

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Ядерная физика»

**Специальность**  
«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

**Основная профессиональная образовательная программа**  
«Системы контроля и управления атомных станций»

**Квалификация выпускника**  
Инженер-физик

**Форма обучения**  
Очная

## **Цель освоения дисциплины**

**Целью изучения дисциплины** является формирование у студентов представлений, знаний, умений и навыков в области ядерной физики, необходимых для производственной, научно-исследовательской и проектной деятельности специалиста.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- формирование научного мировоззрения и современного физического мышления;
- овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики;
- формирование умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности.

## **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

В курсе кратко изложены основные положения физики атомного ядра и элементарных частиц. В частности, рассмотрены основные свойства атомного ядра; основные виды радиоактивности, законы простого и сложного радиоактивного распада; приведены общие закономерности ядерных взаимодействий. Основное внимание уделено элементарной теории деления и синтеза атомных ядер. Рассматриваются современные достижения в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

Изучение дисциплины «Ядерная физика» требует основных компетенций, знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплинам: математика; атомная физика; квантовая механика, химия.

В ходе изучения атомной физики обучающийся получает знания, умения и навыки для успешного изучения следующих дисциплин:

- ядерные энергетические реакторы;
- физика ядерных реакторов;
- теория переноса нейтронов
- датчики и детекторы физических установок.

## **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	З-УК-1 Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее

		достижения, разработки стратегий действий
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования поставленных задачах	<p>З -УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p> <p>У- УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи.</p> <p>В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами.</p>

#### Общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<p>З-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико- математический аппарат</p> <p>В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов</p>

#### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование психологической готовности к профессионально	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального	1.Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими

	й деятельности по избранной профессии <b>(B15)</b>	модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.	специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности <b>(B16)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования инженерного мышления и инженерной культуры за счёт практических студенческих исследований современных производственных систем; проектной деятельности студентов по разработке и оптимизации технологических систем, связанной с решением реальных производственных задач; прохождения через разнообразные игровые, творческие, фестивальные формы, требующие анализа сложного объекта, постановки относительно него преобразовательных задач для их оптимального решения.	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 6-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. часа.

### Календарный план

№ раздела	№ темы	Наименование раздела/темы дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1	<b>Атомное ядро</b> Основные характеристики атомных ядер	16	4	4	4	4	Т1	30
	2	Радиоактивный распад	14	2	8	2	2		
	3	Альфа-распад	12	2	4	2	4		
	4	Бета-распад	14	4	4	2	4		
	5	Гамма-излучение ядер	12	2	4	2	4		
	6	Экзотические виды радиоактивного распада	8	2	-	-	6		
2	7	<b>Ядерные взаимодействия</b> Общие сведения о ядерных взаимодействиях	8	2	-	2	4	Т2	30
	8	Ядерные реакции с тяжелыми ядрами	6	2	-	-	4		
	9	Ядерные реакции под действием заряженных частиц	6	2	-	-	4		
	10	Термоядерные реакции	8	2	-	-	6		
	11	Фотоядерные взаимодействия	12	2	4	-	6		
	12	Взаимодействия нейтронов с ядрами	8	2	-	-	6		
	13	Деление атомных ядер	8	2	-	-	6		
	14	Активация материалов	12	2	4	2	4		
		Экзамен							40
<b>ИТОГО</b>			<b>144/ 16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16/16</b>	<b>64</b>		<b>100</b>

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>Основные характеристики атомных ядер.</b> Состав, структура, обозначения ядер. Размеры и форма ядер. Массовое число и заряд. Характеристики нейтронов и протонов. Масса и энергия связи. Виды энергии связи. Энергия связи всех нуклонов. Удельная энергия связи. Энергии связи отдельных нуклонов. Формула Вайцеккера и ее анализ. Другие формулы для масс ядер. Дефект массы. Выражение энергий связи и дефекта массы через декременты массы. Условия устойчивости ядер. Стабильные и нестабильные нуклиды. Таблица нуклидов и ее основные особенности. Энергетические состояния ядер и их	4	1-6

характеристики. Момент количества движения (спин) ядра. Магнитный момент ядра. Электрический квадрупольный момент ядра. Изобарический спин. Четность.		
<b>Радиоактивный распад.</b> Открытие радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада. Константа распада, период полураспада, среднее время жизни ядер и связь между ними. Активность. Превращения элементов при радиоактивном распаде. Правило сдвига Фаянса и Содди. Цепочки последовательных распадов. Радиоактивные семейства. Количественное описание изменения числа ядер каждого члена цепочки во времени. Анализ цепочки из двух радиоактивных нуклидов. Радиоактивное равновесие.	2	1-6
<b>Альфа-распад.</b> Природа альфа-частиц. Превращения ядер при альфа- распаде. Энергия альфа - распада. Распределение энергии между альфа- частицей и ядром отдачи. Условие устойчивости по отношению к альфа-распаду. Области альфа-активных ядер. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Энергии альфа - распада различных ядер. Периоды полураспада. Закон Гейгера-Неттола. Связь между энергиями альфа - распада и массовыми числами ядер. Кулоновский барьер и энергии альфа-частиц. Энергетические спектры альфа-частиц. Основы теории альфа - распада.	2	1-6
<b>Бета-распад.</b> Основные свойства бета-частиц. Превращения ядер при бета-распаде. Энергия бета-распада. Условия устойчивости ядер по отношению к бета-распаду. Области бета-нестабильных ядер. Вылет нуклонов при бета-распаде. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Значения энергий бета-распада. Периоды полураспада бета-активных ядер. Бета-распад свободных нейтронов. Энергетические спектры бета-частиц. Изменение спинов ядер при бета-распаде. Нейтрино. Правила отбора для разрешенных бета - переходов. Запрещенные бета -переходы. Несохранение четности при бета-распаде.	4	1-6
<b>Гамма-излучение.</b> Гамма - кванты (фотоны). Область гамма-излучения на шкале длин электромагнитных волн. Ядерные процессы, при которых возникают гамма – кванты Энергетические спектры гамма - квантов. Взаимодействие гамма - квантов с веществом. Понятие мультипольности электромагнитного излучения. Правила отбора. Примеры использования правил отбора. Внутренняя конверсия электромагнитных переходов. Механизм внутренней конверсии. Условия возможности внутренней конверсии. Коэффициенты внутренней конверсии. Внутренняя конверсия при 0 - 0 переходах. Ядерная изомерия. Эффект Мессбауэра.	2	1-6
<b>Экзотические виды радиоактивного распада.</b> Протонная радиоактивность. Двухпротонная радиоактивность. Нейтронная радиоактивность. Кластерная радиоактивность.	2	1-6
<b>Общие сведения о ядерных взаимодействиях.</b> Разновидности ядерных взаимодействий. Запись ядерных реакций. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Основные характеристики ядерных реакций.	2	1-6

