

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по учебной работе

Ф.Д. Кодзоева

« 30 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.07.06 Физика атомного ядра и элементарных частиц

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2022

Цели освоения дисциплины

Курс «Физика атомного ядра и элементарных частиц» - заключительный раздел цикла дисциплин «Общая физика» и имеет целью представление теории ядра и частиц как обобщение результатов физических экспериментов и теоретических представлений о свойствах микрообъектов. Специфика курса связана с необходимостью изложения большого фактического материала, подчас непривычного. Это раздел формирующейся науки, теория которой далека от завершения. Для усвоения курса необходимо знание основ квантовой механики. Тематически курс состоит из трех частей: физика ядра, физика частиц и взаимодействий и в завершающих лекциях излагаются представления о строении Вселенной, эволюции звезд и космических лучах. Основной задачей курса является систематическое знакомство с перечисленными вопросами. Любой раздел общего курса физики базируется на сведениях, полученных экспериментально. Необходимо помнить, что процесс открытия новых ядер и частиц, уточнения их характеристик и ряда принципиальных констант, по существу непрерывен.

Цель дисциплины – ознакомление студентов с современными представлениями о свойствах и структуре ядер и элементарных частиц.

Задача дисциплины – после изучения курса студент должен хорошо представлять современную картину микромира- мира ядер, внутриядерных процессов, мира элементарных частиц.

Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326)
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в	A	Педагогическая деятельность по проектированию и	б	Общепедагогическая функция. Обучение	A/01.6	б

дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)		реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования		Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
01 Образование	Педагогический	Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО	Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО
06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	Научно-исследовательский	Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем	Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях и сферах цифровой экономики

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к модулю «Общая физика» обязательной части цикла (Б1.О.07.06).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Данный курс формирует у студентов квантово-механическое мышление, фундаментальные теоретические знания и практические навыки в области атомной физики. Особое значение дисциплины определяется возросшим удельным весом научных исследований и технологий в физике микромира в настоящее время. Будущий специалист должен четко представлять: что в проблемах: связанных со свойствами микромира, наглядность и классический подход оказываются непригодными и уступают место принципиально новым подходам.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами «Атомная физика», «Квантовая физика».

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) - Физика атомного ядра и элементарных частиц

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<p>УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними;</p> <p>УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта;</p> <p>УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;</p>	<p>Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;</p> <p>Уметь понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики;</p> <p>Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.</p>
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере профессиональной деятельности.	<p>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов</p>	<p>Знает физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и ограниченность применения физики к исследованию процессов и явлений в природе и обществе.</p> <p>Умеет использовать</p>

		<p>профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.</p>	<p>теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач, оценивает достоверность полученного решения задачи.</p> <p>Владеет навыками физических исследований, способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания.</p>
ПК -3	<p>готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований</p>	<p>ПК-3.1. Понимает физические основы методов и средства преобразования информации, обмен информацией на расстоянии с помощью радиоэлектронных средств и технологий.</p> <p>ПК-3.2. Владеет методологией математического моделирования физических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.</p> <p>ПК-3.3. Применяет цифровую технику при обработке данных при соблюдении основных требований информационной безопасности.</p> <p>ПК-3.4. Применяет современные информационные средства при подготовке данных при составлении обзоров, отчетов и научных публикаций.</p>	<p>Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований.</p> <p>Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований.</p> <p>Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований</p>

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)										Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)						
			Контактная работа					Самостоятельная работа					Форма промежуточной аттестации (по семестрам)						
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	иных курсовая работа (проект) др.	
1.	Раздел 1.																		
1.1	Введение. Возникновение и развитие физики атомного ядра и физики элементарных частиц.	6	2	1															
1.2.	Масштабы величин, характерные для физики атомного ядра.	6	5	1	1	2	1	1		4	4	+		+					
1.3.	Четыре типа взаимодействий в природе и их краткая характеристика.	6	5	1	2	2	1	1		5	4		+	+					
1.4.	Основные свойства элементарных частиц. Методы определения заряда, массы покоя, спинов и магнитных моментов ядер.	6	6	1	1	2	1	1		4	4		+	+					
1.5	Принципы классификации элементарных частиц. Частицы и поля.	6	5	1	1	2	1	2		4	4			+					
1.6	Квантовомеханическое описание нестабильных состояний.	6	6	1	2	2	1	1		4	4			+					
1.7	Законы сохранения в физике элементарных частиц. Частицы и античастицы.	6	5	1	1	2	1	1		4	4			+					
2	Раздел 2																		
2.1	Изотопический спин. Зарядовые мультиплеты. Закон сохранения изотопического спина.	6	6	1	1	2	1	1		4	4		+		+				

2.17	Реакция деления ядра. Ядерные колы. Принцип работы атомных электростанций. Бродерные реакторы.	6	5	1	1	2	1	1										
2.18	Термоядерные реакции синтеза. Критерий Лоусона.	6	5	1	1	2	1	1										
	<i>Курсовая работа (проект)</i>	6						*	*									
	Общая трудоемкость, в часах	180	126	36	36	54	27	27		10	17	Промежуточная						
												Форма						
												Зачет						
												Зачет с оценкой						
												Экзамен						+

4.2. Содержание тем дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

1. Введение. Возникновение и развитие физики атомного ядра и физики элементарных частиц.

2 Масштабы величин, характерные для физики атомного ядра. Характерные размеры, времена и энергии в физике атомного ядра и в физике элементарных частиц.

3. Четыре типа взаимодействий в природе и их краткая характеристика. Краткое сравнительное описание электромагнитного, ядерного сильного, ядерного слабого и гравитационного (сверхслабого) взаимодействий.

4. Основные свойства элементарных частиц: масса покоя, заряд спин, стабильность. Методы определения заряда, массы покоя. Методы определения спинов и магнитных моментов ядер (сверхтонкое взаимодействие, ядерный магнитный резонанс). Метод Раби определения магнитного момента протона и нейтрона. Аномальный магнитный момент протона и нейтрона.

5. Принципы классификации элементарных частиц. Частицы и поля. Фотон и другие кванты взаимодействия. Лептоны. Мезоны. Барионы. Мезонные и барионные резонансы. Элементарные и составные частицы. Кварки.

6. Квантовомеханическое описание нестабильных состояний. Рассматривается способ описания экспоненциально затухающих по времени состояний путем добавления к энергии мнимой добавки, имеющей смысл полуширины уровня энергии.

7. Законы сохранения в физике элементарных частиц. Связь симметрии квантовой системы с законами сохранения. Что такое операция симметрии в квантовой механике. Связь операции симметрии с оператором сохраняющейся величины (интегралом движения). Закон сохранения электрического заряда. Закон сохранения барионного заряда. Закон сохранения лептонного заряда. Частицы и античастицы. Закон сохранения

момента импульса. Закон сохранения энергии – импульса. Абсолютные и неабсолютные законы сохранения.

8. Изотопический спин. Зарядовые мультиплеты. Закон сохранения изотопического спина.

9. Странность. Понятие странности. Закон сохранения странности. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Гиперзаряд. Очарование, прелесть и правдивость. Законы сохранения очарования, прелести и правдивости. Обобщенная формула Гелл-Мавнна – Нишиджимы.

10. Четность. Понятие четности. Внутренние четности элементарных частиц.

Закон сохранения четности. Несохранение четности при слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. Несохранение комбинированной четности. СРТ – инвариантность.

11. Слабые взаимодействия. Бета распад. Основные экспериментальные данные по бетараспаду и элементарная теория бета распада Э. Ферми.

12. Квантование электромагнитного поля. Современная картина электромагнитного взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие двух заряженных частиц как результат обмена фотонами. Фотоны – кванты электромагнитного взаимодействия.

13. Сильное ядерное взаимодействие. Мезонная теория ядерных сил. Потенциал Юкавы. Мезоны – кванты сильного ядерного взаимодействия. Свойства ядерных сил.

14. Теории элементарных частиц. Теория Ферми – Янга. Теория Сакаты. Теория кварков. Свойства кварков. Мезоны и барионы – составные частицы, состоящие из кварков. Супермультиплеты. Магнитные моменты протона и нейтрона по кварковой теории.

15. Единая теория частиц и полей. Электрослабое объединение взаимодействий. Великое объединение. Нестабильность протона в единой теории.

16. Модель ядра – жидкой капли. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи ядра (формула Вайцзекера). Следствия из формулы Вайцзекера.

17. Модель ядерных оболочек. Понятие самосогласованного потенциала для нуклона в ядре. Обоснование выбора самосогласованного потенциала для нуклона в ядре и эмпирическая формула Э.Ферми для распределения вещества в ядре. Модель осцилляторной сферически симметричной потенциальной ямы для самосогласованного потенциала в ядре. Роль спинорбитального взаимодействия. Объяснение магических чисел.

18. Радиоактивность. Явление радиоактивности. Радиоактивные семейства. Уравнение радиоактивного распада. Постоянная распада и период полураспада.

19. Альфа распад. Основные экспериментальные данные по альфа-распаду и элементарная теория альфа распада.

20. Гамма превращения ядер. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра.

21. Эффективные сечения и выходы ядерных реакций. Зависимость эффективных сечений от энергии налетающих частиц в простейших случаях.

22. Модель составного ядра. Теория Н.Бора реакций, происходящих с образованием компаундов ядра. Формула Брейта – Вигнера.

23. Ядерные реакции. Краткий обзор различных типов ядерных реакций.

24. Реакция деления ядра. Ядерные колы. Принцип работы атомных электростанций. Бридерные реакторы.

