

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] 14.03.02 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, экз./зач./КР/КП
7	3	108	32	16	0		24	0	Э
Итого	3	108	32	16	0	0	24	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, 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
организационно-управленческий			
Участие в организации работы научной группы.	Работа в научной группе, отчеты и научные статьи.	ПК-11.1 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики элементарных частиц и	З-ПК-11.1[1] - Знать физику элементарных частиц и основные средства и методы исследования в данной

		космологии, определять необходимые средства и к их использованию для решения поставленных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	области.; У-ПК-11.1[1] - Уметь использовать методы детектирования элементарных частиц и излучений и программные средства при решении задач в соответствующей области.; В-ПК-11.1[1] - Владеть методами исследования в области физики элементарных частиц.
научно-исследовательский			
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; 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
Получение новых знаний в области	Элементарные частицы,	ПК-3 [1] - Способен проводить физические	3-ПК-3[1] - знать основные физические

физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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 воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/8/0		25	СК-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1

2	Часть 2	9-15	16/8/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1

* – 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>7 Семестр</i>	32	16	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 - 4	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		
		6	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	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
7 - 8	Принципы инвариантности и законы сохранения - 1 Операция пространственной четности. Сохранение пространственной четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Четность пиона.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	16	8	0
9 - 10	Принципы инвариантности и законы сохранения - 2 Операция зарядовой четности. Сохранение зарядовой четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Позитроний. Изотопическая инвариантность сильных взаимодействий. Изоспины элементарных частиц. G-четность.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 13	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
14 - 16	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

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
	<i>7 Семестр</i>
1	Введение в предмет адронной физики Использование принципа размерности при анализе физических задач.
2 - 4	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.
5 - 6	Экспериментальные методы определения характеристик пионов Времена жизни и ширины элементарных частиц. Анализ распределения Брейт-Вигнера.
7 - 8	Принципы инвариантности и законы сохранения - 1 Определение квантовых чисел продуктов двухчастичных ядерных реакций. Коэффициенты Клебша Гордона.
9 - 10	Принципы инвариантности и законы сохранения - 2 Определение соотношений между величинами сечений ядерных реакций на основе изоспиновой инвариантности.
11 - 13	Мезонные резонансы Сохранение пространственной четности в сильных и электромагнитных взаимодействиях. Анализ- запрещенных и разрешенных распадов легких мезонов.
14 - 16	Нуклон-нуклонные взаимодействия Вывод формулы ОПО для нуклон-нуклонного взаимодействия. Электрический квадрупольный момент деформируемых ядер.

6. 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.

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	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, СК-8, КИ-15
ПК-11.1	З-ПК-11.1	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-11.1	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-11.1	Э, СК-8, КИ-15
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

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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н19 Hadron Structure in Electroweak Precision Measurements : , Hall, Nathan L. , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ К 20 Введение в физику ядра и частиц : учебное пособие, Капитонов И. М., Москва: Физматлит, 2010
3. ЭИ Г95 Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

4. ЭИ Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ С 86 Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : Учебное пособие для вузов, Строковский Е. А., Москва: Юрайт, 2021
6. 539.1 И97 Частицы и атомные ядра : учебник для вузов, Ишханов Б.С., Юдин Н.П., Капитонов И.М., Москва: ЛКИ, 2007
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. ЭИ М52 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
2. 52 И 97 Нуклеосинтез во Вселенной : учеб. пособие, Тутынь И.А., Ишханов Б. С., Капитонов И.М., Москва: URSS, 2019
3. 52 И97 Нуклеосинтез во Вселенной : учебное пособие для вузов, Тутынь И.А., Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Москва: Либроком, 2013

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

1. Лекционная аудитория ()

10. 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.

11. 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.