Выход. Эффективное сечение. Дифференциальные сечения. Угловые и энергетические распределения вторичных частиц. Энергия реакции. Экзоэнергетические и эндоэнергетические реакции. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов.		
<b>Ядерные реакции с тяжелыми ядрами.</b> Составное ядро. Условия применимости понятия составного ядра. Концепция Бора. Два этапа ядерной реакции. Сечение контакта. Коэффициент прилипания. Сечение образования составного ядра. Эффективное сечение реакции. Описание образования и распада составного ядра. Каналы ядерной реакции. Формула Брайта-Вигнера.	2	1-6
<b>Ядерные реакции под действием заряженных частиц.</b> Ядерные реакции под действием альфа-частиц. Сравнение реакций $(\alpha, n)$ и $(\alpha, p)$ . Типичные примеры реакций $(\alpha, n)$ . Использование реакций $(\alpha, n)$ для получения нейтронов. Конструкция и основные параметры источников нейтронов. Ядерные реакции под действием дейтронов. Энергии реакций $(d, n)$ . Использование реакций $(d, n)$ для получения нейтронов. Разрыв дейтронов в поле ядра. Реакции срыва при больших энергиях. Ядерные реакции под действием протонов. Энергии реакций $(p, n)$ . Использование реакций $(p, n)$ для получения нейтронов.	2	1-6
<b>Термоядерные реакции.</b> Термоядерные реакции в звездах. Вопрос об источниках энергии излучения звезд. Параметры Солнца. Принципиальная возможность реакций ядерного синтеза в недрах звезд. Водородный и углеродный циклы Бете. Интенсивность «сгорания» водорода на Солнце. Поток нейтрино от Солнца. Осуществление реакций синтеза в земных условиях. Перспективы использования термоядерных реакций в энергетике.	2	1-6
<b>Фотоядерные взаимодействия.</b> Общие сведения о фотоядерных взаимодействиях. Фотоядерные реакции и рассеяние фотонов ядрами. Открытие первой фотоядерной реакции. Типы фотоядерных реакций. Энергия реакции. Пороговая энергия. Экспериментальные методы исследований фотоядерных взаимодействий. Источники фотонов: радиоактивные элементы, ускорители протонов и электронов, ядерные реакторы. Фоторасщепление дейтрона. Прямой ядерный фотоэффект. Гигантский дипольный резонанс (ГДР) и зависимость его параметров от массового числа.	2	1-6
<b>Взаимодействия нейтронов с ядрами.</b> Открытие нейтронов и их основные свойства. Радиационный захват нейтронов. Нейтронные реакции с вылетом заряженных частиц. Нейтронные реакции с вылетом нескольких частиц. Прохождение нейтронов через вещество. Характеристики нейтронных полей. Замедление нейтронов. Диффузия тепловых нейтронов.	2	1-5
<b>Деление атомных ядер.</b> Открытие процесса деления ядер. Механизм процесса деления. Спонтанное деление. Освобождение энергии при делении. Эффективные сечения деления. Осколки деления. Вторичные нейтроны деления. Мгновенное гамма-излучение при делении.	2	1-5

<b>Активация материалов.</b> Открытие искусственной радиоактивности. Методы получения искусственных радионуклидов. Активация. Изменения при активации активности образцов во времени.	2	1-5
--	---	-----

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Размеры, заряды, массы и энергии ядер.	4	МУ
Основные закономерности радиоактивного распада.	2	МУ
Альфа-распад.	2	МУ
Бета-распад	2	МУ
Гамма-излучение ядер	2	МУ
Энергетические характеристики ядерных реакций. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов. Выход реакции. Эффективное сечение.	2	МУ
Активация вещества при различных ядерных реакциях.	2	МУ

### Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторных работ.	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
Изучение космических лучей	4	МУ
Изучение работы сцинтилляционного счетчика	4	МУ
Изучение свойств и определение максимальной энергии бета-распада	4	МУ
Исследование треков ионизирующих частиц в высокотемпературной диффузионной камере	4	МУ
Определение периода полураспада радиоактивного долгоживущего изотопа	4	МУ
Эффект Комптона	4	МУ
Рассеяние альфа-частиц веществом. Опыт Резерфорда	4	МУ
Определение энергии Альфа-частиц по длине пробега в воздухе	4	МУ

