

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

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, экз./зач./КР/КП
8	3	108	15	15	15		63	0	3
Итого	3	108	15	15	15	15	63	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина предполагает овладения студентами предшествующих дисциплин, посвящённых дозиметрии ионизирующих излучений, взаимодействию излучений с веществом, методам ядерной физики, электроники. После успешного освоения данной дисциплины студент, пройдя соответствующую практику, сможет работать в институтах, разрабатывающую аппаратуру, на атомных электростанциях, в службах внешней дозиметрии.

Из читаемых лекций студент узнаёт о конструкции ионизационных камер, об оптимизации толщины стенок, о вольтамперных характеристиках камер при их наполнении воздухом и электроположительным газом. Узнает о выборе сцинтиллятора для сцинтилляционного дозиметра и о выборе оптимального напряжения, подаваемого на ФЭУ. Узнает о способах улучшения энергетической зависимости чувствительности дозиметров с газоразрядными счётчиками.

Существенное внимание уделено в курсе современным методам индивидуальной дозиметрии.

Наряду с дозиметрической аппаратурой будут рассмотрены радиометрические приборы для определения активности, удельной и поверхностной активности, степени загрязнённости рабочей поверхности и одежды, плотностей потоков частиц и, прежде всего, нейтронов.

Особую группу радиометрических устройств составляют счётчики (спектрометры) человека, используемые для определения содержания инкорпорированных радионуклидов и расчёта доз внутреннего облучения.

На АЭС размещено более сотни дозиметрических и радиометрических блоков, которые объединены в единую сеть. В курсе будут рассмотрены назначение и особенности работы систем радиационно-технологического контроля (РТК), радиационного контроля помещений и промплощадки (РПК), радиационного контроля окружающей среды (РКОС). Студенты будут знать аппаратуру и характеристики информационно-измерительной системы радиационного контроля, топологию системы, построение информационных каналов, устройства накопления и отображения информации.

В результате освоения дисциплиной студент будет обладать знаниями и навыками для разработки, отладки и эксплуатации устройств детектирования, понимать работу информационноизмерительной системы радиационного контроля.

Лекционный курс дополняется современным лабораторным практикумом.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются создание базиса знаний для проектирования и грамотной эксплуатации дозиметров и радиометров, привитие навыков отладки и проверки аппаратуры, освоение принципов интеграции аппаратуры в системы радиационного контроля.

В результате освоения дисциплины студент будет обладать знаниями и навыками для разработки, отладки и эксплуатации устройств детектирования, понимать работу информационно-измерительной системы радиационного контроля. После успешного освоения данной дисциплины студент, пройдя соответствующую практику, сможет работать в институтах, разрабатывающих аппаратуру, на атомных электростанциях, в службах внешней дозиметрии.

Из читаемых лекций студент узнаёт о конструкции ионизационных камер, об оптимизации толщины стенок, о вольтамперных характеристиках камер при их наполнении воздухом и электроположительным газом. Узнает о выборе сцинтиллятора для сцинтилляционного дозиметра и о выборе оптимального напряжения, подаваемого на ФЭУ. Узнает о способах улучшения энергетической зависимости чувствительности дозиметров с газоразрядными счётчиками.

Существенное внимание уделено в курсе современным методам индивидуальной дозиметрии.

Наряду с дозиметрической аппаратурой будут рассмотрены радиометрические приборы для определения активности, удельной и поверхностной активности, степени загрязнённости рабочей поверхности и одежды, плотностей потоков частиц и, прежде всего, нейтронов.

Особую группу радиометрических устройств составляют счётчики (спектрометры) человека, используемые для определения содержания инкорпорированных радионуклидов и расчёта доз внутреннего облучения.

На АЭС размещено более сотни дозиметрических и радиометрических блоков, которые объединены в единую сеть. В курсе будут рассмотрены назначение и особенности работы систем радиационно-технологического контроля (РТК), радиационного контроля помещений и промплощадки (РПК), радиационного контроля окружающей среды (РКОС). Студенты будут знать аппаратуру и характеристики информационно-измерительной системы радиационного контроля, топологию системы, построение информационных каналов, устройства накопления и отображения информации.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина предполагает овладение студентами предшествующих дисциплин, посвящённых дозиметрии ионизирующих излучений, взаимодействию излучений с веществом, методам ядерной физики, электроники. Студент должен знать основные акты взаимодействия ионизирующих частиц с атомами и ядрами, представлять зависимость сечений процессов от энергии частиц, особенности прохождения заряженных и незаряженных частиц в веществе. Студент должен знать физику работы детекторов различных типов. Студент должен представлять работу основных блоков электроники.

