

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
НЕЙТРОННЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
9	3	108	16	32	0		24	0	Э
Итого	3	108	16	32	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина включает в себя:

1. Последовательное изложение современных представлений о физике взаимодействия нейтронов с ядерной материей в объеме, необходимом для будущей профессиональной деятельности.
2. Ознакомление студентов с элементами квантово-механического аппарата, который используется для объяснения закономерностей и особенностей взаимодействия нейтронов с ядрами.
3. Ознакомление студентов с системами библиотек нейтронных и ядерно-физических данных и приобретение навыков работы с библиотеками.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения учебной дисциплины состоит в том, чтобы дать студентам, специализирующимся в области физики реакторов, фундаментальные знания о квантово-механическом взаимодействии нейтронов с ядрами, о закономерностях этого взаимодействия, которые лежат в основе формирования полей нейтронов, а также определяют критичность и ядерную безопасность ядерных энергетических установок различного назначения. Дать студентам представление о современном состоянии технологии подготовки ядерных констант для расчетов ядерных энергетических установок на базе использования файлов оцененных нейтронно-ядерных данных о свойствах нуклидов.

Задачи изучения дисциплины состоят в том, чтобы подготовить будущих выпускников к самостоятельному решению вопросов, связанных с развитием технологии подготовки ядерных констант для расчета переноса нейтронов в различных средах, при планировании и обчете экспериментов, при разработке новых усовершенствованных ядерных энергетических установок, по обеспечению их ядерной безопасности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы знания и навыки, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин: «Высшая математика», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Уравнения математической физики», «Теоретическая физика», «Теоретические основы нейтронно-ядерных процессов: ядерная физика», «Теоретические основы нейтронно-ядерных процессов: физическая теория реакторов».

Знание данной дисциплины необходимо при выполнении курсового и дипломного проектирования, научно-исследовательской работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавающая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 [1] - Способен использовать современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2.1[1] - Знать: возможности использования информационных технологий, методы численного анализа, методы определения проблемы и оценки полученных результатов для математического моделирования и анализа теплофизических и нейтронно-физических процессов с применением компьютерных кодов. ; У-ПК-2.1[1] - Уметь: использовать специальные программные обеспечения для решения нейтронно-физических задач, применяя современные экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований ; В-ПК-2.1[1] - Владеть: навыками работы с современными программными средствами для обеспечения безопасности ядерных установок и материалов
Проведение расчетных	Атомный	ПК-2.2 [1] - способен	З-ПК-2.2[1] - Знать:

исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	современные методы для решения задач описания физических процессов в ядерных реакторах, методы моделирования нейтронно-физических процессов и методы теории возмущений, способы представления нейтронных эффективных сечений ; У-ПК-2.2[1] - Уметь: проводить анализ недостатков применения существующих методов и разрабатывать способы их нивелирования; В-ПК-2.2[1] - Владеть: навыками работы с современными языками программирования для автоматизации информационного процесса анализа данных
---	--	---	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование

		воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа",

		"Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при

		распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления,

		стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (В24)	1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и

		радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала
--	--	---

		содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за обеспечение кибербезопасности объектов атомной отрасли (B25)	1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование

		воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование	1.Использование воспитательного потенциала

	ответственной экологической позиции (B26)	блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и
--	--	---

		гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>9 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/0		25	КИ-8	З-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
2	Часть 2	9-16	8/16/0		25	КИ-16	З-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1,

							3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 9 Семестр				50	Э	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Часть 1	8	16	0
1	История развития нейтронной физики. Открытие нейтрона. Его свойства. Применение нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		4	9	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Сечение взаимодействия нейтронов с ядрами. Определение величины сечения взаимодействия нейтронов с ядрами. Дуализм корпускулярных и волновых свойств нейтрона. Формулировка задачи для определения сечения взаимодействия нейтрона с ядром.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 10	Упругое рассеяние нейтронов ядрами. Резонансное и потенциальное рассеяние. Проявление интерференции в сечении рассеяния. Рассеяние нейтронов различных энергий.	Всего аудиторных часов		
		4	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	16	0
11	Поглощение нейтронов ядрами. Формирование сечения поглощения в области резонансных и медленных нейтронов. Закон "1/v".	Всего аудиторных часов		
		4	9	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Влияние спинов нейтрона и ядра на характер взаимодействия. Учет влияния спинов нейтрона и ядра на сечение взаимодействия. Формирование сечения неупругого рассеяния.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

