

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

ЯДЕРНАЯ 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
1	4	144	32	32	0		44	0	Э
Итого	4	144	32	32	0	0	44	0	

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина является введением в современную экспериментальную ядерную физику. Основные вопросы курса рассматриваются на примерах современных экспериментальных исследований. Также рассматривается применение ядерных моделей для описания экспериментальных результатов. Значительная часть дисциплины посвящена рассмотрению связей между ядерной физикой и физикой элементарных частиц и астрофизики. Особое внимание в дисциплине уделено вопросам, связанным с изучением экзотических ядерных систем, являющимся главным направлением развития современной ядерной физики. 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 ядер и их связи с другими фундаментальными физическими проблемами, 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 элементарных частиц, экспериментальные методы ядерной физики, квантовая механика. Изучение этой дисциплины откроет возможность к изучению дисциплин: физика элементарных частиц, теория столкновений, астрофизика, квантовая хромодинамика. 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
ОПК-1 [1] – Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	З-ОПК-1 [1] – Знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных матери-алов У-ОПК-1 [1] – Уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В-ОПК-1 [1] – Владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми

	навыками проведения научно- исследовательских работ по предложенной теме.
ОПК-3 [1] – Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	З-ОПК-3 [1] – Знать: основы оформления результатов научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ. У-ОПК-3 [1] – Уметь: оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ. В-ОПК-3 [1] – Владеть: навыками оформления результатов научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.

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 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;	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 в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.

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.			
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения 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	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 <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства 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

объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.			выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
проектный			
формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий;	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей,	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и	ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и	З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию

построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий;	космологии	технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
производственно-технологический			
разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ	З-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач

Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	; У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[1] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач
инновационный			
оценка инновационного потенциала новой продукции для высокотехнологичных отраслей экономики; участие в создании перспективных наукоемких технологий.	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/16/0		25	СК-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
2	Часть 2	9-15	16/16/0		25	КИ-15	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6,

							У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13

* – 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>1 Семестр</i>	32	32	0
1-8	Часть 1	16	16	0

1 - 8	Часть 1 Введение в предмет ядерной физики Вводятся основные положения курса. Модели ядер Ядерная материя. Капельная модель ядра. Модель Ферми-газа. Потенциал Вудса –Саксона. Модель ядерных оболочек. Магические числа нуклонов. Одночастичные состояния. Возбужденные состояния ядер. Резонансные состояния в ядрах. Вращательные и колебательные состояния ядер. Спин-орбитальное взаимодействие. Сферические и деформированные ядра. Обобщенная модель ядра Экзотические ядра Карта нуклидов. Граница нуклонной стабильности. Легкие нейтронно-избыточные и протонно-избыточные ядра. Мультинейтроны и сверхтяжелые изотопы водорода. Нейтронное и протонное гало в экзотических ядрах. Эксперименты по поиску экзотических ядер – эксперименты на радиоактивных пучках ионов и поглощение остановившихся пионов. Ядерные резонансы. Сверхтяжелые элементы Пределы существования тяжелых элементов. Острова нуклонной стабильности. Моды распада СТЭ. π -цепочки. Экспериментальный поиск СТЭ на ускорителе ЛЯР ОИЯИ. Нейтронная физика Свойства нейтронов и способы их получения. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами. Упругое рассеяние нейтронов ядрами. Замедление нейтронов. Тепловые нейтроны. Ультрахолодные нейтроны. Электрический дипольный момент нейтрона. Гипероны и гиперядра Странные барионы. Нуклон-гиперонное взаимодействие. Гиперядра. Распады гиперядер. Экспериментальные методы образования гиперядер. Возможное существование гиперонов в нейтронных звездах. Гиперядра со странностью $S < -1$.	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	16	16	0
9 - 16	Часть 2 Радиоактивность Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Экспериментальное доказательство несохранения пространственной четности в бета-распаде. Гамма-распад. Изомерные состояния ядер. Запавывающие частицы. Кластерная радиоактивность. Двухпротонный распад. Двойной бета-распад. Двойной безнейтринный бета-распад. Современные эксперименты по поиску двойного безнейтринного бета-распада. Деление ядер Энергия деления. Продукты деления. Механизм деления. Тройное деление. Цепная реакция деления. Ядерные реакции	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Энергетические соотношения в ядерных реакциях. Порог реакции. Механизмы ядерных реакций. Внутриядерные каскады. Составное ядро. Резонансные реакции. Распределение Брейт-Вигнера. Оптическая модель ядра. Прямые ядерные реакции. Реакции однонуклонной передачи. Взаимодействие электронов и фотонов с ядрами. Гигантский дипольный резонанс. Нуклеосинтез и Вселенная Распространенность элементов. Космологический (дозвездный) нуклеосинтез. Синтез ядер в звездах. Образование тяжелых элементов при взрывах Сверхновой. Кварк-глюонная материя Квантовая хромодинамика (КХД). Фазовая диаграмма. Критическая точка. Кварк-глюонная материя. Современные и будущие эксперименты по поиску кварк-глюонной материи.			
--	---	--	--	--