25. Термоядерные реакции синтеза. Критерий Лоусона. Обзор различных способов осуществления термоядерных реакций синтеза.

5. Образовательные технологии

Содержание рабочей учебной программы	Применяемые технологии
Введение. Возникновение и развитие физики атомного ядра и физики элементарных частиц.	классическое традиционное; лекционное обучение
Масштабы величин, характерные для физики атомного ядра. Характерные размеры, времена и энергии в физике атомного ядра и в физике элементарных частиц.	классическое традиционное; лекционное обучение
Четыре типа взаимодействий в природе и их краткая характеристика. Краткое сравнительное описание электромагнитного, ядерного сильного, ядерного слабого и гравитационного (сверхслабого) взаимодействий.	классическое традиционное; лекционное обучение

<p>Основные свойства элементарных частиц: масса покоя, заряд спин, стабильность. Методы определения заряда, массы покоя. Методы определения спинов и магнитных моментов ядер (сверхтонкое взаимодействие, ядерный магнитный резонанс). Метод Раби определения магнитного момента протона и нейтрона. Аномальный магнитный момент протона и нейтрона.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Принципы классификации элементарных частиц. Частицы и поля. Фотон и другие кванты взаимодействия. Лептоны. Мезоны. Барионы. Мезонные и барионные резонансы. Элементарные и составные частицы. Кварки.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Квантовомеханическое описание нестабильных состояний. Рассматривается способ описания экспоненциально затухающих по времени состояний путем добавления к энергии мнимой добавки, имеющей смысл полуширины уровня энергии.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Законы сохранения в физике элементарных частиц. Связь симметрии квантовой системы с законами сохранения. Что такое операция симметрии в квантовой механике. Связь операции симметрии с оператором сохраняющейся величины (интегралом движения). Закон сохранения электрического заряда. Закон сохранения барионного заряда. Закон сохранения лептонного заряда. Частицы и античастицы. Закон сохранения момента импульса. Закон сохранения энергии – импульса. Абсолютные и неабсолютные законы сохранения.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Изотопический спин. Зарядовые мультиплеты. Закон сохранения изотопического спина.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Странность. Понятие странности. Закон сохранения странности. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Гиперзаряд. Очарование, прелесть и правдивость. Законы сохранения очарования, прелести и правдивости. Обобщенная формула Гелл-Манна – Нишиджимы.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Четность. Понятие четности. Внутренние четности элементарных частиц. Закон сохранения четности. Несохранение четности при слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. Несохранение комбинированной четности. СРТ – инвариантность.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Слабые взаимодействия. Бета распад. Основные экспериментальные данные по бетараспаду и элементарная теория бета распада Э. Ферми.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Квантование электромагнитного поля. Современная картина электромагнитного взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие двух заряженных частиц как результат обмена фотонами. Фотоны – кванты электромагнитного взаимодействия.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Сильное ядерное взаимодействие. Мезонная теория ядерных сил. Потенциал Юкавы. Мезоны – кванты сильного ядерного взаимодействия. Свойства ядерных сил.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>
<p>Теории элементарных частиц. Теория Ферми – Янга. Теория Сакаты. Теория кварков. Свойства кварков. Мезоны и барионы – составные частицы, состоящие из кварков. Супермультиплеты. Магнитные моменты протона и нейтрона по кварковой теории.</p>	<p>классическое традиционное; лекционное обучение</p>

Единая теория частиц и полей. Электрослабое объединение взаимодействий. Великое объединение. Нестабильность протона в единой теории.	классическое традиционное; лекционное обучение
Модель ядра – жидкой капли. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи ядра (формула Вайцзекера). Следствия из формулы Вайцзекера.	классическое традиционное; лекционное обучение
Модель ядерных оболочек. Понятие самосогласованного потенциала для нуклона в ядре. Обоснование выбора самосогласованного потенциала для нуклона в ядре и эмпирическая формула Э.Ферми для распределения вещества в ядре. Модель осцилляторной сферически симметричной потенциальной ямы для самосогласованного потенциала в ядре. Роль спинорбитального взаимодействия. Объяснение магических чисел.	классическое традиционное; лекционное обучение
Радиоактивность. Явление радиоактивности. Радиоактивные семейства. Уравнение радиоактивного распада. Постоянная распада и период полураспада.	классическое традиционное; лекционное обучение
Альфа распад. Основные экспериментальные данные по альфа распаду и элементарная теория альфа распада	классическое традиционное; лекционное обучение
Гамма превращения ядер. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра.	классическое традиционное; лекционное обучение
Эффективные сечения и выходы ядерных реакций. Зависимость эффективных сечений от энергии налетающих частиц в простейших случаях.	классическое традиционное; лекционное обучение
Модель составного ядра. Теория Н.Бора реакций, происходящих с образованием компаундов ядра. Формула Брейта – Вигнера.	классическое традиционное; лекционное обучение
Ядерные реакции. Краткий обзор различных типов ядерных реакций.	классическое традиционное; лекционное обучение
Реакция деления ядра. Ядерные колы. Принцип работы атомных электростанций. Бридерные реакторы.	классическое традиционное; лекционное обучение
Термоядерные реакции синтеза. Критерий Лоусона. Обзор различных способов осуществления термоядерных реакций синтеза.	классическое традиционное; лекционное обучение

