 г. №422 и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750.

Разработчик:

*К. физ.-мат. н., доцент**кафедры общей физики и дидактики физики*

Безус А.В.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании

кафедры общей физики и дидактики физики ДонНУ

Протокол № 5 от «17» ноября 2016 г.

Зав. кафедрой общей физики и дидактики физики

Бешевли Б.И.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией
физико-технического факультета

Протокол № 4 от «14» декабря 2016 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе: Учебная дисциплина «Физика высоких энергий» является вариативной частью профессионального блока дисциплин.

Основывается на базе дисциплин: «Физика» и «Математика» на предыдущем уровне образования, а также при изучении предшествующих дисциплин «Введение к дисциплинам фундаментальной подготовки – математика» и «Введение к дисциплинам фундаментальной подготовки – физика», «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Механика»)), «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Молекулярная физика. Термодинамика»)), «Методы математической физики», «Численные методы и математическое моделирование», «Теория вероятности и математическая статистика», «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Электричество и магнетизм»)), «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Оптика»)), «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Физика атома и атомных явлений»)), «Общая и экспериментальная физика (модуль – «Физика атомного ядра и частиц»)), «Квантовая теория».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Астрофизика, астрономия и методика преподавания астрономии», «Естественнонаучная картина мира» и последующего изучения дисциплин: «Методика решения задач по физике (Методика решения физических задач)», «Методика преподавания физики», «Техника лекционных демонстраций».

1. Нормативные ссылки (при необходимости)

2. Структура дисциплины (модуля)

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		<i>*заочная форма обучения на базе</i>		
	ОСО	СПО (ускор.)	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Уровень высшего профессионального образования	Бакалавриат				
Образовательно-квалификационный уровень:	Академический бакалавр				
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки				
Профиль	Физика и информатика				
Количество содержательных модулей (тем)	2				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы ¹	Профессиональный блок, Базовая часть				
Формы контроля	<i>*текущие (модульный контроль) и промежуточная аттестация (зачет)</i>				
Показатели	очная форма обучения на базе		<i>*заочная форма обучения на базе</i>		
	ОСО	<i>*СПО (ускор.)</i>	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	2,5				
Количество часов	90				
Год подготовки	5				
Семестр	9				
Количество часов					
- лекционных	42				
- практических, семинарских					
- лабораторных	14				

- самостоятельной работы	34				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, в т.ч.	3				
аудиторных	3				

ОСО – общее среднее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

3. Описание дисциплины (модуля)

Цели и задачи.

Цель – сформировать у студентов систему знаний и понятий физики адронов, которая входит в состав Стандартной Модели частиц. Обзор важнейших положений и актуальных проблем современной физики высоких энергий, на проверку и решение которых нацелены текущие и планируемые на будущее измерительные и поисковые эксперименты. Рассмотрение современных подходов к теоретическому и экспериментальному изучению сильных взаимодействий.

Задачи – дать представление о современном состоянии теории в физике элементарных частиц и их взаимодействиях, что предполагает систематический обзор круга экспериментальных фактов, которые нашли устойчивое теоретическое объяснение, фактов, для которых найдено гипотетическое теоретическое объяснение, и фактов, для которых объяснение либо не найдено, либо находится за рамками существующих вычислительных методов. Кроме того, дать обзор тех гипотетических теорий, которые, возможно, позволят разрешить трудности сложившейся к настоящему времени стандартной модели. Дать представление о методах квантовой теории поля, которая является фундаментом в теории физики микромира, а также теории симметрии элементарных частиц. Ознакомить с существующей схемой элементарных частиц и основными направлениями получения новых экспериментальных данных в физике высоких энергий. Рассмотреть технику детектирования и идентификации частиц в различных диапазонах энергии, провести анализ факторов, определяющих точность измерений и достоверность результатов.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) общекультурных (ОК):

способностью использовать основы философских и социогуманитарных знаний для формирования научного мировоззрения (ОК-1);

способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве (ОК-3);

способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском, украинском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-4);

способностью работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия (ОК-5);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-6);

б) общепрофессиональных (ОПК):