13	Взаимодействие нейтронов с упорядоченной структурой ядер. Влияние кристаллической структуры материалов на рассеяние медленных нейтронов. Взаимодействие нейтронов с ядрами, приводящее к нарушению структуры материалов.	Всего аудиторных часов		
		4	3	0
		Онлайн		
14 - 16	Представление нейтронно-ядерных данных. Библиотеки ядерных данных. Оценка ядерных данных и их представление. Схема получения проблемно-ориентированных малогрупповых библиотек. Структура ENDF - библиотек. Описание ENDF - форматов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины проводятся лекционные и практические занятия. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к выполнению практических заданий.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2.1	З-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ L24 A Primer on Scientific Programming with Python : , Langtangen, Hans Petter. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016

2. ЭИ Н33 An Introduction to Statistics with Python : With Applications in the Life Sciences, Haslwanter, Thomas. , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ К85 Теория переноса нейтронов : учебное пособие для вузов, Юрова Л.Н., Крючков Э.Ф., Москва: МИФИ, 2007
4. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.1 Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур, Савандер В.И., : МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.6 Б42 Нейтронная физика : , Виртц К., Бекурц К.Г., М.: Атомиздат, 1968
2. 539.6 В58 Нейтроны : , Власов Н.А., М.: Наука, 1971
3. 539.1 Ф85 Субатомная физика : , Фраунфельдер Г., Хенли Э.М., М.: Мир, 1979
4. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.1 Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур, Савандер В.И., : МИФИ, 2024
5. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
6. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса необходимо твердо усвоить базовые понятия курса: квантовый характер взаимодействий микрочастиц с атомами и ядрами, корпускулярно-волновой дуализм проявления их свойств при взаимодействии.

Необходимо владеть информацией об основных закономерностях квантовых переходов ядер при возбуждении и снятии возбуждения. Важно понимание процессов, протекающих при взаимодействии нейтрона с ядром в модели Н.Бора.

Необходимо уметь оценивать параметры, определяющие характер взаимодействия при нарушении структуры материалов и накопления повреждающей дозы..

Необходимо знать принципиальные различия в поведении нейтронов низких энергий при взаимодействии с коллективом ядер одновременно.

Надо научиться использовать данные библиотек ядерных данных для оценки изменения нуклидного состава материалов в поле облучения и накопления продуктов цепочек распада.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для начала необходимо ознакомить студентов с базовыми понятиями, которые потребуются в курсе: дуализм корпускулярно-волновых свойств частиц микромира, характер взаимодействий микрочастиц с материей, особенности математического аппарата для описания взаимодействий.

Далее необходимо описать нейтрон как элементарную частицу, нестабильную, участвующую в сильном, электромагнитном, гравитационном и слабом взаимодействии.

Следующим шагом целесообразно в упрощенном рассмотрении разобрать задачу описания взаимодействия нейтрона с плоским одномерным потенциалом ядра. Упрощенное одномерное уравнение Шредингера позволяет в замкнутом виде получить решение в аналитическом виде и оценить вероятность пропускания и отражения нейтрона потенциалом ядра. Тем самым демонстрируется корпускулярно-волновой дуализм взаимодействия.

Следующим шагом должен быть переход к трехмерной сферической геометрии задачи взаимодействия нейтрона с потенциалом ядра. Предположив сферическую геометрию потенциала ядра удастся в аналитическом виде получить решение для волновой функции и сформулировать условия сшивки на поверхности ядра.

Рассматривая различные условия сшивки, необходимо получить практически в аналитическом виде закономерности потенциального и резонансного взаимодействия нейтрона с ядром.

Важным случаем рассмотрения является взаимодействие, приводящее к нарушению структуры материалов, и демонстрация, каким образом формируется сечение повреждения и оценка числа смещений на атом.

Для экспериментальной нейтронной физики важно понимание особенностей взаимодействия холодных нейтронов с веществом и уже приобретенный в настоящем курсе опыт использования квантово-механического математического аппарата позволяет выявить особенности взаимодействия холодных нейтронов с ансамблем ядер одновременно.

На заключительном этапе демонстрируется реализация основных закономерностей взаимодействия нейтронов с ядрами в современных библиотеках ядерных данных.

Автор(ы):

Шмелёв Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор