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

Для получения глубоких и прочных знаний, твёрдых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

В рабочей программе предусмотрена самостоятельная работа для проработки лекционного (теоретического) материала при подготовке к контрольным мероприятиям (в частности к тестированию)

Основные свойства атомных ядер: ядро как совокупность протонов и нейтронов. 2.Масса и энергия ядра. 3. Энергия связи ядра. 4.Капельная модель, полуэмпирическая Вайцзекера для масс ядра. 5. Спин и магнитный момент ядра. 6. Квадрупольный электрический момент,

четность. 7. Магические числа, ядерные оболочки, обобщенная модель ядра. 8. Ядерные силы: радиус действия ядерных сил, зарядовая независимость от спин. 9. Свойство насыщения, обменный характер ядерных сил. 10. Структура дейтрона, форма потенциальной ямы. 11. Размеры дейтрона.

Модуль 2 1. Радиоактивность. Причины неустойчивости ядер. 2. Виды радиоактивного распада. Основные законы радиоактивного распада. 3. Альфа-распад. Туннельный эффект. 4. Энергетические спектры электронов при бета-распаде. 5. Гипотеза нейтрино. Открытие нейтрино. 6. Гамма-излучение ядер. Мультипольные гамма-переходы. 7. Внутренняя конверсия. Изомерия. Спонтанное деление ядер. Энергия активации. Протонная радиоактивность. Кластерный распад. 8. Взаимодействие излучения с веществом: взаимодействие заряженных частиц со средой. 9. Пробеги частиц. Радиационные потери энергии электронами. 10. Механизмы воздействия гамма-излучения с веществом. Взаимодействие нейтронов со средой. 11. Ядерные реакции. Общие закономерности. Законы сохранения. 12. Эффективные сечения ядерных реакций. Концепция составного ядра Бора. Резонансные реакции. Реакции между сложными ядрами. 13. Деление ядер. Основные закономерности. Цепная ядерная реакция. 14. Реактор. Коэффициент размножения. Типы реакторов. Реакторы на медленных нейтронах. Замедлители. Реакторы – размножители на быстрых нейтронах. 15. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. 16. Различные виды взаимодействия между частицами. Законы сохранения. 17. Модель кварков. Современные тенденции развития физики элементарных частиц. 18. Современные астрофизические представления. Вещество астрофизических объектов в экстремальных условиях (сверхвысокие давления и температуры). Представление о нейтронных звездах, пульсарах, черных дырах. 19. Космические лучи. Гипотезы о происхождении космических лучей.

Модуль 3 1. Статистический характер радиоактивного распада. Распределение Пуассона. 2. Активность изотопа. Способы измерения активности препарата. Единицы измерения активности. 3. Бета-распад. Спектры электронов. 4. Гипотеза нейтрино. 5. Спектры альфа-частиц. 6. Радиометрические способы измерения возраста изделий. 7. Понятие о дозиметрии. Единицы измерения доз. 8. Ускорители заряженных частиц. 9. Детекторы излучения (газонаполненные счетчики, фотоэлектронные умножители, полупроводниковые детекторы, пузырьковые и искровые камеры и др.)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Радиоактивность. Причины неустойчивости ядер.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием	выполнение лабораторных работ	1,2,3,5	7
2	Виды радиоактивного распада. Основные законы радиоактивного распада.	Коллоквиум; доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы	коллоквиум	1,2,3,5	7
3	Альфа-распад. Туннельный эффект.	подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы;	выполнение лабораторных работ, тесты.	1,2,3,4	7
4	Энергетичес	работа над конспектом	выполнение	1,2,3,4	7

	кие спектры электронов при бета-распаде	лекции; лабораторные занятия с оборудованием, самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов	лабораторных работ, тесты		
5	Гипотеза нейтрино. Открытие нейтрино.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	коллоквиум	1,2,3,4	7
6	Гамма-излучение ядер. Мультипольные гамма-переходы.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; написание реферата	выполнение лабораторных работ	1,2,3,4	7
7	Спектры альфа-частиц.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; подготовка доклада к конференции	выполнение лабораторных работ, проверка рефератов	1,2,3,4	7
8	Радиометрические способы измерения возраста изделий.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; коллоквиум	Коллоквиум. реферат	1,2,3,4	4
9	Понятие о дозиметрии. Единицы измерения доз.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; написание реферата;	выполнение лабораторных работ	1,2,3,4	4
10	Ускорители заряженных частиц.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; подготовка доклада к конференции	доклад на конференции	1,2,3,4	4
11	Детекторы излучения (газонаполненные счетчики, фотоэлектронные умножители, полупроводниковые детекторы,	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	выполнение лабораторных работ, тесты	1,2,3,4	4