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>1 Семестр</i>
1 - 8	Часть 1 Введение в предмет ядерной физики Использование принципа размерности при анализе физических задач. Определение радиусов ядер по результатам измерений дифференциальных сечений упругого рассеяния электронов ядрами. Определение радиусов ядер по результатам измерения спектров мезоатомов. Модели ядер Схема и принципы построения модели ядерных оболочек. Вращательные и колебательные уровни ядер. Магнитные и гамов-теллеровские резонансы. Экзотические ядра Экспериментальные методы образования экзотических ядер, находящихся вблизи границы нуклонной стабильности. Времена жизни экзотических ядер. Сверхтяжелые элементы Времена жизни сверхтяжелых элементов (СТЭ). Моды распадов СТЭ. Ядерные реакции, приводящие к образованию СТЭ. инвариантности. Нарушение РС-четности в слабых взаимодействиях. Нейтронная физика Бета-распад нейтрона. Нейтронная радиоактивность. Реакции деления. Сохранение

	пространственной четности в сильных и электромагнитных. Гипероны и гиперядра Свойства легких гиперонов. Методы образования гиперядер. Моды распадов гиперядер. Образование гиперядер со странностью $S=-2$.
9 - 16	Часть 2 Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сохранение пространственной четности в альфе-распаде. Нарушение пространственной четности в бета распаде. Распад изомерных состояний ядер. Деление ядер Кинетическая энергия осколков деления. Время испускания нейтронов деления. Спонтанное деление. Тройное деление. Ядерные реакции Реакции под действием нейтронов, протонов альфа-частиц. Двухчастичные реакции. Образование экзотических ядер в реакциях с радиоактивными ядрами. Образование сверхтяжелых элементов. Влияние кулоновского барьера на ядерные реакции. Реакции прямого действия. Нуклеосинтез и Вселенная Образование элементов в звездах типа Солнца. r- и s-процессы в ядерном нуклосинтеза. Образование тяжелых элементов при взрывах Сверхновых. Кварк-глюонная материя Фазовая диаграмма. Образование адронов при охлаждении кварк-глюонной материи. Указания на образование кварк-глюонной материи в ультрарелятивистских столкновениях тяжелых ионов.

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 представлениями 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)
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, СК-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, СК-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, СК-8, КИ-15
ОПК-3	З-ОПК-3	Э, СК-8, КИ-15

	У-ОПК-3	Э, СК-8, КИ-15
	В-ОПК-3	Э, СК-8, КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, СК-8, КИ-15
ПК-13	З-ПК-13	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-13	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-13	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
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
ПК-5	З-ПК-5	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, СК-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-6	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-6	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
60-64			

			программного материала.
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 Е 60 Введение в релятивистскую ядерную физику : учебное пособие, Стриханов М. Н. , Тимошенко С. Л., Емельянов В. М., Москва: Физматлит, 2004
2. ЭИ К 20 Введение в физику ядра и частиц : учебное пособие, Капитонов И. М., Москва: Физматлит, 2010
3. ЭИ С 86 Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для вузов, Строковский Е. А., Москва: Юрайт, 2023
4. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, Мухин К.Н., : Лань, 2008
5. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, Мухин К.Н., : Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Т16 Fundamentals of Nuclear Physics : , Takigawa, Noboru. , Washiyama, Kouhei. , Tokyo: Springer Japan, 2017
2. 539.1 А 92 Атомные ядра вблизи границы нуклонной радиоактивности : учеб. пособие, Федоров Н.А. [и др.], Москва: Университетская книга, 2015
3. 52 И97 Нуклеосинтез во Вселенной : учебное пособие для вузов, Тутынь И.А., Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Москва: Либроком, 2013
4. 539.1 Э77 Пионы и ядра : , Эрикссон Т., Вайзе В., М.: Наука, 1991
5. 539.1 Р 15 Радиоактивность атомных ядер : учеб. пособие, Федоров Е.Г. [и др.], Москва: КДУ, 2017
6. 539.1 Р 15 Радиоактивные распады атомных ядер : учеб. пособие, Мерзук Б. [и др.], Москва: КДУ, 2018

7. ЭИ Г95 Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

8. ЭИ Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

9. 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.