готовностью сознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать мотивацией к осуществлению профессиональной деятельности (ОПК-1);

способностью осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся (ОПК-2);

готовностью к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса (ОПК-3);

готовностью к профессиональной деятельности в соответствии с нормативно-правовыми документами сферы образования (ОПК-4);

владение основами профессиональной этики и речевой культуры (ОПК-5);

готовностью к обеспечению охраны жизни и здоровья обучающихся (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

педагогическая деятельность:

готовностью к взаимодействию с участниками образовательного процесса (ПК-6);

способностью организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности (ПК-7);

проектная деятельность:

способностью проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития (ПК-10);

научно-исследовательская деятельность:

готовностью использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования и науки (ПК-11).

В результате изучения модуля студент должен

Знать:

- принципы релятивистской квантовой механики;
- особенности ядерных сил;
- связь симметрии с законами сохранения;
- классификацию частиц;
- модель физического вакуума;
- понятия поля, калибровочного бозона, внутренней симметрии частиц, четности, лептонов и кварков;
- законы сохранения при взаимодействии элементарных частиц;
- поле Хиггса, современную теоретическую и экспериментальную ситуацию;
- теории слабого и сильного взаимодействий;
- особенности цветовых сил, понятие глюона и кварков;
- мультиплеты адронов;
- Стандартную Модель;
- теории Великого Объединения и модели с дополнительными размерностями пространства-времени, которые выходят за рамки Стандартной модели;
- как создаются и проводятся эксперименты по физике высоких энергий.

Уметь:

- применять методы квантовой физики к установлению свойств микрообъектов;
- анализировать свойства микрочастиц, вытекающие из их симметрии;
- использовать методы, разработанные в области физики элементарных частиц в научной и педагогической деятельности;
- анализировать диаграммы Фейнмана;
- устанавливать симметрию микрообъекта;
- использовать законы сохранения при анализе реакций между частицами;
- представлять реакции кварковыми диаграммами.

Владеть:

- методами, разработанными в области физики фундаментальных взаимодействий – математическими моделями взаимодействий, методами теории симметрии, физическими основами экспериментальных исследований элементарных частиц.

4. Содержание дисциплины (модуля) и формы организации учебного процесса

Курс дисциплины «**Физика высоких энергий**» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. Лекции сопровождаются лекционным экспериментом.

В учебном процессе широко применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия, полемика), внеаудиторная самостоятельная работа, балльно-рейтинговая система оценки успеваемости, личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, блочно-модульное обучение.

Использование в учебном процессе интернет-ресурсов по данному курсу; решение задач, максимально приближенных к конкретным научно-исследовательским ситуациям; дискуссии в процессе поиска путей решения сформулированных проблем; лабораторные работы.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение индивидуальных заданий, подготовку к лабораторным занятиям, изучение учебной и методической литературы, составление конспектов, аннотаций статей, изучение приборов и оборудования, проведение эксперимента, обработку полученных результатов, анализ полученных результатов. Студенты изучают дополнительную литературу по предмету для расширения и углубления знаний, принимают участие в поиске новых данных по заданной теме, прививается интерес к предмету.