Дисциплина изучается на завершающей стадии теоретического обучения. Результаты её освоения будут использованы в период практики, дипломного проектирования и в будущей деятельности.

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	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
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-10 [1] - Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	З-ПК-10[1] - знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; ; У-ПК-10[1] - уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ;; В-ПК-10[1] - владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами
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.
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-13 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033	З-ПК-13[1] - знать техническую документацию по обслуживанию технологического оборудования; ; У-ПК-13[1] - уметь производить контроль соблюдения технологической дисциплины;; В-ПК-13[1] - владеть базовыми навыками работы на технологическом оборудовании
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-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	З-ПК-3[1] - знать методы проведения исследований физических процессов ; У-ПК-3[1] - уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок ; В-ПК-3[1] - владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
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,	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических	ПК-8 [1] - Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов, приборов и систем, готовностью осуществлять сбор, анализ и подготовку исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов	З-ПК-8[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем; ; У-ПК-8[1] - уметь применять информационные технологии и прикладные пакеты используемые при

защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008	проектировании физических установок и систем;; В-ПК-8[1] - владеть методами анализа и исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов
--	--	--	---

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,	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое

	профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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 культуры ядерной безопасности (B24)	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 формирования 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 глубокошелонированной 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/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Стационарные и носимые дозиметры фотонного излучения	1-8	8/8/8	ДЗ-8 (25)	25	ДЗ-8	З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-

							8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9
2	Индивидуальные дозиметры	9-15	7/7/7	Реф-14 (25)	25	Реф-14	3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3-ПК- 13, У- ПК- 13, В- ПК- 13, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/15/15		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК- 10, У- ПК- 10, В-

							ПК-10, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
ДЗ	Домашнее задание
Реф	Реферат
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	15	15	15
1-8	Стационарные и носимые дозиметры фотонного излучения	8	8	8
1 - 8	Стационарные и носимые дозиметры фотонного излучения 1-2-я неделя	Всего аудиторных часов		
		8	8	8
		Онлайн		

	Опрос об основных видах взаимодействия прямо и косвенно ионизирующего излучения с веществом Основные дозиметрические понятия и величины. Тонкий и толстый детекторы, измерение плотностей тока и потока. 3-4-я недели Ионизационный дозиметр. Конструкция типичных ионизационных камер, вольтамперные характеристики при наполнении камер воздухом и электроположительными газами. Энергетическая зависимость чувствительности (ЭЗЧ) от толщины стенки 5-6-я недели Использование газоразрядных счётчиков в дозиметрии. Принцип работы, ЭЗЧ счётчика и пути её улучшения. Зависимость показаний от мощности дозы. Многоконтурные счётчики. Способы расширения измеряемого диапазона мощностей доз. 7-8-я недели Сцинтилляционные измерители мощности дозы фотонного излучения. Выбор сцинтиллятора, выбор напряжения, подаваемого на ФЭУ и делитель напряжения. Методы подавления темнового тока ФЭУ. Возможность расширения диапазона доз в область меньших значений.			
9-15	Индивидуальные дозиметры	7	7	7
9 - 15	Индивидуальные дозиметры 9-10-я недели Термолюминесцентные дозиметры. Основные типы термолюминесцентных детекторов и их характеристики. Способы измерения запасённой светосуммы. Зависимость светосуммы от дозы. Способы улучшения ЭЗЧ. Возможность создания бета –дозиметра. 11-12-я недели Радиофотолюминесцентные дозиметры. Типичный состав люминофора. Способы измерения светосуммы. Способы улучшения ЭЗЧ. 13-14-я недели Полупроводниковые детекторы в дозиметрии. Типы полупроводниковых детекторов, вентильный и диодный режимы. Регистрация импульсов и способ улучшения ЭЗЧ. 15-я неделя Прием рефератов	Всего аудиторных часов		
		7	7	7
		Онлайн		

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

1. Традиционные лекции с использованием мультимедийной техники.
2. Ролевая игра.
3. Подготовка и защита рефератов.
4. Предусматривается разбор конкретных ситуаций.
5. Посещение одного из кризисных центров.