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	37	Экзамен
2	Подготовка к практическим занятиям	14	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы.
3	Подготовка к лабораторным работам	19	Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум, контрольная работа	Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
2	Коллоквиум, контрольная работа	Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости.	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
3	Коллоквиум, тесты	Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля.	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
4	Коллоквиум, тесты	Физические принципы квантовой механики	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
5	Коллоквиум, тесты	Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Принцип суперпозиции. Оператор проекции импульса. Собственные функции, собственные значения и их физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энергии. Операторы координаты, потенциальной энергии.	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
6	Коллоквиум,	Гамильтониан. Стационарное уравнение	УПК-2; ОПК-1, ПК-3

	тесты	Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции.	
7	Коллоквиум, контрольная работа	Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тожественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.	УПК-2; ОПК-1, ПК-3
8	Коллоквиум, контрольная работа	Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры.	УПК-2; ОПК-1, ПК-3

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Физика атома и атомных явлений».

Организация итоговой аттестации с критериями оценивания:

Осуществляется в форме экзамена, на котором проверяются знания основных вопросов по (тематика дисциплины).

Оценка "отлично" ставится в случае, если студент покажет глубокое, исчерпывающее понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, продемонстрирует умения анализировать ситуации, релевантные задачам его профессиональной квалификации.

Оценка "хорошо" ставится в случае, если студент владеет знаниями теории и практики, показывает достаточное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, но имеет некоторые недостатки в ответах.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если отвечающий показывает твердое знание и понимание вопросов программы, но ответы содержат несущественные ошибки и неточности, при ответах рекомендованная литература использована недостаточно.

Оценка "неудовлетворительно" ставится в случае, если имеет место неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов, неуверенные неточные ответы на дополнительные вопросы.

Экзаменационные вопросы по дисциплине «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

1. Фундаментальные частицы Стандартной модели.
 1. Законы сохранения.
 2. Частицы и античастицы.
 3. Резонансные частицы.
 4. Электромагнитные взаимодействия. Структура нуклона.
 5. Изоспин. Изоспиновые мультиплеты.
 6. Странность. Рождение и распад странных частиц.
 7. Сильные взаимодействия. Кварки. Глюоны. Цвет.
 8. Кварковая структура адронов. Барионы. Мезоны.
 9. Слабые взаимодействия. Промежуточные бозоны.
 10. Слабые распады лептонов и кварков.
 11. Состав и размер ядра. N-Z диаграмма атомных ядер.

12. Масса и энергия связи ядра. Формула Вайцзеккера.
13. Радиоактивный распад ядер. Законы радиоактивного распада ядра.
14. Альфа-распад. Кулоновский и центробежный барьеры.
15. Бета-распад. Экспериментальное обнаружение (анти)нейтрино.
16. Гамма-переходы в ядрах. Электрические и магнитные гамма-переходы.
17. Связанное состояние нейтрона и протона.
18. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
19. Мезонная теория ядерных сил.
20. Модель ядерных оболочек.
21. Ядерные реакции законы сохранения, кинематика.
22. Механизмы ядерных реакций. Прямые реакции. Составное ядро.
23. Деление ядер.
24. Пространственная инверсия. P-четность.
25. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. CP-инверсия.
26. Обращение времени. CPT-теорема.
27. Объединение взаимодействий.
28. Ядерные реакции. Краткий обзор различных типов ядерных реакций.
29. Реакция деления ядра. Ядерные колы.
30. Термоядерные реакции синтеза.
31. Критерий Лоусона. Обзор различных способов осуществления термоядерных реакций
32. синтеза.
33. Принцип работы атомных электростанций. Бридерные реакторы.
34. Масштабы величин, характерные для физики атомного ядра..
35. Основные свойства элементарных частиц
36. Методы определения спинов и магнитных моментов ядер
37. Принципы классификации элементарных частиц.
38. Теории элементарных частиц.
39. Модель составного ядра. Теория Н.Бора реакций, происходящих с образованием
40. компаунд ядра. Формула Брейта – Вигнера.
41. Эффективные сечения и выходы ядерных реакций.
42. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление и радиационный захват нейтрона в процессе диффузии.
43. Ядерные реакции. Основные определения и характеристики.
44. Законы сохранения в ядерных реакциях. Экзотермические и эндотермические реакции.
45. Различные механизмы в ядерных реакциях.
46. Составное ядро. Концепция Н.Бора. Сечение образования составного ядра. Вероятность распада составного ядра.
47. Ядерные реакции на нейтронах. Резонансные явления.
48. Особенности ядерных реакций с многозарядными ионами (Z^2).
49. Деление атомных ядер. Процессы, происходящие при делении ядер урана.
50. Трансурановые элементы. Способы получения и свойства ядер.
51. Жидкокапельная модель ядра. Формула Вайцзеккера для вычисления энергии связи и массы ядер.
52. Магические числа и модель ядерных оболочек.
53. Цепная ядерная реакция деления (взрыв и управляемый процесс).
54. Ядерный реактор (коэффициент размножения, гомогенные и гетерогенные реакторы, критические параметры).
55. Определение понятия «элементарная частица» (эч). Способы получения и наблюдения эч.
56. Силы в природе. Типы взаимодействия элементарных частиц.

