

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЯДЕРНАЯ И НЕЙТРОННАЯ ФИЗИКА


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 64 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 81,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Перекрестный опрос Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шпаковский А.А.
	Идентификатор	R0476f66e-ShpakovskyAA-7691f18

(подпись)

А.А.


Шпаковский

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65


(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Цель освоения дисциплины заключается в изучение ядерных и нейтронно-физических процессов применительно к ядерным реакторам и приобретение навыков решения задач для различных процессов.

Задачи дисциплины

- изучение элементов квантовой механики;
- изучение ядерных и нейтронно-физических процессов, имеющих место в ядерных реакторах различных типов;
- приобретение навыков использования различных методов решения задач по ядерной и нейтронной физике;
- приобретение первичных навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов реакторов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-1 _{ПК-3} Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	знать: - ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах.
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-4 _{ПК-3} Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	уметь: - выполнять расчёты для различных ядерных реакций.
ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок	ИД-1 _{ПК-4} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	знать: - элементы квантовой механики.
ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах	ИД-2 _{ПК-4} Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой	уметь: - анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
АЭС и других энергетических установок	для выполнения расчетов и проведения экспериментов	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Атомные электростанции и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы физики атомного ядра и элементарных частиц
- знать элементы теории дифференциальных уравнений в частных производных в объеме, достаточном для изучения естественнонаучных и технических дисциплин
- уметь применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Элементы квантовой механики	20	7	4	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Элементы квантовой механики"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Элементы квантовой механики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы квантовой механики"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 479 - 493 [2], стр. 351 - 547 [4], стр. 1 - 30 [7], стр. 430-489</p>	
1.1	Элементы квантовой механики	20		4	-	8	-	-	-	-	-	8	-		
2	Ядерная физика	58		12	-	26	-	-	-	-	-	-	20		-
2.1	Ядерная физика	58		12	-	26	-	-	-	-	-	-	20		-

													"Ядерная физика" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 30 -82
3	Нейтронная физика	40	4	-	22	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>
3.1	Нейтронная физика	40	4	-	22	-	-	-	-	-	14	-	Повторение материала по разделу "Нейтронная физика" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Нейтронная физика" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Нейтронная физика" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 3 - 32 [6], стр. 4 - 70
4	Деление ядер	26	12	-	8	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>
4.1	Деление ядер	26	12	-	8	-	-	-	-	-	6	-	Повторение материала по разделу "Деление ядер" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Деление ядер" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Деление ядер" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 3 - 32 [5], стр. 3 - 30
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	-	64	-	2	-	-	0.5	48	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	-	64	2	-	-	0.5	81.5			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Элементы квантовой механики

1.1. Элементы квантовой механики

Развитие представлений о строении атома и ядра. Механика быстро движущихся частиц. Основы квантовой механики. Гипотеза Планка. Корпускулярно-волновой дуализм. Длина волны де Бройля. Принцип неопределённости Гейзенберга. Волновая функция и её вероятностный смысл. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Представления динамических переменных линейными самосопряжёнными операторами. Квантование энергии в замкнутых системах. Квантовые числа. Состояния частицы в центральном поле сил. Оператор момента импульса. Водородоподобный атом. Симметричные и антисимметричные квантово-механические системы. Принцип Паули..

2. Ядерная физика

2.1. Ядерная физика

Основы ядерной физики. Протон-нейтронная модель ядра. Единицы измерения ядерно-физических величин. Радиус ядра. Заряд ядра и масса ядра. Энергия связи и устойчивость ядер. Энергия синтеза и деления. Энергия связи нейтрона. Ядерные силы. Модели ядерных сил. Капельная модель ядра. Спин и орбитальный момент ядра. Роль орбитального момента ядра в ядерных взаимодействиях. Радиоактивные ядра. Основные характеристики радиоактивных ядер. Виды радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Законы радиоактивного распада. Искусственная радиоактивность. Накопление новых ядер. Взаимодействие излучения с веществом. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных взаимодействиях. Энергетическая схема ядерной реакции. Модель реакции, идущей через стадию образования составного ядра. Каналы распада составного ядра. Полные и парциальные ширины уровней. Среднее расстояние между уровнями ядра. Энергия возбуждения составного ядра. Импульсные диаграммы рассеяния и ядерной реакции..

3. Нейтронная физика

3.1. Нейтронная физика

Основные понятия. Плотность и плотность потока нейтронов. Скорость взаимодействия. Микроскопические и макроскопические сечения. Ядерная плотность. Классификация ядер по массовым числам и нейтронов по энергиям. Основные характеристики и конструктивные особенности источников нейтронов. Выход нейтронов. Радиоактивные источники. Получение нейтронов с помощью ускорителей. Реактор источник нейтронов. Спектрометрия и монохроматизация нейтронов. Механический монохроматор. Метод времени пролёта. Кристаллический монохроматор и кристаллический фильтр. Спектрометр на протонах отдачи. Сечение образования составного ядра в области быстрых нейтронов. Основные виды взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами. Полное сечение, метод пропускания. Упругое рассеяние быстрых нейтронов. Угловое распределение нейтронов в системе центра инерции и лабораторной системе координат. Неупругое рассеяние быстрых нейтронов, методы измерения. Сечение деления в быстрой области. Роль отдельных процессов в реакторах. Формулы Брейта-Вигнера для изолированного уровня составного ядра. Статистический вес. Основные виды взаимодействия в резонансной области. Особенности метода пропускания в резонансной области. Полное сечение взаимодействия резонансных нейтронов. Зависимости параметров резонансов от энергии нейтронов и массового числа ядра-мишени для процессов упругого резонансного рассеяния, радиационного захвата и деления. Усреднённые эффективные сечения. Резонансный интеграл. Анализ экспериментальных данных. Сравнение вероятностей процессов радиационного захвата. Деления и резонансного

