

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
5	1	36	16	16	0		4	0	3
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

## АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики элементарных частиц

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение основными понятиями физики элементарных частиц.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс является введением в физику элементарных частиц. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими знаниями:

- Знаниями общей физики,
- Квантовой Механики
- Математического анализа.

Дисциплина является необходимой для изучения дальнейших курсов по экспериментальной физике.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности,	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ;

	ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,	ресурсы в своей предметной области  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области
проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
------------------	-------------------------	------------------------------------

ВОСПИТАНИЯ		
------------	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Стандартная модель элементарных частиц	1-3	3/3/0		15	Зд-3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Кварки и эксперименты по их обнаружению	4-12	9/9/0		15	Кл-12	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
3	Лептоны	13-16	4/4/0		20	ДЗ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Кл	Коллоквиум
ДЗ	Домашнее задание
Зд	Задание (задача)
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-3</b>	<b>Стандартная модель элементарных частиц</b>	3	3	0
1	<b>Введение и исторический обзор.</b> Стандартная модель элементарных частиц и ее проблемы. Ускорительные и неускорительные методы исследований в физике элементарных частиц. Основные экспериментальные центры. Семинар: Ознакомление с кварковым составом различных адронов, решение задач на сохранение ароматов кварков в сильных взаимодействиях и на сохранение лептонного заряда в слабых взаимодействиях.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Заряженные летоны.</b> Открытие и основные свойства. Масса, время жизни и относительные вероятности распада тау-лептона. Проверка гипотезы лептонной универсальности. Семинар: Практическая работа с использованием персональных компьютеров (ноутбуков). Анализ небольшого образца данных эксперимента Бель. Ознакомление с методом	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	восстановления частиц на примере распада D-мезона на заряженные каон и пион. Определение параметров сигнала при помощи фитирования.			
3	<b>Дискретные симметрии</b> Дискретные симметрии – С, Р, Т, СР, и СРТ . Нарушение С и Р инвариантности. Семинар: Практическая работа (2). Пример восстановления каскадных распадов. Методы улучшения разрешения инвариантной массы. Пример восстановления распадов с нейтральными частицами в конечном состоянии. Пример полного восстановления события.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4-12	<b>Кварки и эксперименты по их обнаружению</b>	9	9	0
4	<b>Обнаружение J/ψ-частицы</b> Спектроскопия чармония. Основные состояния и их квантовые числа. Основные моды распада. Семинар: Практическая работа (3). Восстановление трехчастичного распада, знакомство с диаграммой Далица, ее свойствами. Амплитуда резонанса. Вывод формулы связи между временем жизни и шириной резонанса.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Обнаружение X(3872) и других тяжелых состояний чармония</b> Обнаружение X(3872) и других тяжелых состояний чармония, поиск экзотических состояний. Поиски пентакварка. Семинар: Вывод формулы для Р-четности системы фермион-антифермион. Решение задач на сохранение Р-четности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Обнаружение Υ-мезонов и их спектроскопия.</b> Основные состояния и их квантовые числа. Основные моды распада. Обнаружение экзотических Zb-частиц и их свойства. Семинар: Вывод формулы для С-четности системы фермион-антифермион. Решение задач на сохранение С-четности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Обнаружение очарованных частиц</b> Обнаружение очарованных частиц. Свойства D-мезонов. Времена жизни и относительные вероятности распада. Отклонения от спектаторной модели. ГИМ-механизм. Семинар: Решение задач на сохранение изотопического спина в сильном взаимодействии. Знакомство с таблицами Клебша-Гордана. Изотопические соотношения для ширин распадов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства.</b> Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства. Обнаружение первых возбужденных состояний очарованных барионов. Семинар: Решение задач на изотопические соотношения между сечениями реакций. Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	<b>Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада.</b> Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада. Осцилляции В-мезонов. СКМ-матрица. Семинар:	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов. Связь между изоспином и спином для очарованных барионов.			
10	<b>Обнаружение t-кварка, W- и Z-бозонов.</b> Обнаружение t-кварка, W- и Z-бозонов. Их свойства. Изотопическая инвариантность. Систематика легких адронов. Семинар: Контрольная работа.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>CP-инвариантность и ее нарушение.</b> CP-инвариантность и ее нарушение. Семинар: Разбор контрольной работы. Коллоквиум, промежуточный зачет.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>13-16</b>	<b>Лептоны</b>	4	4	0
13	<b>Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино</b> Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино. Бета-распад. Измерение массы нейтрино. Семинар:	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Измерение поляризации заряженных лептонов</b> Измерение поляризации заряженных лептонов в бета-распаде и определение спиральности нейтрино. Семинар: Определение спиральности тау-нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Двойной бета распад.</b> Двойной бета распад. Определение природы нейтрино. Семинар: Вычисление величины выделяемой энергии в различных типах двойного бета-распада.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Осцилляции нейтрино.</b> Осцилляции нейтрино. Вывод формулы для случая двух сортов нейтрино. Экспериментальное обнаружение осцилляций нейтрино от различных источников: солнечные, реакторные, атмосферные и ускорительные нейтрино. Семинар: оценки разницы масс нейтрино в различных экспериментах.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются активные и интерактивные формы обучения с применением LMS, информационных технологий. По каждой лекции подготовлен иллюстративный материал, что существенно повышает степень усвоения материала. В лекции включена информация о последних достижениях в области физики элементарных частиц.

Проводится постоянный мониторинг знаний студентов, что позволяет корректировать процесс изложения материала, контролировать процесс обучения и мотивирует студентов к самостоятельной работе.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16
	У-ПК-1	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16
	В-ПК-1	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16
ПК-3	З-ПК-3	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16
	У-ПК-3	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16
	В-ПК-3	З, Зд-З, Кл-12, ДЗ-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	

65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 И83 Квантовая физика : основные законы, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014
2. ЭИ Ф 80 Уравнения состояния вещества от идеального газа до кварк-глюонной плазмы : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
3. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И F32 A modern introduction to particle physics : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
2. 539.1 С20 Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер : учебное пособие для вузов, Москва: Либроком, 2012
3. 539.1 О-52 Альфа бета гамма...дзета элементарное введение в физику элементарных частиц : , Л. Б. Окунь, Москва: Физматлит, 2009
4. 539.1 О-52 Физика элементарных частиц : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 2008
5. 539.1 О-52 Элементарное введение в физику элементарных частиц : , Л. Б. Окунь, М.: Физматлит, 2006

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

1. Научиться понимать цель решения конкретных задач в контексте общего понимания развития физики элементарных частиц.
2. Освоить специфику постановки экспериментов, как в области высоких энергий, так и в области "неускорительной" физики.
3. Освоить связь результатов современных экспериментов с задачей построения единой теории элементарных частиц и взаимодействий и место этой теории в общей картине эволюции.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

1. Научиться понимать цель решения конкретных задач в контексте общего понимания развития физики элементарных частиц.
2. Освоить специфику постановки экспериментов, как в области высоких энергий, так и в области "неускорительной" физики.
3. Освоить связь результатов современных экспериментов с задачей построения единой теории элементарных частиц и взаимодействий и место этой теории в общей картине эволюции.

Автор(ы):

Данилов Михаил Владимирович, д.ф.-м.н.,  
профессор