57. Классификация элементарных частиц по спину (фермионы и бозоны), по времени жизни (стабильные квазистабильные и резонансы).

58. Группы частиц и античастиц (переносчики взаимодействия, лептоны, адроны: мезоны и барионы).

59. Законы сохранения при рождении и распаде элементарных частиц. Новые квантовые числа: барионный заряд B , лептонные заряды L_e , L_μ и L_τ , странность S , шарм C , красота b и др.

60. Кварковая модель адронов. Кварки верхние (u, c, t) с зарядом $(+2/3e)$ и нижние (d, s, b) с эл.зарядом $(-1/3e)$. Квантовое число «цвет».

61. Статистический характер радиоактивного распада. Распределение Пуассона.

62. Сцинтилляционные детекторы излучений

63. Ионизационные камеры и газоразрядные счетчики.

64. Полупроводниковые поверхностно барьерные детекторы заряженных частиц.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Свойства ядер. Модели атомных ядер.

2. Распады и реакции.

3. Фундаментальные частицы и взаимодействия.

4. Электромагнитные и слабые взаимодействия частиц. Распады.

5. Эксперименты в физике частиц при изучении разных типов взаимодействий.

6. Способы измерения масс частиц и ядер.

7. Структура материи.

8. Ядерные модели.

Тестовые задания

1. Протон с кинетической энергией $T = 2$ МэВ налетает на не подвижное ядро $^{197}_{79}\text{Au}$.

Определить дифференциальное сечение рассеяния $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ на угол $\Theta = 60^\circ$. Как изменится величина дифференциального сечения рассеяния, если в качестве рассеивающего ядра выбрать $^{27}_{13}\text{Al}$?

2. Золотая пластинка толщиной $l = 0,1$ мм облучается пучком α -частиц с плотностью потока $j = 10^3$ частиц/см²·с. Кинетическая энергия α -частиц $T = 5$ МэВ. Сколько α -частиц на единицу телесного угла падает в секунду на детектор, расположенный под углом $\Theta = 170^\circ$ к оси пучка? Площадь пятна пучка на мишени $S = 1$ см².

3. При упругом рассеянии электронов с энергией $T = 750$ МэВ на ядрах $^{40}_{20}\text{Ca}$ в сечении наблюдается дифракционный минимум под углом $\Theta_{\min} = 18^\circ$. Оценить радиус ядра $^{40}_{20}\text{Ca}$.

4. Оценить плотность ядерной материи.

5. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939,6$ МэВ и $m_p = 938,3$ МэВ. Определить массу ядра ^2_1H в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(^2_1\text{H}) = 2,2$ МэВ.

6. Массы нейтральных атомов в а.е.м.: $^{16}_8\text{O} - 15,9949$, $^{15}_8\text{O} - 15,0030$, $^{15}_7\text{N} - 15,0001$. Чему равны энергии отделения нейтрона и протона в ядре $^{16}_8\text{O}$?

7. Считая, что разность энергий связи зеркальных ядер определяется только различием энергий кулоновского отталкивания в этих ядрах, вычислить радиусы зеркальных ядер $^{23}_{11}\text{Na}$ и $^{23}_{12}\text{Mg}$.

8. Известно, что внутренний электрический квадрупольный момент Q_0 ядра $^{175}_{71}\text{Lu}$ равен $+5,9$ Фм². Какую форму имеет это ядро? Чему равен параметр деформации этого ядра?

9. Определить значения изоспинов I основных состояний ядер изотопов углерода - $^{10}_6\text{C}$, $^{11}_6\text{C}$, $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$.

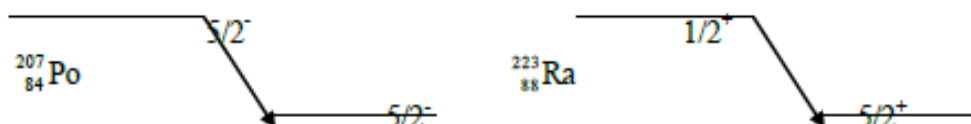
10. На основании одночастичной модели оболочек определить значения спинов и четностей J^P основных состояний изотопов кислорода $^{15}_8\text{O}$, $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$.

