

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**СПЕКТРОМЕТРИЯ РЕАКТОРНЫХ НЕЙТРОНОВ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

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, экс./зач./КР/КП
9	3	108	32	0	32		44	0	3
Итого	3	108	32	0	32	32	44	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Спектрометрия реакторных нейтронов» является логическим продолжением курсов спектрометрии и защиты от ионизирующих излучений, ядерной и экспериментальных методов ядерной физики, методов нейтронно-активационного анализа. Требуется знания теоретических основ спектрометрии нейтронного излучения, основ программирования и соответствующего уровня физико-математической подготовки. В курсе рассматриваются вопросы и методы спектрометрии реакторных нейтронов. Подробно изучается активационный метод спектрометрии.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является создание необходимого уровня знаний по активационному методу измерений.

Задача дисциплины - научить практическому применению активационного метода спектрометрии нейтронов.

Практическое применение активационного метода обеспечивается практикой на ИРТ МИФИ. В рамках занятий проводятся непосредственные измерения с последующей обработкой их результатов или обработкой результатов, ранее измеренных на ИРТ (в случае невозможности проведения измерений).

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Спектрометрия реакторных нейтронов» является логическим продолжением курсов спектрометрии и защиты от ионизирующих излучений, ядерной и экспериментальных методов ядерной физики, методов нейтронно-активационного анализа. Требуется знания теоретических основ спектрометрии нейтронного излучения, основ программирования и соответствующего уровня физико-математической подготовки.

### 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	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		опыта)	
организационно-управленческий			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	теплофизические энергетические установки как объекты человеческой деятельности, связанной с их созданием и эксплуатацией	ПК-2.1 [1] - Способен выбирать и обосновывать мероприятия, направленные на обеспечение безопасности персонала АЭС, населения и окружающей среды  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.071	3-ПК-2.1[1] - Знать законы Российской Федерации в области использования атомной энергии, радиационной безопасности, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, норм и правил радиационной безопасности ; У-ПК-2.1[1] - Уметь проводить разъяснительную работу о безопасности функционировании АЭС с персоналом и населением; В-ПК-2.1[1] - Владеть методами планирования работ по обеспечению безопасности персонала АЭС
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-2.2 [1] - Способен проводить физические эксперименты по определению характеристик полей излучений, готовность к разработке дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры для радиационного контроля;  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	3-ПК-2.2[1] - Знать Методы и средства математической обработки результатов экспериментальных исследований ; У-ПК-2.2[1] - Уметь разрабатывать новые блоки детектирования дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры ; В-ПК-2.2[1] - Владеть Методиками проведения физических экспериментов
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки,	ПК-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических	3-ПК-3[1] - знать методы проведения исследований физических процессов ; У-ПК-3[1] - уметь проводить

установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок ; В-ПК-3[1] - владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-4 [1] - Способен составить отчет по выполненному заданию, готов к участию во внедрении результатов исследований и разработок в области проектирования и эксплуатации ЯЭУ  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	З-ПК-4[1] - знать нормативные документы для составления отчетов по выполненным заданиям; ; У-ПК-4[1] - уметь обобщать и анализировать научно-техническую информацию;; В-ПК-4[1] - владеть методами проектирования ЯЭУ и внедрения результатов исследований в эксплуатацию
проектный			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный	ПК-5 [1] - Способен формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	З-ПК-5[1] - знать методологию проектной деятельности; жизненный цикл проекта, основные критерии и показатели эффективности и безопасности; ; У-ПК-5[1] - уметь формулировать цели и задачи проекта;; В-ПК-5[1] - владеть методами анализа результатов проектной деятельности

	контроль атомных объектов и установок;		
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-6 [1] - Способен к конструированию и проектированию узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием и требованиями безопасной работы с использованием средств автоматизации проектирования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008	З-ПК-6[1] - знать требования безопасной работы, предъявляемые к узлам и элементам систем; ; У-ПК-6[1] - уметь конструировать и проектировать элементы систем в соответствии с техническим заданием;; В-ПК-6[1] - владеть средствами автоматизации проектирования
производственно-технологический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	З-ПК-9[1] - Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; ; У-ПК-9[1] - уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;; В-ПК-9[1] - владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.

#### 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 (B17)	<p>Воспитательный потенциал дисциплин</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
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	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа»,

	<p>мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>«Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- 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.</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (B24)</p>	<p>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.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной</p>

		<p>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.</p> <p>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 глубоководной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>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</p>
--	--	--



## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (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	Раздел 1	1-8	16/0/16		25	КИ-8	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5,

							3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Раздел 2	9-16	16/0/16		25	КИ-16	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6,

							3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		32/0/32		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 9 Семестр</b>				50	3	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-



	дискретных -спектров. Восстановление непрерывных - спектров. Получение матрицы чувствительности сцинтилляционного однокристалльного - спектрометра.	Онлайн	0	0	0
6	<b>Тема 6</b> Сцинтилляционный спектрометр с охранным сцинтиллятором, комптоновский и парный - спектрометры.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
7	<b>Тема 7</b> Краткая характеристика основных методов спектрометрии нейтронов. Интегральный метод ядер отдачи. Сцинтилляционный однокристалльный спектрометр нейтронов с дискриминацией - фона импульсов. Применение пропорционального счетчика и полупроводниковых детекторов в спектрометрии нейтронов с помощью интегрального метода ядер отдачи.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
8	<b>Тема 8</b> Обработка результатов измерений при спектрометрии нейтронов на основе интегрального метода ядер отдачи. Дифференцирование приборного спектра и матричный метод . Дифференциальный метод ядер отдачи.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
9-16	<b>Раздел 2</b>		16	0	16
9	<b>Тема 9</b> Метод спектрометрии нейтронов, основанный на измерении времени пролета. Спектрометрия нейтронов на основе анализа кинетической энергии продуктов ядерных реакций.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
10	<b>Тема 10</b> Активационные методы спектрометрии нейтронов. Активация и измерение активности.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
11	<b>Тема 11</b> Параметрическое представление спектра нейтронов. Метод Весткотта. Основные характеристика активационных детекторов для измерения параметров спектра тепловых и медленных нейтронов.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
12	<b>Тема 12</b> Основные характеристики пороговых детекторов. Метод эффективных пороговых сечений . Параметрическое представление интегрального спектра.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
13	<b>Тема 13</b> Восстановление дифференциального спектра нейтронов из интегрального: экспрессный метод, метод итерационного дифференцирования.	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн	0	0	0
14	<b>Тема 14</b> Алгоритмы метода восстановления спектра нейтронов при активационных измерениях с применением ЭВМ. Краткая	Всего аудиторных часов	2	0	2
		Онлайн			

	характеристика программ.	0	0	0
15	<b>Тема 15</b> Мультисферный спектрометр нейтронов. Спектрометрия - частиц. Анализ сложных - спектров с помощью графика Ферми-Кюри.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
16	<b>Тема 16</b> Обзорная лекция	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		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

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>9 Семестр</i>
1 - 16	<b>Лабораторная работа «Определение спектральных характеристик реакторного спектра»</b> Определение спектра тепловых нейтронов в экспериментальном канале ИРТ МИФИ Определение спектра промежуточных нейтронов в экспериментальном канале ИРТ МИФИ Определение спектра быстрых нейтронов в экспериментальном канале ИРТ МИФИ

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по следующей схеме: лекции и лабораторные работы с последующей защитой для закрепления темы с использованием компьютерных технологий и мультимедийного оборудования.

## 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	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-2.2	З-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
ПК-6	З-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16
ПК-9	З-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9	З, 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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе
75-84		C	
70-74		D	

			на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	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.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	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 L99 Radioactivity : : Introduction and History, From the Quantum to Quarks., Atlanta :: Elsevier Science,, 2016.
2. ЭИ M29 The Physics of Nuclear Reactors : , Cham: Springer International Publishing, 2017
3. 621.039 И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие по эксплуатационной практике, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. ЭИ K13 Прикладная нейтронная физика : учебное пособие для вузов, В. В. Кадилин, Е. В. Рябева, В. Т. Самосадный, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
6. ЭИ T76 Характеристики радионуклидов для градуировки гамма-спектрометров : учебное пособие для вузов, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
7. ЭИ K78 Инструментальные методы радиационной безопасности : учебное пособие для вузов, Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
8. 621.039 С81 Основы нейтронной физики : учебное пособие для вузов, Ю. В. Стогов, Москва: МИФИ, 2008
9. ЭИ С81 Основы нейтронной физики : учебное пособие для вузов, Ю. В. Стогов, Москва: МИФИ, 2008



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б79 Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : , Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 539.1 Т76 Характеристики радионуклидов для градуировки гамма-спектрометров : учебное пособие для вузов, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

## 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 дисциплины большое внимание уделяется практическим занятиям с целью получения необходимого уровня знаний по активационному методу измерений.

Практическое применение активационного метода обеспечивается практикой на ИРТ МИФИ. В рамках занятий проводятся непосредственные измерения с последующей обработкой их результатов или обработкой результатов, ранее измеренных на ИРТ (в случае невозможности проведения измерений).

Пример лабораторной работы «Определение спектральных характеристик реакторного спектра»

Работа проводится в компьютерном классе

Этапы работы:

1. Обработка аппаратурных спектров гамма-спектрометра (определение числа импульсов в пиках полного поглощения программой МОБАС) измеренных нейтронно-активационных детекторов (ДНА)
2. Вычисление эффективности для заданных энергий пиков полного поглощения и поправок для вычисления активности
3. Вычисление активности используемых реакций
4. Вычисление активационных интегралов используемых реакций
5. Вычисление спектральных характеристик реакторного спектра.

Итоговый контроль знаний – зачет.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В процессе преподавания курса желательно применять иллюстрационные материалы, используя доступные типы проекционной техники.

Задача дисциплины - научить практическому применению активационного метода.

Обучение подкрепляется работой студентов в по обработке аппаратурных спектров однокристалльного полупроводникового гамма-спектрометра.

Задания на самостоятельную работу:

- Изучить раздел «Спектрометрия нейтронов по времени пролета»

Итоговый контроль знаний – зачет.

Примерные вопросы к зачету:

1. Основные реакции, применяемые в активационном методе
2. Измерение активности ДНА на однокристалльном гамма-спектрометре.
3. Измерение активности методом бета-счета.
4. Измерение скорости деления трековым методом.
5. Уравнения связи активности и активационных интегралов.
6. Метод эффективных пороговых сечений.
7. Экстраполяционные методы определения плотности потока быстрых нейтронов.
8. Параметрическое представление спектра тепловых и промежуточных нейтронов.
9. Итеративные методы восстановления спектров реакторных нейтронов.

Автор(ы):

Камнев Владимир Александрович