

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

АДРОННАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 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, экз./зач./КР/КП
2	3	108	30	15	0		27	0	Э
Итого	3	108	30	15	0	16	27	0	

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина является введением в современную физику сильных взаимодействий при низких и промежуточных энергиях. Основное внимание уделено рассмотрению свойств легких барионов и мезонов, состоящих из легких u и d кварков, и экспериментальным методам определения их характеристик. Значительная часть дисциплины посвящена вопросам симметрий и соответствующих законов сохранения. Также рассматриваются избранные разделы ядерной физики, в том числе вопросы, связанные с экзотическими ядерными системами. Наряду с лекциями в курс входят практические занятия по избранным вопросам в виде тестов, контрольных работ и рефератов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является развитие понимания у студентов основ физики элементарных частиц и ядер, умения предлагать и разрабатывать экспериментальные подходы для анализа физических законов и принципов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимо освоение таких дисциплин, как общая физика: физика атомного ядра и частиц, экспериментальные методы ядерной физики, квантовая механика, ядерная физика. Изучение этой дисциплины откроет возможность к изучению дисциплин: нейтронная физика, теория столкновений, физика элементарных частиц, структура атомного ядра. Также, изучение курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и работы над дипломом.

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			
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц	ПК-5.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики	З-ПК-5.1[1] - Знать физику элементарных частиц и космологию; У-ПК-5.1[1] - Уметь

количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.	и космологии	элементарных частиц и космологии, к самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	проводить экспериментальные и расчетные исследования в области физики элементарных частиц и космологии; В-ПК-5.1[1] - Владеть знаниями в области физики элементарных частиц и космологии
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к

закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.		в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства

элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
---	--	--	---

4. 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
	2 Семестр						

1	Часть 1	1-8	16/8/0		25	СК-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Часть 2	9-15	14/7/0		25	КИ-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

* – 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
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	30	15	0
1-8	Часть 1	16	8	0
1	Введение в предмет адронной физики Вводятся основные положения курса.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Упругое рассеяние электронов на нуклонах и ядрах Рассеяние электронов атомными ядрами. Формулы Резерфорда, Мотта, Дирака. Магнитные моменты частиц и ядер. Ядерные формфакторы. Радиусы атомных ядер. Распределение зарядовой плотности в ядрах. Формула Розенблюта. Распределения электрического заряда и магнитного момента в нуклонах.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Экспериментальные методы определения характеристик пионов Времена жизни и ширины элементарных частиц.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		

	Резонансы. Эксперименты по определению масс, времен жизни и спина заряженных и нейтральных пионов.	0	0	0
6 - 8	Принципы инвариантности и законы сохранения Операция пространственной четности. Сохранение пространственной четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Четность пиона. Операция зарядовой четности. Сохранение зарядовой четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Позитроний. Изотопическая инвариантность сильных взаимодействий. Изоспины элементарных частиц. G-четность.	Всего аудиторных часов		
		6	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	14	7	0
9 - 11	Мезонные резонансы Мезонные резонансы, квантовые числа и моды распада. Проявление мезонных резонансов в адронных и электромагнитных взаимодействиях. Методы наблюдения. Квантовые числа фотона и векторных мезонов. Адронные свойства гамма-квантов. Формфактор пиона в пространственноподобной и времениподобной областях. Наблюдаемый электромагнитный радиус пиона. Векторная доминантность.	Всего аудиторных часов		
		6	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	Нуклон-нуклонные взаимодействия Гипотеза Юкавы. Потенциал обмена частицы с ненулевой массой покоя. Основные свойства NN взаимодействия. Потенциал ОПО. Тензорные силы. Проявление тензорных сил в свойствах дейтрона. Основные диаграммы NN-взаимодействия. Пион-ядерные взаимодействия.	Всего аудиторных часов		
		6	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Гипероны и гиперядра Гипероны. Распады гиперонов. Гиперон-нуклонные взаимодействия. Основные диаграммы гиперон-нуклонных взаимодействий. Гиперядра и механизмы их образования. Энергия связи гиперядер. Гиперядра со странностью S=-2.	Всего аудиторных часов		
		2	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

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	2 Семестр

1	Введение в предмет адронной физики Использование принципа размерности при анализе физических задач.
2 - 3	Упругое рассеяние электронов на нуклонах и ядрах Определение распределения зарядовой плотности в ядрах по дифференциальным сечениям упругого рассеяния электронов. Определение магнитных моментов легких барионов в модели статичных кварков.
4 - 5	Экспериментальные методы определения характеристик пионов Времена жизни и ширины элементарных частиц. Анализ распределения Брейт-Вигнера.
6 - 8	Принципы инвариантности и законы сохранения Определение квантовых чисел продуктов двухчастичных ядерных реакций. Коэффициенты Клебша Гордона. Определение соотношений между величинами сечений ядерных реакций на основе изоспиновой инвариантности. Нарушение РС-четности в слабых взаимодействиях.
9 - 11	Мезонные резонансы Сохранение пространственной четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Анализ- запрещенных и разрешенных распадов легких мезонов.
12 - 15	Нуклон-нуклонные и пион-ядерные взаимодействия Вывод формулы ОПО для нуклон-нуклонного взаимодействия. Электрический квадрупольный момент деформируемых ядер. Пионные атомы. Поглощение остановившихся пионов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

Часть лекционных занятий проводится с использованием презентаций. Также презентации используются при представлениях студентами, сделанными ими рефератов.

Раз в несколько занятий проводятся контрольные работы и тесты.

На семинарах проводится обсуждение выполненных студентами самостоятельных работ.

6. 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-3	З-ПК-3	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, СК-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15

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	3 – «удовлетворительно»	E	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			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ H19 Hadron Structure in Electroweak Precision Measurements : , Hall, Nathan L. , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ M52 Melting Hadrons, Boiling Quarks - From Hagedorn Temperature to Ultra-Relativistic Heavy-Ion Collisions at CERN : With a Tribute to Rolf Hagedorn, , Cham: Springer International Publishing, 2016

3. ЭИ К 20 Введение в физику ядра и частиц : учебное пособие, Капитонов И. М., Москва: Физматлит, 2010
4. ЭИ Г95 Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
5. ЭИ Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ С 86 Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для вузов, Строковский Е. А., Москва: Юрайт, 2022
7. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, Мухин К.Н., : Лань, 2008
8. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, Мухин К.Н., : Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 52 И 97 Нуклеосинтез во Вселенной : учеб. пособие, Тутынь И.А., Ишханов Б. С., Капитонов И.М., Москва: URSS, 2019
2. 52 И97 Нуклеосинтез во Вселенной : учебное пособие для вузов, Тутынь И.А., Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Москва: Либроком, 2013
3. 539.1 И97 Частицы и атомные ядра : учебник для вузов, Ишханов Б.С., Юдин Н.П., Капитонов И.М., Москва: ЛКИ, 2007

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория ()

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Важным условием обучения является систематическое посещение учебных занятий, т.к. значительная часть излагаемого материала, основанная на современных научных результатах,

отсутствует в учебных пособиях. Лекции читаются как с использованием доски, так и проектора (в виде презентаций).

При подготовке к экзамену или опросу на лекции важно обратить внимание на взаимосвязь излагаемых в учебных курсах вопросов, и особенно, на физические принципы, лежащие в основе рассматриваемых вопросов. Их рассмотрению уделяется значительное внимание на лекциях. На семинарах приводится весь необходимый материал для решения контрольных работ и тестов, и даются комментарии по рассматриваемым темам, что подчеркивает необходимость максимально возможной посещаемости занятий.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В течение лекции важно поддерживать интерактивную связь между лектором и студентами в форме вопросов к аудитории. Важно задавать вопросы на владение материалом прошедших лекций, а также других смежных курсов. Важно, чтобы студенты понимали связь между различными дисциплинами и формами знаний и необходимость комплексного овладения предметом. Вопросы должны вызывать интерес студентов к излагаемому материалу, приводя их к творческому участию в изложении лекции.

Важной особенностью этого курса является то, что со многими понятиями и методами студенты встречаются фактически впервые. Поэтому необходимо точное и подробное описание используемой в курсе терминологии. Необходимо постоянно подчеркивать актуальность курса на конкретных примерах, проводящихся в настоящее время исследований в ядерной физике и физике элементарных частиц.

Автор(ы):

Чернышев Борис Андреевич, к.ф.-м.н.