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-10	З-ПК-10	З, ДЗ-8, Реф-14
	У-ПК-10	З, ДЗ-8, Реф-14
	В-ПК-10	З, ДЗ-8, Реф-14
ПК-13	З-ПК-13	З, ДЗ-8, Реф-14
	У-ПК-13	З, ДЗ-8, Реф-14
	В-ПК-13	З, ДЗ-8, Реф-14
ПК-3	З-ПК-3	З, ДЗ-8, Реф-14
	У-ПК-3	З, ДЗ-8, Реф-14
	В-ПК-3	З, ДЗ-8, Реф-14
ПК-8	З-ПК-8	З, ДЗ-8, Реф-14
	У-ПК-8	З, ДЗ-8, Реф-14
	В-ПК-8	З, ДЗ-8, Реф-14
ПК-9	З-ПК-9	З, ДЗ-8, Реф-14
	У-ПК-9	З, ДЗ-8, Реф-14
	В-ПК-9	З, ДЗ-8, Реф-14

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	Оценка по 4-ех	Оценка	Требования к уровню освоению
-------	----------------	--------	------------------------------

баллов	балльной шкале	ECTS	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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К49 Радиационная дозиметрия : монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. ЭИ Б 90 Спектрометрия ионизирующих излучений. Гамма-спектрометрия : учеб. пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021
3. ЭИ Б 90 Спектрометрия ионизирующих излучений. Основные понятия и терминология : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021
4. 539.1 К78 Инструментальные методы радиационной безопасности : учебное пособие для вузов, Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 ЯЗ4 Ядерное приборостроение Т.2 Измерительные системы. Т.3: Производство аппаратуры, , Москва: Восточный горизонт, 2005
2. 539.1 К78 Инструментальные методы радиационной безопасности : конспект лекций: учебное пособие для вузов, Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Москва: МИФИ, 2003
3. 33 К90 Методика использования задач и деловых игр в преподавании политэкономии : , Кулешов В.У., М.: Высш.школа, 1991

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

Дисциплина "Аппаратура контроля радиационной безопасности" предполагает овладения студентами предшествующих дисциплин, посвящённых дозиметрии ионизирующих излучений, взаимодействию излучений с веществом, методам ядерной физики, электроники. После успешного освоения данной дисциплины студент, пройдя соответствующую практику, сможет работать в институтах, разрабатывающую аппаратуру, на атомных электростанциях, в службах внешней дозиметрии.

Из читаемых лекций студент узнаёт о конструкции ионизационных камер, об оптимизации толщины стенок, о вольтамперных характеристиках камер при их наполнении воздухом и электроположительным газом. Узнает о выборе сцинтиллятора для сцинтилляционного дозиметра и о выборе оптимального напряжения, подаваемого на ФЭУ. Узнает о способах улучшения энергетической зависимости чувствительности дозиметров с газоразрядными счётчиками.

Существенное внимание уделено в курсе современным методам индивидуальной дозиметрии.

Наряду с дозиметрической аппаратурой будут рассмотрены радиометрические приборы для определения активности, удельной и поверхностной активности, степени загрязнённости рабочей поверхности и одежды, плотностей потоков частиц и, прежде всего, нейтронов.

Особую группу радиометрических устройств составляют счётчики (спектрометры) человека, используемые для определения содержания инкорпорированных радионуклидов и расчёта доз внутреннего облучения.

На АЭС размещено более сотни дозиметрических и радиометрических блоков, которые объединены в единую сеть. В курсе будут рассмотрены назначение и особенности работы систем радиационно-технологического контроля (РТК), радиационного контроля помещений и промплощадки (РПК), радиационного контроля окружающей среды (РКОС). Студенты будут знать аппаратуру и характеристики информационно-измерительной системы радиационного контроля, топологию системы, построение информационных каналов, устройства накопления и отображения информации.

В результате освоения дисциплиной студент будет обладать знаниями и навыками для разработки, отладки и эксплуатации устройств детектирования, понимать работу информационно-измерительной системы радиационного контроля.

Лекционный курс дополняется современным лабораторным практикумом.

Лекция 1

Основные дозиметрические понятия и величины. Тонкий и толстый детекторы, измерение плотностей тока и потока. Опрос об основных видах взаимодействия прямо и косвенно ионизирующего излучения с веществом.

Лекция 2

Ионизационный дозиметр. Конструкция типичных ионизационных камер, вольтамперные характеристики при наполнении камер воздухом и электроположительными газами. Энергетическая зависимость чувствительности (ЭЗЧ) от толщины стенки

Лекция 3

Использование газоразрядных счётчиков в дозиметрии. Принцип работы, ЭЗЧ счётчика и пути её улучшения. Зависимость показаний от мощности дозы. Много нитяные счётчики. Способы расширения измеряемого диапазона мощностей доз.