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3



<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Состав, структура, обозначения ядер. Размеры и форма ядер. Массовое число и заряд. Характеристики нейтронов и протонов. Масса и энергия связи. Виды энергии связи. Энергия связи всех нуклонов. Удельная энергия связи. Энергии связи отдельных нуклонов. Формула Вайцеккера и ее анализ. Другие формулы для масс ядер. Дефект массы. Выражение энергий связи и дефекта массы через декременты массы. Условия устойчивости ядер. Стабильные и нестабильные нуклиды. Таблица нуклидов и ее основные особенности. Энергетические состояния ядер и их характеристики. Момент количества движения (спин) ядра. Магнитный момент ядра. Электрический квадрупольный момент ядра. Изобарический спин. Четность.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Размеры, заряды, массы и энергии ядер.</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Открытие радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада. Константа распада, период полураспада, среднее время жизни ядер и связь между ними. Активность. Превращения элементов при радиоактивном распаде. Правило сдвига Фаянса и Содди. Цепочки последовательных распадов. Радиоактивные семейства. Количественное описание изменения числа ядер каждого члена цепочки во времени. Анализ цепочки из двух радиоактивных нуклидов. Радиоактивное равновесие.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Основные закономерности радиоактивного распада.</p>	2	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Природа альфа-частиц. Превращения ядер при альфа- распаде. Энергия альфа - распада. Распределение энергии между альфа- частицей и ядром отдачи. Условие устойчивости по отношению к альфа-распаду. Области альфа-активных ядер. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Энергии альфа - распада различных ядер. Периоды полураспада. Закон Гейгера-Неттола. Связь между энергиями альфа - распада и массовыми числами ядер. Кулоновский барьер и энергии альфа-частиц. Энергетические спектры альфа- частиц. Основы теории альфа - распада.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Альфа-распад.</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Основные свойства бета-частиц. Превращения ядер при бета- распаде. Энергия бета-распада. Условия устойчивости ядер по отношению к бета-распаду. Области бета-нестабильных ядер. Вылет нуклонов при бета-распаде. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Значения энергий бета-распада. Периоды полураспада бета-активных ядер. Бета-распад свободных нейтронов. Энергетические спектры бета-частиц. Изменение спинов ядер при бета-распаде. Нейтрино. Правила отбора для разрешенных бета - переходов. Запрещенные бета -переходы. Несохранение четности при бета-распаде.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Бета-распад</p>	4	1-6

<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Гамма - кванты (фотоны). Область гамма-излучения на шкале длин электромагнитных волн. Ядерные процессы, при которых возникают гамма – кванты Энергетические спектры гамма - квантов. Взаимодействие гамма - квантов с веществом. Понятие мультипольности электромагнитного излучения. Правила отбора. Примеры использования правил отбора. Внутренняя конверсия электромагнитных переходов. Механизм внутренней конверсии. Условия возможности внутренней конверсии. Коэффициенты внутренней конверсии. Внутренняя конверсия при 0 – 0 переходах. Ядерная изомерия. Эффект Мессбауэра.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Гамма-излучение ядер</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Протонная радиоактивность. Двухпротонная радиоактивность. Нейтронная радиоактивность. Кластерная радиоактивность.</p>	6	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Разновидности ядерных взаимодействий. Запись ядерных реакций. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Основные характеристики ядерных реакций. Выход. Эффективное сечение. Дифференциальные сечения. Угловые и энергетические распределения вторичных частиц. Энергия реакции. Экзоэнергетические и эндоэнергетические реакции. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Энергетические характеристики ядерных реакций. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов. Выход реакции. Эффективное сечение.</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Составное ядро. Условия применимости понятия составного ядра. Концепция Бора. Два этапа ядерной реакции. Сечение контакта. Коэффициент прилипания. Сечение образования составного ядра. Эффективное сечение реакции. Описание образования и распада составного ядра. Каналы ядерной реакции. Формула Брайта-Вигнера.</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Ядерные реакции под действием альфа-частиц. Сравнение реакций <math>(\alpha, n)</math> и <math>(\alpha, p)</math>. Типичные примеры реакций <math>(\alpha, n)</math>. Использование реакций <math>(\alpha, n)</math> для получения нейтронов. Конструкция и основные параметры источников нейтронов. Ядерные реакции под действием дейтронов. Энергии реакций <math>(d, n)</math>. Использование реакций <math>(d, n)</math> для получения нейтронов. Разрыв дейтронов в поле ядра. Реакции срыва при больших энергиях. Ядерные реакции под действием протонов. Энергии реакций <math>(p, n)</math>. Использование реакций <math>(p, n)</math> для получения нейтронов. Зависимость энергий нейтронов от угла вылета. Эффект кинематической коллимации. Анализ каналов реакции <math>{}^7\text{Li} + p</math>.</p>	4	1-6
<p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Термоядерные реакции в звездах. Вопрос об источниках энергии излучения звезд. Параметры Солнца. Принципиальная возможность реакций ядерного синтеза в недрах звезд. Водородный и углеродный циклы Бете. Интенсивность «сгорания» водорода на Солнце. Потоки</p>	6	1-6

нейтрино от Солнца. Осуществление реакций синтеза в земных условиях. Перспективы использования термоядерных реакций в энергетике.		
<i>Теоретические вопросы.</i> Общие сведения о фотоядерных взаимодействиях. Фотоядерные реакции и рассеяние фотонов ядрами. Открытие первой фотоядерной реакции. Типы фотоядерных реакций. Энергия реакции. Пороговая энергия. Экспериментальные методы исследований фотоядерных взаимодействий. Источники фотонов: радиоактивные элементы, ускорители протонов и электронов, ядерные реакторы. Фоторасщепление дейтрона. Прямой ядерный фотоэффект. Гигантский дипольный резонанс (ГДР) и зависимость его параметров от массового числа. Структура ГДР в области легких ядер. Расщепление ГДР в области деформированных ядер. Мультипольные резонансы.	6	1-6
<i>Теоретические вопросы.</i> Открытие нейтронов и их основные свойства. Радиационный захват нейтронов. Нейтронные реакции с вылетом заряженных частиц. Нейтронные реакции с вылетом нескольких частиц. Прохождение нейтронов через вещество. Характеристики нейтронных полей. Замедление нейтронов. Диффузия тепловых нейтронов.	6	1-6
<i>Теоретические вопросы.</i> Открытие процесса деления ядер. Механизм процесса деления. Спонтанное деление. Освобождение энергии при делении. Эффективные сечения деления. Осколки деления. Вторичные нейтроны деления. Мгновенное гамма-излучение при делении.	6	1-6
<i>Теоретические вопросы.</i> Открытие искусственной радиоактивности. Методы получения искусственных радионуклидов. Активация. Изменения при активации активности образцов во времени. <i>Решение задач.</i> Активация вещества при различных ядерных реакциях.	4	1-6

**Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом**

**Курсовая работа не предусмотрена учебным планом**

### **Образовательные технологии**

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

При изучении дисциплины «Ядерная физика» применяются следующие образовательные технологии:

- классическое лекционное обучение с использованием наглядных пособий;
- проведение лекций при поддержке мультимедиа;
- проведение практических занятий с решением примеров у доски, а также при поддержке мультимедиа, самостоятельное решение задач обучающимися в присутствии преподавателя;

- проблемный подход;
- разноуровневое обучение;
- самостоятельное изучение дисциплины обучающимися при помощи учебных печатных и электронных изданий;
- информационно-коммуникационные технологии – в институте имеются специализированные помещения для самостоятельной работы, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе;
- интерактивный глоссарий по теоретической механике;
- методические указания (в том числе в электронной форме) по различным разделам дисциплины.

Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

### 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:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Квантовая физика	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Практические занятия Выполнение лабораторных работ Опрос в форме теста.
2	Физика твердого тела	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Практические занятия Выполнение лабораторных работ Опрос в форме теста.
<b>Промежуточная аттестация</b>			
1	Экзамен	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Вопросы к экзамену (устно)

**Входной контроль** предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

#### Вопросы к собеседованию

1. Внешний фотоэффект. Законы Столетова для внешнего фотоэффекта.

2. Уравнения Эйнштейна для одно- и многофотонного фотоэффекта.
3. Внутренний фотоэффект.
4. Тормозное рентгеновское излучение. Обратный фотоэффект.
5. Корпускулярно-волновая двойственность света. Масса и импульс фотона.
6. Давление света.
7. Эффект Комптона (эксперимент, формула)
8. Уравнение Шредингера.
9. Физический смысл и свойства пси-функции.
10. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме.
11. Квантование модуля момента импульса.
12. Правило сложения модулей моментов.
13. Виды связей.
14. Собственный механический и магнитный моменты электрона.
15. Магнитный момент атома.
16. Принцип Паули.
17. Заполнение электронных оболочек атома.
18. Электронные конфигурации.
19. Распределение Бозе-Эйнштейна.
20. Распределение Ферми-Дирака.

#### Шкала оценивания обучающегося на входном контроле

Требования к знаниям, умениям и навыкам обучающегося	Баллы рейтинговой оценки
Обучающийся отлично владеет основными понятиями математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, может решать нестандартные задачи.	5
Обучающийся хорошо владеет большей частью основных понятий математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, владеет методикой решения типовых задач.	2-4
Обучающийся имеет удовлетворительный уровень знания математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает основные формулы и законы, способен решать простейшие задачи.	1
Обучающийся практически не овладел значительной частью программного материала и не владеет важнейшими инструментами математики, физики и начертательной геометрии и инженерной графики, не умеет решать даже типовых задач.	0

#### Оценочные средства для текущего контроля

##### Раздел 1

##### Тест 1 (Т1)

Тестовое задание по разделу «Атомное ядро»:

- выполняется 45 мин.;
- состоит из 15 вопросов.

1. Квант слабого взаимодействия? а) гравитон б) w-бозон в) $\gamma$ -квант г) глюон	1. Квант электромагнитного взаимодействия? а) гравитон б) w-бозон в) $\gamma$ -квант г) глюон
--	--

