

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 ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

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
8	5	180	30	0	15		51	30	Э
Итого	5	180	30	0	15	15	51	30	

## АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются методы прикладной спектromетрии ионизирующих излучений. Даются основные характеристики источников фотонного, нейтронного и альфа излучений. Вводятся основные характеристики спектров. Рассматриваются основные типы спектрометров для малоинтенсивного ионизирующего излучения, условия их применения для решения практических задач в различных областях науки и техники. Для каждого типа спектрометров описываются методы обработки спектрометрической информации. В рамках практических занятий (лабораторных работ) проводится градуировка полупроводникового гамма-спектрометра по эффективности.

Цель курса – создать необходимый уровень знаний по спектromетрии ионизирующих излучений.

Задача дисциплины – обучить слушателей создавать и применять различные типы спектрометров ионизирующего излучения.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- Изучить основные виды спектрометров, условия их применения для решения практических задач в различных областях науки и техники.
- Изучить методы обработки спектрометрической информации.
- Обучить слушателей создавать и применять различные типы спектрометров ионизирующего излучения.

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

Дисциплина относится к профессиональным дисциплинам.

Предшествующие дисциплины:

- Дисциплины по специализации
- Прикладная математика

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

		<b>стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	
<b>научно-исследовательский</b>			
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	З-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 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
<b>проектный</b>			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование	ПК-2.3 [1] - Способен к расчету и проектированию биологических защит и систем автоматизированного контроля радиационной безопасности АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-2.3[1] - Знать основные законы распространения ионизирующих излучений в однородных и неоднородных средах;; У-ПК-2.3[1] - Уметь проектировать системы автоматизированного контроля радиационной

входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	стандарт: 24.078	безопасности на АЭС и безопасного обращения с ОЯТ и РАО; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами проектирования биологических защит радиационно-опасных объектов АЭС
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 (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

		<p>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 (В18)	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 (В19)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «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-</p>

		<p>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.</p>
<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. 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</p>

		<p>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.</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 ядерного топливного цикла.</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/ Практи. (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	Часть 1	1-8	16/0/8		25	КИ-8	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Часть 2	9-15	14/0/7		25	КИ-15	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-



							2.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		30/0/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	30	0	15
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	16	0	8
1 - 2	<b>Тема 1 Введение и основные понятия</b> Предмет изучения спектрометрии. История спектрометрических измерений. Области применения спектрометрических методов. Энергетический спектр и его виды (монохроматический, дискретный, непрерывный, смешанный). Дифференциальный и интегральный спектры. Приборная форма линии. Функция отклика спектрометра. Абсолютная и относительная полуширина пика. Энергетическое разрешение спектрометра. Эффективность спектрометра (абсолютная (светосила), собственная, относительная, эффективность по пику полного поглощения). Классификация спектрометров. Объект исследования в прикладной спектрометрии. Источники излучений.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 8	<b>Тема 2 Спектрометрия гамма-излучения</b> Источники фотонного излучения и их характерные особенности. Взаимодействие гамма-излучения с веществом (фотоэффект, эффект Комптона, парообразование). Блок-схема гамма- спектрометра. Сцинтилляционные методы гамма-спектрометрии. Сцинтилляторы и их основные характеристики. Основные характеристики фотоэлектронных умножителей. Требования к спектрометрическим сцинтилляторам и ФЭУ. Структурная схема сцинтилляционного спектрометра. Область применения сцинтилляционных гамма-спектрометров.  Приборная форма линии для моноэнергетических фотонов и факторы ее определяющие. Пик полного поглощения. Комптоновский край. Комптоновская долина. Аннигиляционный пик. Пик одиночного вылета. Пик двойного вылета. Пик обратного рассеяния. Пик характеристического рентгеновского излучения. Пик суммирования. Внешние факторы, формирующие аппаратурный спектр: источник, детектор, окружающие материалы. Выбор детектора. Инструментальные основы спектрометра. Модули NIM. Предусилитель. Источник высоковольтного смещения. Усилитель. Многоканальный анализатор. АЦП. Современные решения.  Многокристалльные спектрометры (спектрометр антисовпадений, комптоновский спектрометр, парный спектрометр).	Всего аудиторных часов		
		12	0	8
		Онлайн		
		0	0	0

	Процедуры обработки спектров. Классический метод наименьших квадратов (МНК). Взвешенная и обобщенная МНК-оценки. Сглаживание экспериментальных зависимостей. Сплайн-аппроксимация.  Энергетическая градуировка спектрометра. Методы определения центроиды (положения пика полного поглощения), энергетического разрешения, площади пика. Учет фона. Определение характеристик пиков в мультиплетах. Поправки на наложение импульсов и просчеты.			
<b>9-15</b>	<b>Часть 2</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
9 - 12	<b>Тема 3. Спектрометрия альфа излучений.</b> Взаимодействие альфа-излучения с веществом. Природные и искусственные источники альфа-излучения. Обзор современных методов альфа-спектрометрии. Ионизационные методы альфа-спектрометрии. Сцинтилляционные методы. ЖС-спектрометрия. Полупроводниковые альфа-спектрометры. Авторадиография. Форма энергетического пика альфа-излучателя и его аппроксимация. Область применения альфа-спектрометров.	<b>Всего аудиторных часов</b>		
		10	0	7
		<b>Онлайн</b>		
		0	0	0
13 - 14	<b>Тема 4. Спектрометрия бета-излучений.</b> Особенности взаимодействия бета-частиц с веществом. Бета-спектры. Типы бета-спектрометров. Области использования бета-спектрометров.	<b>Всего аудиторных часов</b>		
		2	0	0
		<b>Онлайн</b>		
		0	0	0
15	<b>Тема 5 Спектрометрия нейтронов</b> Классификация источников нейтронов по способу получения. Классификация методов спектрометрии нейтронов. Методы ядер отдачи. Методы ядерных реакций. Время-пролетный спектрометр. Сфера Боннера.	<b>Всего аудиторных часов</b>		
		2	0	0
		<b>Онлайн</b>		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>
	<i>8 Семестр</i>

