

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Основы физики элементарных частиц

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

Курс: 1, семестр : 2

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	40
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	
10	Самостоятельная работа, час.	32
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №913 от 28.08.2015 г. , дата утверждения: 23.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.ф-м.н. Блинов В. Е.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.6 способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения:
32. знать основные экспериментальные методы и теоретические модели физики атомного ядра и элементарных частиц
33. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности
у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения:
34. знать фундаментальные основы избранной области физических исследований

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Основы физики элементарных частиц</i>	
ПК.1.34 знать фундаментальные основы избранной области физических исследований	
1. фундаментальные основы физики элементарных частиц	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.32 знать основные экспериментальные методы и теоретические модели физики атомного ядра и элементарных частиц	
2. Основные понятия физики элементарных частиц.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3. Элементарные частицы и их классификацию.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
4. Принципы проведения экспериментов по физике элементарных частиц.	Лекции; Самостоятельная работа
5. основы симметрии и законы сохранения.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6. Описание взаимодействия элементарных частиц.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
7. основы теории электромагнитного взаимодействия.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
8. Основы теории сильного взаимодействия.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
9. Принципы Модели Великого объединения.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.33 понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	
10. об основных достижениях и нерешенными проблемах современной физики элементарных частиц.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.6.у4 иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	
11. Применять знания в научно-исследовательской работе	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
12. работы с научной литературой с использованием новых информационных источников	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 2			
Дидактическая единица: Классическая физика			
1. Исторический экскурс. Классическая механика. Преобразования Галилея. Законы Ньютона. Электродинамика Максвелла. Уравнения Максвелла. Нарушение преобразований Галилея при описании световых явлений. Эксперименты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Специальная теория относительности. Проблемы классической физики: излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, спектры излучения атом	0	1	1, 10, 2
Дидактическая единица: Строение атома			
2. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.	0	2	1, 10, 11, 12
Дидактическая единица: Методы исследования в физике элементарных частиц (ФЭЧ).			
3. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание).	0	2	1, 10, 2
4. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны. Работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы	0	2	1, 3, 4

5. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции С, Р, Т. Обнаружение нарушения Р-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. К0 - К0-смешивание. Нарушение СР-инвариантности в слабых взаимодействиях. СРТ-теорема. Экспериментальная проверка СРТ-теоремы.	0	2	1, 10, 5
6. Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Виртуальные частицы. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям.	0	2	1, 6
Дидактическая единица: Механизмы взаимодействия ЭЧ.			
7. Электромагнитное взаимодействие.	0	2	1, 6, 7
8. Сильное взаимодействие.	0	2	1, 6, 8
9. Слабое взаимодействие.	0	2	1, 8
10. Стандартная модель. Великое объединение.	0	1	1, 10, 11, 12, 2, 9

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Строение атома				
1. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.	4	4	10, 11, 12	
Дидактическая единица: Методы исследования в физике элементарных частиц (ФЭЧ).				

2. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание).	2	2	10, 2	
3. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны. Работа с таблицами свойств частиц, PDG и CODATA группы	2	2	3	
4. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции С, Р, Т. Обнаружение нарушения Р-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. $K^0 - \bar{K}^0$ - смешивание. Нарушение СР-инвариантности в слабых взаимодействиях. СРТ-теорема. Экспериментальная проверка СРТ-теоремы.	2	2	10, 5	
5. Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Виртуальные частицы. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям.	2	2	6	
Дидактическая единица: Механизмы взаимодействия ЭЧ.				

6. Электромагнитное взаимодействие.	2	2	6, 7	
7. Сильное взаимодействие.	2	2	6, 8	
8. Слабое взаимодействие.	2	2	8	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	1, 11, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9	2	0
: Тюрин Ю. И. Физика. Ч. 3 : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов, Ю. Ю. Крючков. - Томск, 2005. - 738, [1] с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	10, 12	23	0
: Тюрин Ю. И. Физика. Ч. 3 : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов, Ю. Ю. Крючков. - Томск, 2005. - 738, [1] с. : ил.				
3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7	0
: Тюрин Ю. И. Физика. Ч. 3 : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов, Ю. Ю. Крючков. - Томск, 2005. - 738, [1] с. : ил.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
<i>Практические занятия:</i>	20	30
<i>Контрольные работы:</i>	10	30
<i>Экзамен:</i>	0	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Контр. раб.	Экзамен
ОПК.6	з2. знать основные экспериментальные методы и теоретические модели физики атомного ядра и элементарных частиц	+	+
	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности		+
	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач		+
ПК.1	з4. знать фундаментальные основы избранной области физических исследований		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Баранников А. А. Основные концепции современной физики : учебное пособие для вузов / А. А. Баранников, А. В. Фирсов. - М., 2009. - 348, [1] с.

Дополнительная литература

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 2001. - 803 с.
2. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц / Л. Б. Окунь. - М., 1988. - 272 с.
3. Широков Ю. М. Ядерная физика : Учебное пособие для вузов / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. - М., 1980. - 727 с. : ил.
4. Фейнман Р. Ф. КЭД-странная теория света и вещества / Р. Фейнман ; пер. с англ. О. Л. Тиходеевой, С. Г. Тиходеева ; под ред. Л. Б. Окуня. - М., 1988. - 137, [4] с., [2] л. ил.
5. Хелзен Ф. Кварки и лептоны. Введение в физику частиц / Ф. Хелзен, А. Мартин ; пер. с англ. А. П. Гаряки, Г. В. Григоряна и Н. Л. Тер-Исаакяна под ред. А. Ц. Амадуни. - М., 1987. - 455 с. : ил.
6. Угаров В. А. Специальная теория относительности : учебное пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов / В. А. Угаров. - М., 1977. - 383 с., портр. : ил.
7. Фраунфельдер Г. Субатомная физика / Г. Фраунфельдер, Э. Хенли ; пер. с англ. под ред. В. В. Толмачева. - М., 1979. - 736 с.
8. Соколов А. А. Квантовая механика : [учебное пособие] / А. А. Соколов, Ю. М. Лоскутов, И. М. Тернов. - М., 1965. - 638, [1] с. : ил., табл., схемы
9. Готтфрид К. Концепции физики элементарных частиц / Е. Готтфрид, В. Вайскопф ; пер. с англ. В. Г. Буданова под ред. А. Д. Суханова. - М., 1988. - 239 с. : ил.
10. Ландау Л. Д. Теоретической физика. В 10 т. Т. 4. Квантовая электродинамика : учебное пособие / Л. Д. Ландау, В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. - М., 1989. - 723 с.
11. Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий / Д. Перкинс ; пер. с англ. А. В. Беркова ; под ред. Б. А. Долгошеина. - М., 1991. - 427, [1] с. : ил., табл.
12. Худсон Д. Статистика для физиков : лекции по теории вероятностей и элементарной статистике / Д. Худсон ; пер. с англ. [В. Ф. Грушина]. - М., 1970. - 296 с. : ил.

13. Копылов Г. И. Основы кинематики резонансов / Г. И. Копылов. - М., 1970. - 487 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>

5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Тюрин Ю. И. Физика. Ч. 3 : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов, Ю. Ю. Крючков. - Томск, 2005. - 738, [1] с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Office

2 Origin

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф-м.н., доцент И.И. Корель
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы физики элементарных частиц

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Основы физики элементарных частиц приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.6/НИС способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	з2. знать основные экспериментальные методы и теоретические модели физики атомного ядра и элементарных частиц	Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Виртуальные частицы. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание). Исторический экскурс. Классическая механика. Преобразования Галилея. Законы Ньютона. Электродинамика Максвелла. Уравнения Максвелла. Нарушение преобразований Галилея при описании световых явлений. Эксперименты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Специальная теория относительности. Проблемы классической физики:	Контрольная работа.	Экзамен, вопросы теста 1 – 10.

		излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, спектры излучения атом Сильное взаимодействие. Слабое взаимодействие. Стандартная модель. Великое объединение. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции C, P, T. Обнаружение нарушения P-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. K⁰ - K⁰-смешивание. Нарушение CP-инвариантности в слабых взаимодействиях. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны. Работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы Электромагнитное взаимодействие.		
ОПК.6/НИС	33. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание). Исторический экскурс. Классическая механика. Преобразования Галилея. Законы Ньютона. Электродинамика Максвелла. Уравнения Максвелла. Нарушение преобразований		Экзамен, вопросы теста 1 – 10.

		Галилея при описании световых явлений. Эксперименты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Специальная теория относительности. Проблемы классической физики: излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, спектры излучения атом. Стандартная модель. Великое объединение. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции С, Р, Т. Обнаружение нарушения Р-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. $K^0 - \bar{K}^0$-смешивание. Нарушение CP-инвариантности в слабых взаимодействиях. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.		
ОПК.6/НИС	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	Стандартная модель. Великое объединение. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые		Экзамен, вопросы теста 1 – 10.

		пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.		
ПК.1/НИС способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	з4. знать фундаментальные основы избранной области физических исследований	Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Виртуальные частицы. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание). Исторический экскурс. Классическая механика. Преобразования Галилея. Законы Ньютона. Электродинамика Максвелла. Уравнения Максвелла. Нарушение преобразований Галилея при описании световых явлений. Эксперименты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Специальная теория		Экзамен, вопросы теста 1 – 10.

		относительности. Проблемы классической физики: излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, спектры излучения атом. Сильное взаимодействие. Слабое взаимодействие. Стандартная модель. Великое объединение. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции C, P, T. Обнаружение нарушения P-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. $K^0 - \bar{K}^0$-смешивание. Нарушение CP-инвариантности в слабых взаимодействиях. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны. Работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг. Электромагнитное взаимодействие.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС.

Экзамен проводится в письменной форме по тестам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Основы физики элементарных частиц», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Каждый вариант теста состоит из 10 вопросов без вариантов ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для экзамена

- Вопрос 1: Могут-ли находиться в одном квантовом состоянии два протона?
Вопрос 2: Инвариантны уравнения Максвелла относительно преобразований Лоренца?
Вопрос 3: Какие типы взаимодействий известны в настоящее время?
Вопрос 4: Теорией какого взаимодействия является квантовая хромодинамика?
Вопрос 5: Сколько кварков существует?
Вопрос 6: Переносчиками какого взаимодействия являются глюоны?
Вопрос 7: Какое взаимодействие обуславливает распад нейтрона?
Вопрос 8: Назовите переносчик электромагнитного взаимодействия?
Вопрос 9: Чему равно барионное число протона?
Вопрос 10: Какое взаимодействие удерживает протоны в ядре?

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент ответил верно на 4 и менее вопросов теста, оценка составляет *от 0 до 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *от 11 до 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов теста, оценка составляет *от 21 до 30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов теста, оценка составляет *от 31 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Допуск к экзамену возможен только при посещении лекционных и практических занятий (не менее 75%).

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Основы физики элементарных частиц»

- Вопрос 1: Могут-ли находиться в одном квантовом состоянии два протона?
Вопрос 2: Инвариантны уравнения Максвелла относительно преобразований Лоренца?
Вопрос 3: Какие типы взаимодействий известны в настоящее время?
Вопрос 4: Теорией какого взаимодействия является квантовая хромодинамика?

- Вопрос 5: Сколько кварков существует?
- Вопрос 6: Переносчиками какого взаимодействия являются глюоны?
- Вопрос 7: Какое взаимодействие обуславливает распад нейтрона?
- Вопрос 8: Назовите переносчик электромагнитного взаимодействия?
- Вопрос 9: Чему равно барионное число протона?
- Вопрос 10: Какое взаимодействие удерживает протоны в ядре?
- Вопрос 11: Могут находиться в одном квантовом состоянии два электрона?
- Вопрос 12: Инвариантны уравнения Максвелла относительно преобразований Лоренца?
- Вопрос 13: Какие типы взаимодействий открыты в настоящее время?
- Вопрос 14: Теорией какого взаимодействия является квантовая хромодинамика?
- Вопрос 15: Сколько кварков существует?
- Вопрос 16: Переносчиками какого взаимодействия являются глюоны?
- Вопрос 17: Какое взаимодействие обуславливает распад нейтрона?
- Вопрос 18: Укажите переносчик электромагнитного взаимодействия?
- Вопрос 19: Чему равно барионное число протона?
- Вопрос 20: Какое взаимодействие удерживает нейтроны в ядре?

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Основы физики элементарных частиц», 2 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится письменно, включает в себя 10 заданий, проводится по темам:

- квантовая механика и волновые свойства частиц;
- методы исследования в физике элементарных частиц;
- классификация элементарных частиц;
- симметрии и законы сохранения;
- механизм взаимодействия элементарных частиц;
- диаграммная техника Фейнмана;
- квантовая электродинамика;
- основные свойства сильного взаимодействия;
- основные свойства слабого взаимодействия;
- Стандартная модель ФЭЧ.

2. Критерии оценки

Контрольная работа считается **невыполненной**, если ответы студента не полные, пробелы могут носить существенный характер, *оценка составляет менее 9 баллов*.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если ответы студента недостаточно полные, но пробелы не носят существенного характера, *оценка составляет от 10 до 16 баллов*.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если ответы студента достаточно полные, но не всегда сформулированы достаточно точно, *оценка составляет от 17 до 23 баллов*.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если ответы студента полные, и все формулировки даны точно, *оценка составляет от 24 до 30 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Выполнение контрольной работы на оценку не ниже 15 баллов (из 30 возможных) является обязательным условием для допуска к экзамену по дисциплине.

4. Пример варианта контрольной работы

Вопрос 1. Чему равна де-Бройлевская длина волны для электрона с импульсом p (формула)?

- Вопрос 2. Начиная с какой скорости заряженная частица начинает излучать черенковское излучение (формула)?
- Вопрос 3. Перечислите основные квантовые числа элементарных частиц.
- Вопрос 4. Нарушается-ли Р-четность в сильных взаимодействиях?
- Вопрос 5. Что такое виртуальная частица?
- Вопрос 6. Чем определяется порядок диаграмм Фейнмана?
- Вопрос 7. Изобразите диаграмму Фейнмана для Комpton-эффекта.
- Вопрос 8. Чему равен радиус сильного взаимодействия?
- Вопрос 9. На какие частицы распадается нейтрон?
- Вопрос 10. Какие частицы являются переносчиками слабого и электромагнитного взаимодействий?