2. К какому классу частиц принадлежат нуклоны? а) лептоны б) адроны в) переносчики взаимодействия	2. К какому классу частиц принадлежат электроны? а) лептоны б) адроны в) переносчики взаимодействия
3. Какая частица в свободном состоянии не стабильна? а) $\gamma$ б) $\nu$ в) $e^+$ г) $p$ д) $n$	3. Масса покоя нейтрона ... массе (ы) покоя протона а) равна б) больше в) меньше
4. Какие типы взаимодействий определяют состояние стабильного ядра? а) сильное б) электромагнитное в) слабое г) гравитационное	4. В каких взаимодействиях нарушается закон сохранения Р-четности? а) сильное б) электромагнитное в) слабое г) гравитационное
5. Протоны с энергией 15 МэВ останавливаются в веществе из-за: а) радиационных потерь энергии б) ионизации среды в) потерь энергии на излучение Вавилова-Черенкова	5. Основной процесс взаимодействия $\gamma$ -квантов с веществом при $E_\gamma = 15$ МэВ? а) Томсоновское рассеяние б) Фотоэффект в) эффект Комптона г) образование электрон-позитронных пар
6. Радиационные потери зависят от заряда среды, как: а) не зависят б) $\sim Z^1$ в) $\sim Z^2$ г) $\sim Z^3$	6. Ионизационные потери заряженных частиц зависят от их зарядов, как: а) не зависят б) $\sim Z^1$ в) $\sim Z^2$ г) $\sim Z^3$
7. Зависимость сечения процесса образования $e^-e^+$ пар от заряда среды? а) $\sim Z^1$ б) $\sim Z^2$ в) $\sim Z^5$ г) $\sim Z^{7/2}$	7. Зависимость от энергии сечения фотоэффекта? а) $\sim (h\nu)^{-1}$ б) $\sim (h\nu)^{-5/2}$ в) $\sim (h\nu)^{-7/2}$ г) $\sim \lambda h\nu$
8. Заряд ядра равен числу а) нейтронов б) протонов в) нуклонов	8. Масса ядра ... сумме (ы) масс нуклонов а) равна б) больше в) меньше
9. К какому значению ближе средняя энергия связи нуклона в ядре? а) $\sim 10$ эВ б) $\sim 10$ КэВ в) $\sim 1$ МэВ г) $\sim 10$ МэВ д) $\sim 100$ МэВ	9. Чему приблизительно равна удельная энергия связи нуклона в железе? а) $\sim 10$ эВ б) $\sim 10$ КэВ в) $\sim 1$ МэВ г) $\sim 10$ МэВ д) $\sim 100$ МэВ
10. Наиболее устойчивы ядра с Z-N: а) ч-ч б) нечет.-четн. в) ч-н г) н-н?	10. Наименее устойчивы ядра с Z-N: а) ч-ч б) нечет.-четн. в) ч-н г) н-н?
11. Механический момент протона равен а) 0 б) $\frac{1}{2}$ в) $\frac{3}{2}$	11. Механический момент нейтрона равен а) 0 б) $\frac{1}{2}$ в) 1
12. Радиус ядра пропорционален: а) $\sim A^{1/3}$ б) $\sim A^{1/2}$ в) $\sim A^{3/4}$ г) $\sim A^1$	12. Радиус ядра пропорционален: а) $\sim A^{1/3}$ б) $\sim A^{1/2}$ в) $\sim A^{3/4}$ г) $\sim A$
13. Пространственная четность ядра He-5: а) +2 б) +1 в) 0 г) -1 д) -2	13. Пространственная четность ядра Li-7 а) +2 б) +1 в) 0 г) -1 д) -2
14. Электрический дипольный момент невозбужденного ядра а) $\langle 0   \hat{D}   0 \rangle = 0$ в) $> 0$	14. Электрический квадрупольный момент ядра, имеющего форму, вытянутую вдоль механического момента а) $\langle 0   \hat{Q}   0 \rangle = 0$ б) $> 0$ в) $< 0$
15. Изотопический спин у нуклонного дуплета а) 0 б) $\frac{1}{2}$ в) 1 г) $\frac{3}{2}$ д) 2	15. Изотопический спин триплета пи-мезонов а) 0 б) $\frac{1}{2}$ в) 1 г) $\frac{3}{2}$ д) 2

### Шкала оценивания обучающегося на тесте

Каждый тест содержит по 15 вопросов. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. При ответе студента менее чем на 60% вопросов, тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе.

Усвоение знаний на практических занятиях по темам раздела 1 проверяется на контрольной работе № 1 по разделу.

### Контрольная работа №1 (КР1)

#### Вариант 1

#### Вариант 2

1. Оценить:

плотность ядерного вещества

объемную плотность электрического заряда

2. Найти энергию:

необходимую для разделения ядра  $O^{16}$  на  $\alpha$ -частицу и ядро  $C^{12}$ . Энергии связи ядер  $O^{16}$ ,  $C^{12}$ ,  $He^4$  на нуклон соответственно 7.98 МэВ, 7.68 МэВ, 7.08 МэВ

выделившуюся при синтезе  $\alpha + \alpha = H^2 + Li^6$ , если энергии связи на нуклон в ядрах  $H^2$ ,  $He^4$ ,  $Li^6$  равны соответственно 1.11 МэВ, 7.08 МэВ, 5.33 МэВ

3. Найти возможные значения изотопического спина T и его проекции Tz для систем

p - изотриплет  $\pi$  -мезонов

n - изотриплет  $\pi$  -мезонов

4. Найти кинетическую энергию электронов, при которой радиационные и ионизационные потери равны в

углероде  $C_6^{12}$

железе  $Fe_{26}^{56}$

5. Найти кинетическую энергию пи-мезонов, которые, проходя срезом с показателем преломления  $n=1.6$ , излучают свет под углом  $\theta=30^\circ$

### Шкала оценивания обучающегося на контрольной работе

Каждая контрольная работа состоит из 5 задач. За каждую верно решённую задачу начисляется 3 балла. Верный ход решения задачи, но не правильный ответ оценивается в 1 балл.

По разделу в рамках лабораторного практикума студент выполняет 4 лабораторные работы из перечня лабораторных работ.

### Требования к выполнению лабораторных работ

Лабораторный практикум выполняется в соответствии с графиком выполнения лабораторных работ. Объем лабораторного практикума по дисциплине составляет 16 часов, студенты выполняют 6 лабораторных работ. Каждая лабораторная работа выполняется бригадами в составе не более двух студентов. На первом, вводном занятии до студентов доводится содержание и календарный план проведения практикума, указывается число баллов, которое может набрать студент при выполнении лабораторного практикума в соответствии с действующей в вузе рейтинговой системой со 100-балльной шкалой оценок, проводится инструктаж по технике безопасности при выполнении работ с оформлением в соответствующем журнале. На этом же занятии преподаватель выдает задание к первой лабораторной работе. Студенты знакомятся с теорией, получают допуск к лабораторной работе и приступают к ее выполнению. На втором занятии студенты выполняют первую лабораторную работу. На третьем занятии студенты выполняют вторую лабораторную работу и осуществляют защиту первой лабораторной работы и т.д. Итоговое занятие завершает лабораторный практикум в целом.