Порядковый номер, тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1	
Тема 1. Ранний период физики элементарных частиц.	Электрон, протон, фотон. Окрытие нейтрона. Модель атомного ядра Гейзенберга-Иваненко. Нуклон–нуклонные взаимодействия. Мезонная теория Юкавы. Кванты сильного взаимодействия. Пионы и их основные свойства. Нейтральные π -мезоны. Аномальные магнитные моменты протона и нейтрона. Мюоны. Особенности взаимодействия π -мезонов и μ -мезонов с ядрами. Двухмезонные теории. Открытие заряженных π^\pm -мезонов (Пауэл). Открытие π^0 -мезонов. Физика космических лучей.
Тема 2. Процессы сильного взаимодействия.	Свойства ядерных сил. Принципы зарядовой симметрии и зарядовой независимости. Понятие о изоспине и изодублете нуклона. Принцип изотопичной инвариантности ядерных сил. Вектор состояния нуклона. Обобщенный принцип Паули. Изотопические мультиплеты нуклонов и π -мезонов. Изотопическая (зарядовая) инвариантность сильного взаимодействия. Оператор изоспина. SU(2)- и SU(3)-симметрии, матрицы Паули и Гелл-Манна. Изоспин системы частиц. Правила суммирования изоспинов, коэффициенты Клебша–Гордона. Изоспин системы двух нуклонов и системы пион–нуклон. Процессы пион–нуклонного рассеяния. Барионное число. Закон сохранения барионного числа. Стабильность протона. Пион–нуклонные и пион–пионные резонансы. V-(странные) частицы: мезоны K^0 , K^+ , K^- ; гипероны Λ^0 , Σ^\pm , Σ^0 , Ξ^\pm , Ξ^0 ; и Ω^- . Странность. Закон сохранения странности в сильных и электромагнитных процессах. Гиперзаряд. Правило Накано-Нишиджимы-Гелл-Манна.
Тема 3. Локальная калибровочная	Калибровочные поля. (Глобальные калибровочные превращения. Инвариантность относительно глобальных калибровочных превращений и законы сохранения. Законы сохранения электрического

инвариантность.	заряда и барионного числа. Стабильность электрона и протона. Локальная $U(1)$ –инвариантность дираковского поля. Электромагнитное поле как калибровочное векторное безмассовое поле. Группа $SU(2)$ превращений и калибровочное поле Янга-Миллса. Тензор напряженности и лагранжиан свободного поля Янга-Миллса, уравнение движения. Обобщение на случай группы $SU(3)$.
Тема 4. Составные модели адронов.	Модель Ферми-Янга. Модель Сакаты: выбор фундаментальных частиц, формулирование в рамках теории трехмерной унитарной симметрии, псевдоскалярный октет и синглет мезонов, векторный октет и синглет мезонов, проблема барионных состояний. Восьмичастичный путь. Модель Гелл-Манна–Неемана. Супермультиплеты. Гипотеза унитарной симметрии. Массовые формулы Окубо-Гелл-Манна.
Тема 5. Квантовая хромодинамика.	Кварки. Квантовые числа кварков. Трехкварковая модель Гелл-Манна–Цвейга: октеты и синглеты мезонов; декуплеты, октеты и синглеты барионов. Трехкварковая модель с учетом спина. Модель $SU(6)$. Магнитные моменты барионов. Статистика кварков (Хан–Намбу, Фройнд, Миямото, Боголюбов–Струминский–Тавхелидзе). Ароматы и цвета кварков. Симметрия $SU(3)_c$ (Гелл-Манн–Фритч–Лейтвайлер, Вайнберг). Мезонные и барионные состояния как цветовые синглеты группы $SU(3)_c$. Тяжелые кварки. Чармированный кварк: гипотеза Глешоу–Илиопулоса–Майаны, открытие J/Ψ –частицы (Тинг, Рихтер), чармоний, модель $SU(4)$, чармированные частицы (D – и F –мезоны, барионы). Красивый кварк: открытие ипсилон–частиц (Ледерман), бьютионий, красивые частицы. Топ (истинный) кварк. Экспериментальные свидетельства на пользу существования кварков: исследования при глубоком неупругом рассеянии электронов нуклонами, партоны и партонная модель (Фейнман), распад π^0 –мезонов, процессы аннигиляции электронов и позитронов в адроны, процессы Дрелла–Янга. Токовые и блоковые кварки. Лагранжиан свободных токовых кварков. Инвариантность относительно глобальных калибровочных превращений группы $SU(3)_c$, закон сохранения цветового заряда. Инвариантность относительно локальных калибровочных превращений группы $SU(3)_c$: неабелевы калибровочные поля, самодействие, кванты калибровочных полей, характеристики глюонов. Лагранжиан квантовой хромодинамики. Понятие об асимптотичной свободе и конфайнмент кварков. Двух– и трехтоковые процессы.
Содержательный модуль 2	
Тема 6. Процессы слабого взаимодействия.	Модели контактного типа. (Бета-распад атомных ядер, типы бета–распадов. Особенности энергетического спектра бета–электронов, интерпретации. Нейтринная гипотеза Паули. Электронные нейтрино и антинейтрино: основные характеристики, трудности экспериментальной регистрации, не прямые (Лейпунский, Аллен) и прямые (Коуэн, Райнес) экспериментальные доказательства существования. Отличие нейтрино от антинейтрино, экспериментальное подтверждение (Девис). Экспериментальные доказательства существования нейтрино (Коуэн, Рэйнес). Операция пространственной инверсии. Симметрия относительно операции пространственной инверсии. Парность. Внутренняя парность элементарных частиц (фотон, дейтрон, π^0 – и π^\pm –мезоны). (τ – θ) Проблема. Нарушение закона сохранения пространственной парности