Лекция 4

Сцинтилляционные измерители мощности дозы фотонного излучения. Выбор сцинтиллятора, выбор напряжения, подаваемого на ФЭУ и делитель напряжения. Методы подавления темного тока ФЭУ. Возможность расширения диапазона доз в область меньших значений.

Лекция 5

Термолюминесцентные дозиметры. Основные типы термолюминесцентных детекторов и их характеристики. Способы измерения запасённой светосуммы. Зависимость светосуммы от дозы. Способы улучшения ЭЗЧ. Возможность создания бета – дозиметра.

Лекция 6

Радиофотолюминесцентные дозиметры. Типичный состав люминофора. Способы измерения светосуммы. Способы улучшения ЭЗЧ.

Лекция 7

Полупроводниковые детекторы в дозиметрии. Типы полупроводниковых детекторов, вентильный и диодный режимы. Регистрация импульсов и способ улучшения ЭЗЧ.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (семестр 8)

1. Интеллектуальный ионизационный дозиметр.

2. Дозиметр с газоразрядным счётчиком.
3. Сцинтилляционный дозиметр с комбинированным сцинтиллятором.
4. Сцинтилляционное устройство детектирования с NaI(Tl).
5. Термолюминесцентные и радиофотолюминесцентные дозиметры для индивидуального дозиметрического контроля.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Ограниченное число студентов позволяет проводить занятия с активным вовлечением слушателей в познавательный процесс, совмещая лекции с элементами практических занятий и семинаров.

Данный курс базируется на знаниях, полученных студентами в предшествующих дисциплинах: «Дозиметрия ионизирующих излучений», «Общая электротехника и электроника», «Экспериментальная ядерная физика».

Курс начинается с ознакомления системы передачи единиц от Государственного Эталона рабочим средствам измерения. Следует обратить внимание на возрастающую неопределённость измеряемой величины по мере удаления от Государственного Эталона. Среди общих требований, предъявляемых к дозиметрам и радиометрам, необходимо обратить внимание студентов на термин показатели качества, фактически это характеристика устройств. Среди них для освоения курса играют такие показатели, как диапазон и поддиапазоны измерений, диапазон энергий частиц, основные и дополнительные погрешности. Необходимо показать различие в требованиях, предъявляемых к индивидуальным, носимым, переносным приборам. Следует выделить показатели качества индивидуальных дозиметров.

. Необходимо дать в виде рисунка задачи дозиметров и радиометров и показать их место в системе контроля радиационной безопасности.

Каждый студент должен воспринять необходимость разработки избирательных радиометров. Усвоить фундаментальную разницу между измерением тока и потока излучения и вытекающие отсюда требования к толщине детектора.

Необходимо привести примеры регистрации частиц, фотонов при толщине детектора много меньше $1/\mu$, или R и больше чем $1/\mu$. или R , соответственно. Покажите стремление показаний к бесконечности при измерении плотности потока и к $1/2$ при измерении тока по мере уменьшения расстояния детектор-источник.

Пригласите двух студентов и предложите им нарисовать на доске зависимость мононаправленного потока α -частиц от глубины проникновения в вещество и зависимость плотности переданной энергии от глубины. Упомяните об узком энергетическом диапазоне испускаемых радионуклидами α -частиц.

Студент должен представлять особенности распространения α -частиц в веществе, уровень линейной передачи энергии (ЛПЭ), масштаб пробега α -частиц, реализацию этих свойств при разработке блоков детектирования избирательных радиометров. Начать рассмотрение α -радиометров следует с распространенных во всем мире приборов с дисперсным сцинтиллятором. Покажите при простейшей оценке разницу в поглощенных энергиях при взаимодействии α -частиц и электронов.

Затем следует дать описание принципа работы пропорционального счётчика. Нужно показать схему используемых конструкций.

Пригласите студентов высказать их мнение о зависимости коэффициента газового усиления (КГУ) от диаметра нити, напряжения и давления.

Подчеркните нежелательный эффект от проникновения в объём счётчика воздуха и паров воды.

При рассмотрении полупроводниковых детекторов пригласите кого-либо из студентов объяснить принцип работы. Дайте краткое напоминание о структуре детектора, зависимости ширины перехода от напряжения. Студент должен понять, почему в полу-проводниковых (ППД) радиометрах обязательно используют зарядочувствительный усилитель.

Дайте зависимость поправок от толщины окна детектора для тонкого и толстого источников. Приведите рисунок, как меняется α -спектр от толщины источника.