Перед каждой лабораторной работой студент сдаёт краткий коллоквиум, отражающий уровень предварительной подготовки к выполнению работы. Коллоквиум проводится в виде устного собеседования с преподавателем.

В процессе выполнения работы студент:

- изучает по литературным данным параметры и характеристики исследуемого прибора, обращая особое внимание на предельно эксплуатационные параметры;
- составляет план проведения эксперимента, оценивает интервал изменения измеряемых

величин, выбирает количество характеристик, подлежащих измерению и число точек на кривых, обращая особое внимание на возможные не монотонности в их ходе, согласует план работы с преподавателем;

- изучает экспериментальную установку, собирает (если нужно) измерительную схему, знакомится с правилами эксплуатации всех её элементов;
- готовит установку к работе и проверяет правильность подготовки у преподавателя;
- включает нужные приборы и выполняет запланированный объем измерений, обращая внимание на воспроизводимость результатов. Все экспериментальные данные и показания приборов заносятся в рабочий журнал;
- проводит предварительную обработку результатов эксперимента и сравнивает их с ожидаемыми значениями. Предъявляет полученные данные преподавателю;
- выключает установку и сдает ее преподавателю.

Все данные, полученные в ходе работы, записываются в рабочий лабораторный журнал. Рабочий журнал по лабораторному практикуму ведется в отдельной тетради.

По каждой лабораторной работе в журнал заносятся:

- название работы;
- задание на выполнение работы;
- план работы;
- схема установки;
- первичные экспериментальные данные в виде таблиц без каких-либо пересчетов или преобразований;
- результаты предварительной обработки данных в объеме, необходимом для определения их полноты и надежности.

По окончании работы лабораторный журнал подписывается преподавателем.

По итогам каждой лабораторной работы оформляется отчет, который сдается преподавателю на следующем после выполнения данной работы занятии.

Отчет должен включать:

- краткое теоретическое введение, отражающее устройство, принцип действия и назначение исследуемого прибора;
- задание на выполнение работы;
- план проведения эксперимента;
- схему установки и ее краткое описание;
- результаты и их обсуждение, в том числе анализ погрешности эксперимента, методику обработки результатов,
- теоретические расчеты, анализ полученных данных и сравнение их с литературными;
- выводы;
- список использованной литературы.

## Раздел 2

### Тест №2 (Т2)

Тестовое задание по разделу «Ядерные взаимодействия»:

- выполняется 45 мин.;
- состоит из 15 вопросов.

1. Кулоновский барьер равен: $a) V = \hbar^2 l(l+1) / 2\mu R^2$ $б) V = \hbar^2 l(l+1) / 2\mu R$ $в) V = z_1 z_2 e^2 / R^2$ $г) V = z_1 z_2 e^2 / R$	1. Центробежный барьер равен: $a) V = \hbar^2 l(l+1) / 2\mu R^2$ $б) V = \hbar^2 l(l+1) / 2\mu R$ $в) V = z_1 z_2 e^2 / R^2$ $г) V = z_1 z_2 e^2 / R$
2. Какая модель позволяет вычислить	2. Какая модель позволяет вычислить энергию



<p>средний импульс нуклона в ядре:</p> <p>а) Ферми-газ б) Капельная в) Оболочечная г) Обобщенная</p>	<p>связи ядра:</p> <p>а) Ферми-газ б) Капельная в) Оболочечная г) Обобщенная</p>
<p>3. Какая модель позволяет вычислить механический и магнитный моменты:</p> <p>а) Ферми-газ б) Капельная в) Оболочечная г) Обобщенная</p>	<p>3. Какая модель позволяет описать коллективные движения нуклонов ядра:</p> <p>а) Ферми-газ б) Капельная в) Оболочечная г) Обобщенная</p>
<p>4. Чему равна кинетическая энергия нуклона в ядре? а) <math>\sim 0.2 \text{ МэВ}</math> б) <math>\sim 2 \text{ МэВ}</math> в) <math>\sim 20 \text{ МэВ}</math> г) <math>\sim 200 \text{ МэВ}</math></p>	<p>4. Чему равен механический момент ядра <math>{}^7_3\text{Li}</math>? а) <math>-1/2</math> б) <math>0</math> в) <math>1/2</math> г) <math>3/2</math></p>
<p>5. Какое энергетическое условие необходимо для распада ядра:</p> <p>а) <math>M_{\text{нач.}} &lt; M_{\text{конеч.}}</math> б) <math>M_{\text{нач.}} = M_{\text{конеч.}}</math> в) <math>M_{\text{нач.}} &gt; M_{\text{конеч.}}</math></p>	<p>5. Какое энергетическое условие необходимо для распада ядра:</p> <p>а) <math>M_{\text{нач.}} &lt; M_{\text{конеч.}}</math> б) <math>M_{\text{нач.}} = M_{\text{конеч.}}</math> в) <math>M_{\text{нач.}} &gt; M_{\text{конеч.}}</math></p>
<p>6. Какое соотношение между вероятностью распада <math>\lambda</math> и временем жизни <math>\tau</math>:</p> <p>а) <math>\lambda = \tau^{-1}</math> б) <math>\lambda = \tau</math> в) <math>\lambda = \tau^2</math> г) <math>\lambda</math> не зависит от <math>\tau</math></p>	<p>6. Вероятность распада <math>\lambda</math> и период полураспада <math>T_{1/2}</math> соотносятся как:</p> <p>а) <math>\lambda = \ln 2 / T_{1/2}^2</math> б) <math>\lambda = \ln 2 \cdot T_{1/2}^2</math> в) <math>\lambda = \ln 2 / T_{1/2}</math> г) <math>\lambda = \ln 2 \cdot T_{1/2}</math></p>
<p>7. Как меняется со временем число радиоактивных ядер:</p> <p>а) <math>N \sim e^{-\lambda t}</math> б) <math>N \sim e^{+\lambda t}</math> в) <math>N \sim (1 - e^{-\lambda t})</math> г) <math>N \sim (1 - e^{+\lambda t})</math></p>	<p>7. Как меняется со временем в результате распада число дочерних ядер:</p> <p>а) <math>N_{\text{доч.}} \sim e^{-\lambda t}</math> б) <math>N_{\text{доч.}} \sim e^{+\lambda t}</math> в) <math>N_{\text{доч.}} \sim (1 - e^{-\lambda t})</math> г) <math>N_{\text{доч.}} \sim (1 - e^{+\lambda t})</math></p>
<p>8. Выберите <math>\alpha</math>-распад: а) <math>{}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} \dots</math> б) <math>{}_6^{14}\text{C} \rightarrow {}_7^{14}\text{N} \dots</math> в) <math>{}_8^{16}\text{O}^* \rightarrow {}_8^{16}\text{O} \dots</math></p>	<p>8. Распад <math>{}_4^7\text{Be} \rightarrow {}_3^7\text{Li} + \nu_e \dots</math> это:</p> <p>а) <math>\beta^-</math>-распад б) <math>\beta^+</math>-распад в) К-захват</p>
<p>9. Какие взаимодействия ответственны за <math>\beta</math>-распад? а) Сильное б) Сильное+электромагн. в) Сильное+слабое г) Слабое</p>	<p>9. Какие взаимодействия ответственны за <math>\alpha</math>-распад? а) Сильное б) Сильное+электромагн. в) Сильное+слабое г) Слабое</p>
<p>10. Что достоверно НЕ равно нулю у нейтрино?</p> <p>а) масса б) электрический заряд в) барионный заряд г) лептонный заряд</p>	<p>10. Что достоверно равно нулю у нейтрино?</p> <p>а) масса б) электрический заряд в) барионный заряд г) лептонный заряд</p>
<p>11. Энергетическое распределение <math>\alpha</math>-частиц в <math>\alpha</math>-распаде: а) равномерное б) <math>\delta</math>-функции в) сложное</p>	<p>11. Энергетическое распределение электронов в <math>\beta</math>-распаде: а) непрерывное б) дискретное в) смешанное</p>
<p>12. Какая из симметрий нарушается в бета-распаде:</p> <p>а) C б) P в) T г) CP д) CPT</p>	<p>12. Какой вариант теории слабого взаимодействия доминирует:</p> <p>а) V+A б) V-A в) V+S г) V-S д) V-T</p>
<p>13. При какой энергии идут реакции неполного проникновения d в ядро?</p> <p>а) <math>E_d &lt; V_k</math> б) <math>E_d = V_k</math> в) <math>E_d &gt; V_k</math></p>	<p>13. Какая из перечисленных реакций может идти прямым механизмом:</p> <p>а) <math>p + {}_6^{12}\text{C}</math> б) <math>d + {}_6^{12}\text{C}</math> в) <math>\alpha + {}_6^{12}\text{C}</math></p>
<p>14. Ширина энергетического уровня возбужденного ядра (<math>\Gamma</math>)</p> <p>а) <math>\Gamma \sim \hbar \tau</math> б) <math>\Gamma \hbar \sim \tau</math> в) <math>\Gamma \tau \sim \hbar</math></p>	<p>14. Время жизни энергетического уровня возбужденного ядра (<math>\tau</math>)</p> <p>а) <math>\tau \sim \hbar \Gamma</math> б) <math>\tau \hbar \sim \Gamma</math> в) <math>\Gamma \tau \sim \hbar</math></p>
<p>15. Когда можно исследовать самый низкий уровень возбуждения ядра</p> <p>а) <math>n + \text{ядро}</math> б) <math>\alpha + \text{ядро}</math> в) <math>p + \text{ядро}</math></p>	<p>15. Энергия возбуждения промежуточного ядра (<math>\epsilon_A</math> – энергия связи) при захвате <math>\alpha</math> частицы с энергией <math>E_\alpha</math>:</p>

г) $\gamma$ + ядро    д) d + ядро	а) $\epsilon_A$ б) $E_\alpha + \epsilon_A$ в) $E_\alpha - \epsilon_A$
-----------------------------------	---

### Шкала оценивания обучающегося на тесте

Каждый тест содержит по 15 вопросов. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. При ответе студента менее чем на 60% вопросов, тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе.

Усвоение знаний на практических занятиях по темам раздела 2 проверяется на контрольной работе по разделу.

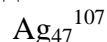
### Контрольная работа №2 (КР2)

#### Вариант 1

1. Написать схему уровней, определить с её помощью спин-чётность и найти изотопы с аналогичными ядерными свойствами для:

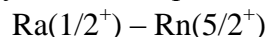
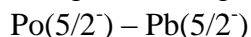


2. Используя формулу для энергии связи, определить вклад каждого из слагаемых для



3. Найти отношение высот кулоновского и центробежного барьеров при испускании альфа-частиц ядрами  $\text{Po}_{84}^{209}$  с  $l=2$ .

4. Определить орбитальный момент альфа-частиц, уносимый в распадах



5. Определить возраст древних деревянных предметов, у которых удельная активность  $\text{C}_6^{14}$  составляет 3/5 удельной активности в только что срубленных деревьях.

### Шкала оценивания обучающегося на контрольной работе

Каждая контрольная работа состоит из 5 задач. За каждую верно решённую задачу начисляется 3 балла. Верный ход решения задачи, но не правильный ответ оценивается в 1 балл.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Вопросы к экзамену

1. Энергия связи ядра.
2. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции.
3. Масса, методы измерения массы ядер.
4. Гамма-излучение ядер. «Электрические» и «магнитные» переходы.
5. Классификация элементарных частиц – фотоны, лептоны, адроны.
6. Ядерные реакции под действием гамма-квантов.
7. Энергия связи нуклонов в ядре. Средняя энергия связи нуклонов. Устойчивость ядер.
8. Внутренняя конверсия.
9. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра.
10. Трансурановые элементы. Методы получения.
11. Законы сохранения в ядерных реакциях (сильное взаимодействие).
12. Энергетические потери частиц на ионизацию и возбуждение. Ионизационный пробег.
13. Радиус ядра. «Электромагнитный» и «ядерный» радиусы, методы измерения.
14. Взаимодействие гамма-квантов с веществом
15. Кварковая модель адронов.
16. Размеры нуклона.

17. Черенковское излучение.
18. Ядерное взаимодействие частиц при низких энергиях. Образование промежуточного ядра
19. Оболочечная модель ядра. Правила заполнения оболочек.
20. Энергия связи ядер.
21. Законы сохранения и различные типы взаимодействий.
22. Свойства адронов.
23. Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи ядер.
24. Упругое рассеяние. Формулы Резерфорда, Мотта.
25. Космические лучи. Химический состав, энергия.
26. Прямые ядерные реакции. Реакции под действием дейтронов.
27. Особенности ядерных реакций под действием заряженных частиц.
28. Основные характеристики радиоактивного распада ядер. Законы радиоактивного распада.  
Энергетические условия возможности радиоактивного распада.
29. Ядерная изомерия
30. Деление ядра (механизм деления на основе капельной модели).
31. Последовательные радиоактивные превращения. Вековое уравнение.
32. Свойства частиц, входящих в состав атома (e, p, n).
33.  $\alpha$ -Распад. Механизм  $\alpha$ -Распада (качественное рассмотрение).
34. Сечение ядерных реакций при низких энергиях (дисперсионная формула).
35. Кварковая модель адронов.
36. Радиационные потери заряженных частиц.
37.  $\beta$ -Распад. Различные виды  $\beta$ -Распада. Качественное рассмотрение механизма  $\beta$ -Распада.
38. Образование химических элементов в природе.
39. Заряд ядра, методы измерения заряда ядра.
40. Объединение взаимодействий при высоких энергиях.

#### Шкала оценивания обучающегося на экзамене

Уровень освоения материала	Оценка (стандартная)	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	Отлично	36-40
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Хорошо	31-35
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки,	Удовлетворительно	24-30

нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.		
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	Не удовлетворительно	0-23

Баллы итоговой рейтинговой оценки по дисциплине «Ядерная физика»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Бодунов, Е. Н. Базовый курс физики: механика, молекулярная физика, электростатика, постоянный электрический ток, магнетизм, волновая оптика, элементы квантовой механики, атомной и ядерной физики: учебник / Е. Н. Бодунов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2020. — 319 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/156026/#1>

2. Сарина, М. П. Оптика. Квантовая природа излучения. Элементы квантовой механики. Основы физики твердого тела. Ядерная физика : учебное пособие / М. П. Сарина. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 123 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/118469/#1>

3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / И. В. Савельев. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 3 : Квантовая оптика. Атомная физика.

Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2019. — 320 с.  
<https://e.lanbook.com/reader/book/123463/#4> .

#### Дополнительная литература:

4. Барсуков, О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография / О. А. Барсуков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 560 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/2722/#1>

5. Керечанина, Е. Д. Оптика и ядерная физика / Е. Д. Керечанина, Н. Н. Белкова. — Санкт-Петербург : ПГУПС, [б. г.]. — Часть 1 — 2013. — 52 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/44058/#16>

6. Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика : учебное пособие / Н. П. Калашников, Н. М. Кожевников, Т. В. Котырло, Г. Г. Спирин ; под редакцией Н. П. Калашникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 240 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/49468/#2>

#### Учебно-методические пособия

7. Изучение космических лучей [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. - 28 с.

8. Изучение работы сцинтилляционного счетчика [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – 20 с.

9. Изучение свойств и определение максимальной энергии бета-распада [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. - 28 с.

10. Исследование треков ионизирующих частиц в высокотемпературной диффузионной камере [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. - 28 с.

11. Определение периода полураспада радиоактивного долгоживущего изотопа [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. - 20 с.

12. Эффект Комптона [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. - 28 с

13. Рассеяние альфа-частиц веществом. Опыт Резерфорда [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. (В апробации).

14. Определение энергии Альфа-частиц по длине пробега в воздухе [Текст] : метод. указ. к вып. лаб. раб. по дисц. "Ядерная физика" для студ. спец. 14.05.02 "Атомные станции:

проектирование, эксплуатация и инжиниринг" очной формы обуч. / сост. Чернова Н. М. - Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. - 24 с.

## **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованной видеопроектором, экраном, персональным компьютером и динамиками.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Ядерная физика», оснащенной лабораторным оборудованием для выполнения всех лабораторных работ согласно перечня лабораторных работ.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются специализированные помещения, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде вуза, а также к другим библиотечным фондам.

## **Учебно-методические рекомендации для студентов**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

### **2. Указания для участия в практических занятиях**

Перед посещением практического занятия уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### **3. Указания для выполнения лабораторных работ**

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

#### 4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

#### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного

практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания для проведения лабораторных занятий

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

## 4. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).



Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Рабочую программу составил профессор



Чернова Н.М.

Рецензент: доцент



Барановская Л.В.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии



Ляпин А.С.