рассеяния для лёгких средних и тяжёлых ядер. Параметры первых резонансов и резонансные интегралы чётных и нечётных делящихся ядер. Учёт влияния теплового движения ядер. Доплеровская ширина уровня. Влияние эффекта Доплера на физику реактора. Спектр тепловых нейтронов. Сечение образование составного ядра в области тепловых нейтронов. Основные виды взаимодействия тепловых нейтронов с ядрами. Полное сечение. Сечение радиационного захвата и деления. Закон $1/V$. Сечение потенциального рассеяния, его зависимость от массового числа ядра и энергии нейтронов. Влияние химических связей атомов. Волновые эффекты при взаимодействии нейтронов низких энергий с веществом. Основные закономерности взаимодействия нейтронов с ядрами в различных энергетических областях. Анализ этих взаимодействий от массового числа ядер и энергии нейтронов. Роль отдельных процессов для лёгких, средних и тяжёлых ядер в различных энергетических областях..

4. Деление ядер

4.1. Деление ядер

Механизм реакции деления. Делящиеся и сырьевые нуклиды. Стадии процесса деления. Энергия деления и её составляющие. Асимметрия деления. Осколки деления и их свойства. Продукты реакции деления. Бета-распад продуктов деления. Остаточное энергосодержание. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Гамма-излучение, сопровождающее процесс деления. Нейтронно-физические характеристики делящихся ядер..

3.3. Темы практических занятий

1. Определение коэффициента диффузного отражения тепловых нейтронов.;
2. Прохождение частицы через полубесконечный барьер.;
3. Прохождение частицы через барьер (яму) конечной ширины.;
4. Энергия связи ядра.;
5. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции.;
6. Законы радиоактивного распада.;
7. Накопление искусственной радиоактивности.;
8. Расчёт энергии радиоактивного распада для нейтронного источника.;
9. Определение потока нейтронов по результатам активации.;
10. Определение оптимального времени счёта активности с учётом фона.;
11. Расчёт энергии деления ядер.;
12. Исследование процессов накопления и распада радиоактивных ядер.;
13. Изучение пространственного распределения резонансных и тепловых нейтронов в воде.;
14. Определение сечения радиационного захвата тепловых нейтронов для водорода.;
15. Формула Брейта-Вигнера.;
16. Релятивизм. Пределы применимости классических соотношений..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Элементы квантовой механики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ядерная физика"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Нейтронная физика"

4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Деление ядер"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Элементы квантовой механики"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Ядерная физика"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Нейтронная физика"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Деление ядер"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	ИД-1 _{ПК-3}			+	+	Перекрестный опрос/Деление ядер Перекрестный опрос/Нейтронная физика
элементы квантовой механики	ИД-1 _{ПК-4}	+				Перекрестный опрос/Элементы квантовой механики
Уметь:						
выполнять расчёты для различных ядерных реакций	ИД-4 _{ПК-3}		+			Контрольная работа/Ядерная физика
анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов	ИД-2 _{ПК-4}			+		Перекрестный опрос/Нейтронная физика

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Ядерная физика (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Деление ядер (Перекрестный опрос)
2. Нейтронная физика (Перекрестный опрос)
3. Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Общая физика : учебное пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям / А. Н. Варава, М. К. Губкин, Д. А. Иванов, [и др.] ; Ред. В. М. Белокопытов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 506 с. - ISBN 978-5-383-00272-8 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4185;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4185)

2. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики. Механика, теория поля, элементы квантовой механики : учебное пособие для вузов по физико-техническим и инженерно-физическим направлениям и специальностям / Б. В. Медведев . – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Физматлит, 2007 . – 600 с. – (Фундаментальная и прикладная физика) . - ISBN 978-5-922107-70-9 .;

3. Алхутов, М. С. Радиоактивность и нейтронно-физический эксперимент. Лабораторный практикум : учебное пособие по дисциплине "Ядерная и нейтронная физика" по специальности "Атомные электрические станции и установки" / М. С. Алхутов, В. Д. Байбаков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 44 с. - ISBN 978-5-383-00449-4 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1478;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1478)

4. Алхутов, М. С. Элементы квантовой механики. Ядерная физика: Учебное пособие / М. С. Алхутов ; Ред. Г. Г. Бартоломей ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1993 . – 87 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7793;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7793)

5. Алхутов, М. С. Деление ядер : Учебное пособие по курсу "Ядерная и нейтронная физика" / М. С. Алхутов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 32 с. - ISBN 5-7046-0475-7 : 2.50 .;
6. Алхутов, М. С. Учебное пособие по курсу "Ядерная и нейтронная физика": Нейтронная физика / М. С. Алхутов ; Ред. Г. Г. Бартоломей ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1978 . – 74 с.;
7. Ерофеева Г. В., Крючков Ю. Ю., Склярова Е. А., Чернов И. П.- "Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики" Ч. 4, Издательство: "ТПУ", Томск, 2012 - (133 с.) http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=10280.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-320, Учебная аудитория	стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-317, Помещение учебно-вспомогательного персонала	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерная и нейтронная физика

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос)

КМ-2 Ядерная физика (Контрольная работа)

КМ-3 Нейтронная физика (Перекрестный опрос)

КМ-4 Деление ядер (Перекрестный опрос)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Элементы квантовой механики					
1.1	Элементы квантовой механики		+			
2	Ядерная физика					
2.1	Ядерная физика			+		
3	Нейтронная физика					
3.1	Нейтронная физика				+	+
4	Деление ядер					
4.1	Деление ядер				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25