При изучении раздела о β -радиометрах необходимо вспомнить о типичных спектрах электронов и позитронов, их прохождении через вещество, что необходимо при введении поправок на поглощение β -излучения в окне или стенках детектора. Знать ответ на вопрос, почему предпочитают органические кристаллы в блоках детектирования и как подбирать толщину сцинтиллятора. При исследованиях загрязнённости воды, продуктов питания и т.п. уровни активности бывают малы, и фон служит серьёзной помехой, каковы природные методы уменьшения вклада фона.

Дайте структурную схему установок малого фона и самого чувствительного в мире радиометра РБК-4 ем, использующего метод совпадений. Остановитесь на проблеме измерения трития; опишите схему радиометров для регистрации активности проб с тритием.

Рассмотрев радиометры α - и β -излучения, следует перейти к радиометрам газов и аэрозолей. Нарисуйте схеме радиометра газов с волоконным фильтром для осаждения аэрозолей. Остановитесь на проблеме градуировки газоразрядного счётчика в объёмной трубе.

При описании радиометров жидкостей, включая воду, кратко опишите погружные детекторы.

Обычно нет необходимости в использовании g -радиометров, а применяют обычно g -дозиметры. Студент должен вспомнить, что такое поглощенная доза и керма, каковы требования к приближительному экспериментальному определению кермы.

Пригласите студентов объяснить, что такое эквивалентная доза и эквивалент дозы, операционные величины. Напомните, за каким экраном следует измерять поглощенную дозу.

Необходимо показать, как выбрать объём и напряжение ионизационного дозиметра, представить энергетическую зависимость показаний дозиметра при разных толщинах стенки камеры.

При рассмотрении сцинтилляционных дозиметров необходимо объяснить, какой сцинтиллятор предпочтителен, как выбрать диапазон прикладываемого напряжения и как оценить анодный ток.

Термолюминесцентные детекторы нашли повсеместное применение для индивидуальной дозиметрии. Объясните, каковы способы считывания информации, как улучшить дозовую ЭЗЧ дозиметров, подчеркните – набор детекторов и пульт единое целое.

Студент должен иметь представление о радиофотолюминесцентных дозиметрах, способе считывания информации, методах поддержания стабильности аппаратуры.

Приведите рисунок, показывающий спектр поглощения фотонов света для облученного и необлученного детекторов и, соответственно, спектры эмиссии света. Для стабилизации чувствительности установки применяют периодическую в процессе считывания показаний

партии детекторов либо установку стекла с окислами марганца, либо светового сигнала от источника стабильного свечения.

При изучении дозиметров с газоразрядными счётчиками студент должен понять, почему возможно измерение дозы или мощности дозы, когда сигнал не зависит от энергии фотонов (и сорта частиц), каковы пути улучшения дозовой ЭЗЧ.

Покажите, что для детекторов, имеющих избыточную чувствительность к фотонам малой энергии, используют перфорированные экраны из кадмия, олова. Требуется понимание зависимости скорости счёта от мощности дозы.

Нейтронное излучение характеризуется протяженным энергетическим спектром от миллиэлектронвольт до десятков МэВ.

В радиационной безопасности повсеместно применяют радиометры быстрых нейтронов на основе дисперсного комбинированного сцинтиллятора и необходимо представлять его ЭЗЧ и возможность её интерпретации пороговой функцией. Для детектирования тепловых нейтронов используют дисперсные, насыщенные бором сцинтилляторы или коронные борные счётчики, а иногда наполненные ^3He счётчики.

Студент должен понимать, какие возможности открывает метод предварительного замедления нейтронов во «всеволновых» счётчиках и дозиметрах.

Часть курса посвящена изучению радиометров-спектрометров.

В первую очередь, необходимо показать возможности, принцип работы и назначение сцинтилляционных, полупроводниковых спектрометров. Объяснить, что такое приборная форма линии, как связана ширина пика на полувысоте с дисперсией. Необходимо увязать методы обработки приборных спектров с решением интегральных уравнений. Необходимо представлять зависимость эффективности, формы линии и разрешения от объёма сцинтиллятора. Студент должен представлять достоинства и недостатки полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометров.

Для а-спектрометрии обычно используют кремниевые полупроводниковые детекторы. Напомните студентам о зависимости спектра эмиссии из проб от толщины. Покажите зависимость формы импульса от ширины перехода.

Особое внимание уделите системам и сетям радиационного контроля, сбору и передаче информации.

Автор(ы):

Крамер-Агеев Евгений Александрович, д.ф.-м.н.,
профессор