1 - 8	<b>Основные характеристики HPGe гамма-спектрометра.</b> ЛР-1. Устройство и основные характеристики современного HPGe гамма-спектрометра. Введите здесь подробное описание пункта ЛР-2. Калибровки HPGe гамма-спектрометра, необходимые для радионуклидного анализа.
9 - 15	<b>HPGe гамма-спектрометрический радионуклидный анализ</b> ЛР-3. Обработка HPGe аппаратного спектра на предмет определения скоростей счета в пиках и погрешностей скоростей счета. ЛР-4. Радионуклидный анализ счетных образцов.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по следующей схеме: лекции, семинарские занятия с отчетом о решенных задачах, лабораторные работы с последующей защитой для закрепления темы, промежуточный контроль знаний (8-я неделя), выполнение домашнего задания (задачи по ряду тем курса), итоговый экзамен.

## 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-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2.3	З-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15

## 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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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 Б 90 Спектрометрия ионизирующих излучений. Гамма-спектрометрия : учеб. пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021
2. ЭИ Б 90 Спектрометрия ионизирующих излучений. Основные понятия и терминология : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021

3. ЭИ Т76 Характеристики радионуклидов для градуировки гамма-спектрометров : учебное пособие для вузов, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 539.1 К78 Инструментальные методы радиационной безопасности : учебное пособие для вузов, Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. ЭИ 3-15 Методы ядерно-физического мониторинга земной поверхности : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Задорожный, Москва: МИФИ, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Я34 Ядерное приборостроение Т.1 Приборы для измерения ионизирующих излучений, М.: Восточный горизонт, 2005
2. 539.1 Я34 Ядерное приборостроение Т.2 Измерительные системы. Т.3: Производство аппаратуры, , Москва: Восточный горизонт, 2005
3. 539.1 Т76 Характеристики радионуклидов для градуировки гамма-спектрометров : учебное пособие для вузов, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. ЭИ К78 Инструментальные методы радиационной безопасности : учебное пособие для вузов, Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. 539.1 С92 Сцинтилляционные методы спектрометрии гамма-излучения и электронов : Учеб. пособие для вузов, Под ред. В.Т. Самосадного, М.: МИФИ, 2003
6. 539.1 3-15 Методы ядерно-физического мониторинга земной поверхности : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Задорожный, Москва: МИФИ, 2008

#### 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**

В курсе изучаются методы прикладной спектрометрии ионизирующих излучений. Даются основные характеристики источников фотонного, нейтронного и альфа излучений. Вводятся основные характеристики спектров. Рассматриваются основные типы спектрометров

для малоинтенсивного ионизирующего излучения, условия их применения для решения практических задач в различных областях науки и техники. Для каждого типа спектрометров описываются методы обработки спектрометрической информации. В рамках практических занятий (лабораторных работ) проводится градуировка полупроводникового гамма-спектрометра по эффективности.

Цель курса – создать необходимый уровень знаний по спектрометрии ионизирующих излучений.

Задача дисциплины – обучить слушателей создавать и применять различные типы спектрометров ионизирующего излучения.

Лабораторная работа.

Этапы работы:

1. Обработка аппаратурных спектров гамма-спектрометра (определение числа импульсов в пиках полного поглощения программой МОБАС)
2. Вычисление активности градуировочных источников на момент измерений
3. Вычисление поправок на каскадное суммирование
4. Вычисление эффективности для заданных энергий пиков полного поглощения
5. Аппроксимация энергетической зависимости эффективности

Учебно-методические материалы

1. В.С. Трошин Измерение активности гамма-излучающих радионуклидов на однокристалльном гамма-спектрометре. Часть 1. Определение числа импульсов в пиках полного поглощения. М.: Типография МИФИ, 2003 г.

2. Протоколы результатов обработки с энергиями и квантовыми выходами используемых радионуклидов.

3. Комплекс программ для промежуточных результатов обработки и получения конечного результата.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс содержит три раздела:

- спектрометрия фотонов;
- спектрометрия низкоинтенсивных источников нейтронов;
- спектрометрия альфа-излучения

Наиболее подробно следует излагать первый раздел.

Желательно применять иллюстрационные материалы, используя доступные типы проекционной.

Раздел магнитные спектрометры выносится на самостоятельную работу студентов.

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

Автор(ы):

Будыка Александр Константинович, д.ф.-м.н., с.н.с.