	<p>в слабых взаимодействиях. Опыт Ву. Фермионы с нулевой массой. Уравнение Вейля, свойства решений. Оператор спиральности. Спиральность как квантовое число. Спиральности решений уравнения Вейля. Теория двухкомпонентного нейтрино (Ландау, Ли, Янг, Салам). Левовинтовые нейтрино и правовинтовые антинейтрино. Экспериментальное определение спиральности нейтрино (Гольдхабер). Мюонные нейтрино и антинейтрино. Экспериментальное подтверждение разницы между ν_e и ν_μ (Ледерман, Шварц). τ-лептон и τ-нейтрино. Лептонные заряды. Закон сохранения лептонного заряда. Проблема солнечных нейтрино. Гипотеза о нейтринной осцилляции. Четырехфермионная теория Ферми: основные положения, построение лагранжиана взаимодействия контактного типа, заряженные слабые токи, V–V–вариант взаимодействия, неперенормированность. Трансформационные свойства уравнения Дирака и билинейные инварианты. Нарушение парности и V-A форма слабого взаимодействия. Заряженные слабые токи. Слабые распады странных частиц. Понятие о смешивании состояний. Угол Кабиббо. Матрица Кобаяши–Масакавы. Проблема нейтральных слабых токов, их открытие. Зарядовое сопряжение. CP- и CPT-инвариантность.</p>
Тема 7. Спонтанное нарушение симметрии.	<p>Гоулдстоновские бозоны. Механизм Хиггса генерации масс частиц. Спонтанное нарушение локальной калибровочной симметрии SU(2). Массивные поля Янга-Миллса.</p>
Тема 8. Стандартная модель Вайнберга–Салама.	<p>Модель Вайнберга–Салама.</p>
Тема 9. Методы детектирования частиц.	<p>Сцинтилляционные счётчики. Полупроводниковые детекторы. Пороговые и дифференциальные черенковские счётчики. Детекторы переходного излучения. Электромагнитные и адронные калориметры. Пропорциональные, дрейфовые и время-проекционные камеры.</p>
Тема 10. Исследовательские программы настоящего и ближайшего будущего.	<p>Некоторые программы: природа спина адронов (поляризационные измерения), поиск экзотических состояний – глюболов, пентакварков и др., исследование плотной и возбуждённой адронной материи (кварк-глюонная плазма и др.), физика нейтрино, поиск эффектов(частиц) за пределами стандартной модели. Действующие ускорители и их характеристики. Ускорители ближайшего будущего.</p>

Тематический план (заполняется согласно учебному плану)

[illegible]

[illegible]

9. Самостоятельная работа.

№	Название темы
1	Изотопическая (зарядовая) инвариантность сильного взаимодействия. Формализм изоспина. SU(2)– и SU(3)–симметрии, матрицы Паули и Гелл-Манна.
2	Процессы πN –рассеяния и соотношения между их сечениями.
3	Электромагнитное поле как калибровочное векторное безмассовое поле.
4	Модель Сакаты: псевдоскалярный октет и синглет мезонов, векторный октет и синглет мезонов, проблема барионных состояний.
5	Гипотеза унитарной симметрии. Супермультиплеты (унитарные мультиплеты). Нарушение унитарной симметрии и массовые формулы для мезонов. Массовые формулы Окубо-Гелл-Манна.
6	Трехкварковая модель. Мультиплеты мезонов. Построение барионных состояний: таблицы Юнга, полностью симметричные состояния, состояния со смешанной симметрией и их ортогонализация, полностью антисимметричные состояния. Нарушение SU(3)–симметрии и массовые формулы.
7	Группа SU(2) превращений и неабелево калибровочное поле Янга-Миллса. Тензор напряженности и лагранжиан свободного поля Янга-Миллса, уравнение движения. Обобщение на случай группы SU(3).
8	Квантовая хромодинамика. Глюоны.
9	Уравнение Вейля. Спиральность. Теория двухкомпонентного нейтрино.
10	Трансформационные свойства уравнения Дирака. Билинейные инварианты, их поведение при пространственной инверсии. V–A форма слабого взаимодействия.
11	Спонтанное нарушение локальной калибровочной симметрии SU(2). Массивные калибровочные бозоны. Бозон Хиггса. Масса фермионов.
12	Стандартная модель Вайнберга–Салама для слабого и электромагнитного взаимодействий: лептонный сектор. Обобщение на электрослабое взаимодействие кварков. Основные результаты.

11. Контрольные вопросы

1. Наблюдение и регистрация элементарных частиц. Классификация методов. Приборы.
2. Экспериментальное исследование частиц. Резонансы.
3. Производство частиц в экспериментах. Ускорители. Классификация. Мощности современных ускорителей.
4. Античастицы. Определение. Свойства. Примеры. Антивещество. Определение истинно нейтральной частицы.
5. Классификация элементарных частиц. Лептоны (подробно).
6. Адроны: определение, свойства, кварковое строение. Свойства кварков.
7. Изотопическая симметрия. Супермультиплеты.
8. Изотопический спин и изомультиплеты. Барионный октет. Мезонный нонет. Возбужденные состояния барионов (сравнить октет и декуплет).
9. Какому факту физически соответствует изотопическая инвариантность? С чем связана высокая степень симметричности изотопических мультиплетов?
10. Фундаментальные взаимодействия. Описать каждый вид взаимодействия, сравнить по интенсивности. Класс частиц – переносчиков взаимодействия.
11. Классификация элементарных частиц в Стандартной модели. Теории объединения взаимодействий.
12. Электромагнитное взаимодействие. Понятие электрослабого взаимодействия.
13. Особенности слабого взаимодействия. Переносчики взаимодействия.
14. Сильное взаимодействие. Теории Великого объединения.
15. Характерные времена фундаментальных взаимодействий. В качестве примера определить, какие виды взаимодействия ответственны за распады: 1) $\Delta^* \rightarrow p + \pi$ (время жизни бариона Δ^* : $\tau_{\Delta^*} = 6 \cdot 10^{-24}$ с); 2) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_{\mu}$; 3) $\eta \rightarrow \gamma + \gamma$ (K^+ , π и η – мезоны).

Обосновать. Выполнение каких законов сохранения необходимо проверить при записи этих распадов (конкретно для каждого случая)?

16. Сформулировать закон сохранения странности. В каких взаимодействиях он справедлив, с каким физическим объектом связан? На основе этого закона записать недостающую частицу в распаде Ω^- -бариона $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + x$, если барион Ξ^0 имеет массу 1315 МэВ, странность $S = -2$ и нулевой электрический заряд. Масса Ω^- -бариона равна 1672 МэВ, странность $S = -3$, электрический заряд $Q = -1$.
17. Барионный заряд. Электрический заряд. Изоспин.
18. Лептоны. Лептонный заряд.
19. Понятие странности. Странные частицы.
20. Законы сохранения лептонного и барионного зарядов, странности. В качестве примера определить, исходя из законов сохранения количества лептонов различного типа L_e, L_μ, L_τ , какой из распадов мюона будет иметь место: $\mu^- \rightarrow e^- + \gamma$ или $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$.
21. Классификация законов сохранения в физике элементарных частиц. Аддитивные законы сохранения. Симметрии, лежащие в их основе.
22. Симметрия пространства-времени.
23. Калибровочная симметрия.
24. Внутренняя симметрия частиц. Изоспиновая симметрия $SU(2)$. Симметрия $SU(3)$ изоспина и гиперзаряда.
25. Мультипликативные законы сохранения. Симметрии, лежащие в их основе. Общие и частные законы сохранения в физике элементарных частиц. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.
26. Энергетика реакций частиц. Энергетика распадов частиц.
27. Упругое и неупругое рассеяние. Сечение рассеяния. Одноканальное и многоканальное рассеяние.
28. Космические лучи. Широкие атмосферные ливни.
29. Кинематика частиц. Масса частиц.
30. Релятивистская теория Дирака. частицы со спином $1/2$.
31. Понятие физического вакуума.
32. Рождение и уничтожение частиц. Диаграммы Фейнмана.
33. Понятие изотопического спина. Нуклонный дублет.
34. Пионный триплет. Изомультиплеты адронов.
35. Понятие калибровочных бозонов.
36. Бета-распад ядер. Распад протона и нейтрона.
37. Теория Ферми слабого взаимодействия.
38. Четыре фермионные диаграммы Фейнмана для слабого взаимодействия.
39. Адронный и лептонный токи.
40. Переносчики слабого взаимодействия W^\pm, Z^0 -бозоны.
41. Нарушение четности в слабых реакциях.
42. Теория ядерных сил Юкавы.
43. Аномальные магнитные моменты протона и нейтрона.
44. Глубоко неупругие процессы. Объяснение.
45. Модели адронов Ферми, Сакаты.
46. Кварковая модель адронов.
47. Цветовое взаимодействие. Глюоны.
48. Квантовая хромодинамика.
49. Кварковые диаграммы.
50. Особенности цветового взаимодействия.
51. Сущность Стандартной Модели.

12. Образец вопросов к зачету

Билет №1

1. Наблюдение и регистрация элементарных частиц. Классификация методов. Приборы.
2. Мультипликативные законы сохранения. Симметрии, лежащие в их основе. Общие и частные законы сохранения в физике элементарных частиц. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.

Билет №2

1. Античастицы. Определение. Свойства. Примеры. Антивещество. Определение истинно нейтральной частицы.
2. Переносчики слабого взаимодействия W^\pm , Z^0 –бозоны.

14. Критерии оценивания

(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	По шкале ECTS	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет, зачёт)	Определение
90–100	A	«Отлично» (5) (зачтено)	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) (зачтено)	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) (зачтено)	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) (не зачтено)	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку
0-34	F	2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

1. Для проведения лекционных занятий требуется аудитория на группу, оборудованная меловой или интерактивной доской.
2. Для обеспечения лабораторных занятий по данному курсу необходимы специальным образом оборудованные аудитории.
3. Выход в Интернет.
4. Wi-Fi доступ в корпусах университета.
5. Текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета.

6. Стенды.

16. Рекомендованная литература

Основная литература

1. Г.Кейн. Современная физика элементарных частиц. М., Мир, 1990.
2. А. И. Ахиезер, М.П.Рекало. Биография элементарных частиц. К., Наукова думка, 1979.
3. Современное естествознание: Энциклопедия: в 10 томах. Физика элементарных частиц. Астрофизика. Т.4. под ред. Ю.А.Пашковского. М., Издательский Дом МАГИСТР-ПРЕСС, 2000.
4. Ишханов Б.С. Частицы и атомные ядра: Учебник для вузов / Ишханов Борис Саркисович, Капитонов Игорь Михайлович, Юдин Николай Прокофьевич. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 584с.
5. Элементарные частицы. под ред А.Д.Суханова. М., Наука, 1973.
6. Г.В.Кладдор-Клайнротхаус, К.Цюбер. Астрофизика элементарных частиц. М., ж."Успехи физических наук", 2000.
7. К.Группен. детекторы элементарных частиц. Н., Сибирский хронограф, 1999.
8. Л. Б. Окунь. Лептоны и кварки. М., Наука, 1990.
9. Л. Б. Окунь. Слабое взаимодействие элементарных частиц. М., Физматгиз, 1963.
10. Е.Намбу. Кварки. М., Мир, 1984.
11. Проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц. сб. статей посв. А.И.Алеханова. М., Наука, 1975.
12. С.Огава, С.Савада, М.Накагава. Составные модели элементарных частиц. М., Мир, 1983.
13. Т.В.Шишкина, Н.М.Шумейко. Физика элементарных частиц. М., БГУ, 2002.
14. Р.Фейнман, С.Вайнберг. Элементарные частицы и законы физики. М., Мир, 2000.
15. А.А. Воробьев, Н.С. Руденко, В.И. Сметанин. Техника искровых камер. М., Атомиздат, 1978.
16. А.Т. Ситенко, В.К. Тарковский. Лекции по теории ядра. М., Атомиздат, 1972.
17. Альфа-, бета-, гамма - спектроскопия. Под ред. К. Зигбана. М., Атомиздат, 1969.
18. В.Г. Соловьев. Теория атомного ядра. Ядерные модели. М., Энергоиздат, 1981.
19. В.И. Калашникова, М.С. Козадаев. Детекторы элементарных частиц. М., Наука, 1966.
20. Ф. Бони, Введение в физику ядра, адронов и элементарных частиц. М., Мир. 1999.
21. К.Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. Т.1, 2. М., Энергоатомиздат. 1993.