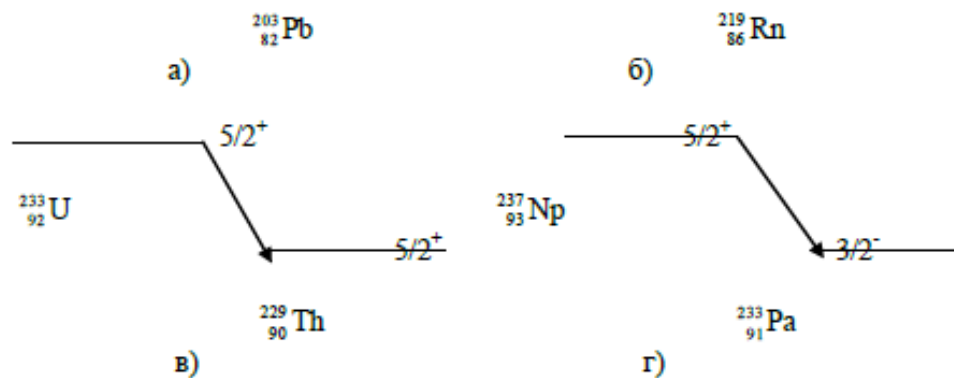
11. Активность препарата $^{32}_{15}\text{P}$ равна 2 мкКи. Сколько весит такой препарат? Период полураспада $T_{1/2}$ для $^{32}_{15}\text{P}$ равен 14,5 суток.

12. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного йода $^{131}_{53}\text{I}$ в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа $^{131}_{53}\text{I}$ равен 193 часам.

13. Определить энергию W , выделяемую 1 мг препарата $^{210}_{84}\text{Po}$ за время, равное среднему времени жизни, если при одном акте распада выделяется энергия $\varepsilon = 5,4$ МэВ.

14. Определить орбитальный момент l , уносимый α -частицей в следующих распадах:





15. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β -распаде ядра $^{27}_{14}\text{Si}$. Масса атома $^{27}_{14}\text{Si}$ равна 25137,961 МэВ, а $^{27}_{13}\text{Al}$ – 25133,150 МэВ.

16. Определить энергию отдачи ядра ^7_3Li , образующегося при e -захвате в ядре ^7_4Be . $E_{\text{ca}}(^7_4\text{Be}) = 37,6$ МэВ, $E_{\text{ca}}(^7_3\text{Li}) = 39,3$ МэВ.

17. Энергии связи ядер $^{114}_{48}\text{Cd}$, $^{114}_{49}\text{In}$ и $^{114}_{50}\text{Sn}$ равны соответственно 972,63 МэВ, 970,42 МэВ и 971,61 МэВ. Определить возможные виды β -распада ядра $^{114}_{49}\text{In}$.

18. Определить типы и мультипольности γ -переходов:

1) $1^- \rightarrow 0^+$, 2) $1^+ \rightarrow 0^+$, 3) $2^- \rightarrow 0^+$, 4) $2^+ \rightarrow 3^-$, 5) $2^+ \rightarrow 3^+$, 6) $2^+ \rightarrow 2^+$.

19. Определить пороговое значение энергии γ -кванта в реакции фоторождения π^0 -мезона на протоне - $\gamma + p \rightarrow p + \pi^0$. Масса π^0 -мезона $m_{\pi} = 134,98$ МэВ.

20. Рассчитать энергии и пороги реакций $^{32}_{16}\text{S}(\gamma, p)^{31}_{15}\text{P}$ и $^4_2\text{He}(\alpha, p)^7_3\text{Li}$. Массы – протона $m_p = 1,00728$ а.е.м., ядер $M(^4_2\text{He}) = 4,00151$ а.е.м., $M(^7_3\text{Li}) = 7,01436$ а.е.м., $M(^{31}_{15}\text{P}) = 30,96553$ а.е.м., $M(^{32}_{16}\text{S}) = 31,96329$ а.е.м.

21. Исходя из схемы протекания реакций $p + ^{19}_9\text{F} \rightarrow ^{20}_{10}\text{Ne}^0(1^+) \rightarrow ^{16}_8\text{O}(3^-) + \alpha$, определить орбитальный момент захваченного протона.

22. Исходя из модели оболочек оценить отношение сечений реакций $^{16}_8\text{O}(p, d)^{15}_8\text{O}$ с образованием конечного ядра в основном состоянии и в состоянии ($J^P = 3/2^-$). Предполагается прямой механизм реакций.

23. Найти ширины Γ возбужденных состояний ядра $^{57}_{26}\text{Fe}$, если их средние времена жизни составляют: $t(5/2^-) = 0,8 \cdot 10^{-8}$ с, $t(3/2^-) = 10^{-7}$ с. Возможно ли резонансное поглощение γ -квантов, излучаемых при переходах из этих состояний, покоящимся ядром $^{57}_{26}\text{Fe}$?