Дополнительная литература

1. В.А.Григорьев и др. Электронные методы ядерно-физического эксперимента. Энергоатомиздат, 1988.
2. В.А.Смирнов. Средства организации систем сбора данных. ЭЧАЯ, т. 286, вып. 5, стр. 1295, 1997.
3. Ю.М.Адо. Ускорители заряженных частиц. УФН, т.145, №1, стр. 87.
4. В.П. Карташов, В.И. Котов. Основные методы в оптике пучков заряженных частиц. М., 1984 г.
5. B.Dolgoshein. Transition radiation detectors. NIM, A326, p. 434, (1993).
6. В.Д.Пешехонов. Методика координатных газонаполненных детекторов... ЭЧАЯ, т. 17, в. 5, стр. 1030, (1986).
7. В.А.Бедняков и др. Лаборатория ядерных проблем им. В.П.Джелепова. На рубеже тысячелетий. ЭЧАЯ, т. 32, вып. 3, стр. 514, 2002.
8. Бом Д. Квантовая теория. 2-е изд., испр. - М.: Госиздат физико-математической литературы, 1965.
9. И.Ф. Гинзбург. Нерешённые проблемы фундаментальной физики (рус.) // Успехи физических наук. — 2009. — Т. 179. — С. 525–529.

10. Лукаш В. Н., Михеева Е. В. Тёмная материя: от начальных условий до образования структуры Вселенной, УФН 177 1023—1028 (2007).
11. С. М. Биленький Массы, смешивание и осцилляции нейтрино // УФН. — 2003. — Т. 173. — С. 1171—1186.
12. Ю. Г. Куденко Наблюдение осцилляций мюонных нейтрино в электронные нейтрино в эксперименте T2K // УФН. — 2013. — Т. 183. — С. 1225—1230.

17. Информационные ресурсы


1. <http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.
2. <http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки ДонНУ.
3. <http://nuclphys/npi.msu.ru/spargalka/> – Б.С. Ишханов, Э.И. Кебин. Шпаргалка. Основные вопросы по курсу „Физика ядра и частиц”
4. <http://nuclphys/npi.msu.ru> – Лекции профессора Б.С. Ишханова «Частицы и атомные ядра».
5. <http://www.edu.ru/> – Федеральный портал «Российское образование».
6. <http://fizkaf.narod.ru> – кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования.
7. <http://experiment.edu.ru> – естественнонаучные эксперименты – Физика: Коллекция Российского общеобразовательного портала.
8. <http://www.edu.delfa.net> – кабинет физики Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования.
9. <http://genphys.phys.msu.ru> – сайт кафедры общей физики физфака МГУ.
10. <http://iatephysics.narod.ru/knowhow/knowhow7.htm> – правила выполнения измерений и построения графиков.
11. <http://www.phys.spb.ru> – сайт физического факультета СПбГУ.

18. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 28.08.2017

Зав. кафедрой  Бешевли Б.И.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 22.08.2018

Зав. кафедрой  Малюк Н.Г.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № от

Зав. кафедрой