24. Определить величину суммарной кинетической энергии π -мезонов $T_{\Sigma\pi}$, образующихся при распаде покоящегося K^+ -мезона: $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$. Массы покоя частиц в энергетических единицах: $m_K = 493,646$ МэВ, $m_{\pi^{+-}} = 139,658$ МэВ.

25. Определить частицы X, образующиеся в реакциях сильного взаимодействия: 1) $\pi^- + p \rightarrow K^+ + p + X$, 2) $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^0 + X$, 3) $p + p \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$.

26. Могут ли реакции $\pi^+ + p \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^+$ и $\pi^+ + p \rightarrow \Delta^{++} + \pi^0$ происходить в результате сильного взаимодействия.

27. Какие из приведенных ниже реакций под действием антинейтрино возможны, какие запрещены и почему: 1) $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow \pi^+ + \mu^+$; 2) $\bar{\nu}_e + n \rightarrow p + \mu^-$; 3) $\bar{\nu}_e + n \rightarrow p + \mu^-$.

28. Построить из кварков следующие частицы: p, n, Λ , Σ^0 , Ξ^0 , Ω^- .

29. Нарисовать кварковые диаграммы взаимодействий p-p, n-p, p-n.

30. Показать, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура Δ^{++} , Δ^- , Ω^- противоречит принципу Паули.

31. Проверить выполнение законов сохранения и построить кварковые диаграммы реакций, происходящих в результате сильного взаимодействия: 1) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$; 2) $p + p \rightarrow \Omega^- + \Omega^-$; 3) $\pi^+ + \pi^- \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^+$.

32. Нарисовать основные диаграммы Фейнмана для следующих процессов: 1) рассеяние электрона на электроне; 2) эффект Комптона; 3) электрон-позитронная аннигиляция; 4) фотоэффект в кулоновском поле ядра; 5) образование электрон-позитронной пары в кулоновском поле ядра. Какие виртуальные частицы участвуют в этих процессах?

33. Оценить отношение сечений двух- и трехфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары.

34. Какие из перечисленных ниже четырех способов распада K^+ -мезона возможны? Для разрешенных нарисовать диаграммы, для запрещенных указать причину запрета.

$$1) K^+ \rightarrow \pi^+ + e^+ + e^-;$$

$$3) K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e;$$

$$2) K^+ \rightarrow e^+ + \nu_e;$$

$$4) K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0.$$

35. Как меняются при операции обращения времени следующие величины: импульс, момент количества движения, энергия, векторный и скалярный потенциалы, напряженность электрического и магнитного поля?

36. π^+ -мезон распадается в состоянии покоя. Нарисовать импульсы и спины частиц, образующихся в результате распада π^+ -мезона $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$. Совершить C-, P-, CP-, T- и CPT-преобразования этого распада.

37. Оценить поток солнечных нейтрино на поверхности Земли, учитывая, что светимость Солнца $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с и выделение солнечной энергии происходит в основном в реакциях водородного цикла:

$$p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e \quad (\text{энергия реакции } Q = 0,42 \text{ МэВ}),$$

$$d + p \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma \quad (Q = 5,49 \text{ МэВ})$$

$${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2p \quad (Q = 12,86 \text{ МэВ})$$

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1. Учебная литература:

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов: [в 5 т.]. Т. 5 : Атомная и ядерная физика / Д. В. Сивухин. - 2-е изд.; стер. - Москва: Физматлит: Московский Физико-технический ин-т, 2008. - 782 с.
2. Ишханов, Б.С., И.М. Капитонов, Н. П. Юдин. Частицы и атомные ядра, М., Издательство ЛКИ, 2007
3. Капитонов И. М. Введение в физику ядра и частиц. Москва: Физмалит, 2010. <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503>
4. Бондарев Б.В., Калашников Н.П., Спирин Г.Г. Курс общей физики 2: Электродинамика Оптика Квантовая физика. М.: Юрайт, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика, Москва. Наука, 1979. 2. Рокобольская И.В. Ядерная физика. Издат. МГУ, 1962.
6. Н.Г. Гончарова, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Э.И. Кэбин, М.Е. Степанов. "Физика ядра и частиц. Задачи с решениями", М., Из-во УНЦДО, 2003

Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Консультант»

6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

1. ФПЭ-03. Установка для определения длины пробега альфа частиц
2. ФПК- 05. Установка для изучения бета активности.
3. ФПК – 12. Установка для изучения работы сцинтиляционного счетчика.

Рабочая программа дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 920.

Программу составил: ст. преподаватель кафедры «Физика» М. Б. Батыжев

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 10 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «22» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета
Протокол № 10 от « 29 » июня 2022 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой