

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ РАДИОМЕТРИИ И СПЕКТРОМЕТРИИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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
7	4	144	32	16	16		44	0	Э
Итого	4	144	32	16	16	16	44	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина состоит из двух основных разделов: «Детекторы в приборостроении» и «Применение детекторов для радиометрии и спектрометрии».

В первом разделе представлены физические принципы регистрации ядерных излучений детекторами различных видов: газоразрядными, сцинтилляционными, твердотельными кристаллическими и полупроводниковыми, а также применение пороговых черенковских детекторов. При рассмотрении детектирования ядерных излучений газоразрядными детекторами главное внимание уделено физике развития газового разряда и анализу вольт - амперной характеристики. Проанализированы особенности регистрации излучений и конструкция детекторов, работающих в разных областях вольт – амперной характеристики. При изучении свойств твердотельных детекторов показано преимущество детекторов с р-п переходом и представлены пути увеличения размера рабочей области. Рассмотрение свойств сцинтилляционных детекторов затронуло основные механизмы люминесценции, основные характеристики сцинтилляционных детекторов, различные способы построения сцинтилляционного детектора, свойства и параметры фотоэлектронных умножителей: вакуумных (ФЭУ) и твердотельных (SiФЭУ). Большое внимание уделено областям применения детекторов. Проанализированы также принципы работы черенковских детекторов, используемых как пороговые приборы.

В разделе «Применение детекторов для радиометрии и спектрометрии» представлены принципы измерения энергии ядерных излучений и работы спектрометров. Значительное внимание уделено анализу основных характеристик спектрометров ядерных излучений: функции отклика, разрешения и разрешающей способности, светосилы. Проанализированы основные принципы работы спектрометров полного поглощения, особенности однокристалльных и многокристалльных спектрометров, их характеристики и конструкции. Среди методов спектрометрии нейтронов выделен времяпролетный. Определены области их применения и получающиеся при этом характеристики.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины являются получение студентами знаний основных методов регистрации различных видов излучений, спектрометрии и дозиметрии излучения, знакомство студентов с устройством, физическими принципами действия, основными характеристиками и областями применения детекторов, спектрометров и дозиметров, развитием навыков работы с детекторами ядерных излучений а также с детекторами и спектрометрами излучений. Особое внимание в курсе уделяется освоению практических навыков работы на современной аппаратуре, используемой для решения научных и практических задач в области прикладной ядерной физики.

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

Изучение дисциплины опирается на знания, полученные при изучении математических и естественно-научных курсов, а также ядерной физики. Студенты должны уметь составлять и решать интегральные и дифференциальные уравнения, понимать и уметь строить функциональные и принципиальные схемы электронных устройств, уметь применять знания

физики взаимодействия излучения с веществом для моделирования детекторов излучения. Студенты должны быть готовы применить полученные знания при изучении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин в процессе проведения лабораторных работ по дисциплине.

### 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			
использование научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, современных компьютерных технологий и информационных ресурсов в своей предметной области	киберфизические приборы и системы в атомной отрасли, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, системы диагностики, управления и контроля ядерных и других физических установок, системы автоматизированного управления установками, разработка и технологии применения киберфизических систем для анализа веществ	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011, Анализ опыта: Использование научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, современных	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть

		компьютерных технологий и информационных ресурсов в своей предметной области.	современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области
проведение физических экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований, отчетов, анализ результатов и подготовке научных публикаций	киберфизические приборы и системы в атомной отрасли, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, системы диагностики, управления и контроля ядерных и других физических установок, системы автоматизированного управления установками, разработка и технологии применения киберфизических систем для анализа веществ	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011, Анализ опыта: Проведение физических экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований, отчетов, анализ результатов и подготовке научных публикаций.	3-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
производственно-технологический			
оценка ядерной и радиационной безопасности и контроль за соблюдением экологической безопасности	киберфизические приборы и системы в атомной отрасли, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, системы диагностики, управления и контроля ядерных и других физических установок,	ПК-8 [1] - Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за соблюдением экологической безопасности  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.030, 24.033, 24.078, Анализ опыта: Оценка ядерной и радиационной	3-ПК-8[1] - Знать методы оценки ядерной и радиационной безопасности, контроля за соблюдением экологической безопасности ; У-ПК-8[1] - Уметь оценивать ядерную и радиационную безопасность, проводить контроль за соблюдением экологической

	системы автоматизированного управления установками, разработка и технологии применения киберфизических систем для анализа веществ	безопасности и контроль за соблюдением экологической безопасности.	безопасности; В-ПК-8[1] - Владеть навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности
--	---	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование профессиональной ответственности, этики и культуры инженера-разработчика комплексных технических систем (В41)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Введение в физику взаимодействия ионизирующего излучения с веществом", "Введение в нейтронную физику" для формирования профессиональной ответственности, творческого инженерного мышления путем проведения физических экспериментов по заданным методикам, учитывая конструктивные особенности разрабатываемой ядерно-физической, электрофизической и киберфизической аппаратуры и составления описания проводимых исследований, отчетов, анализа результатов и подготовки научных публикаций. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Основы проектирования киберфизических устройств и систем» для формирования приверженности к профессиональным ценностям, этике и культуре инженера-разработчика, повышения интереса к инженерно-проектной деятельности через изучение вопросов применения методов программной инженерии в проектировании, повышения радиационной стойкости аппаратуры и учета внешних воздействующих факторов, ознакомление с технологиями промышленного производства посредством погружения студентов в работу

## 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>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел в Детекторы приборостроения	1-8	16/8/8		25	КИ-8	3-ПК-1, 3-ПК-3, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Второй раздел для и Применение детекторов дозиметрии и спектрометрии	9-16	16/8/8		25	КИ-16	У-ПК-1, В-ПК-1, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/16		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-8, У-

							ПК-8, В- ПК-8
--	--	--	--	--	--	--	---------------------

\* – 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

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	16
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел Детекторы в приборостроении</b>	16	8	8
1	<b>Детекторы ядерных излучений в приборостроении</b> Физические основы методов регистрации ядерных излучений. Классификация детекторов.. Ионизация газов. Движение электронов и ионов в газах. Процесс ионизации газов.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Интегральные и импульсные ионизационные камеры</b> Принцип работы ионизационных камер. Вольтамперная характеристика. Ток насыщения. Уравнение интегральной ионизационной камеры. Учет рекомбинации и диффузии. Устройство ионизационных камер. Схема включения. Области применения и особенности конструкции: ионизационных камер для регистрации различных видов излучения. Принцип работы импульсных ионизационных камер. Схемы включения. Механизм образования импульса. Форма и амплитуда импульса. Влияние постоянной RC на форму импульса. Электронная и ионная составляющие импульса. Время разрешения. Амплитудное разрешение. Особенности применения импульсных ионизационных камер при решении задач ядерного приборостроения	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Газоразрядные детекторы</b> Пропорциональные газоразрядные детекторы Определение области несамостоятельного разряда. Ударная ионизация. Коэффициент ударной ионизации, механизм газового усиления. Коэффициент газового усиления для плоского и цилиндрического детекторов. Полное газовое усиление. Условие перехода несамостоятельного разряда в самостоятельный. Механизм образования импульса. Форма, амплитуда и длительность импульса. Схемы включения. Амплитудное разрешение.	Всего аудиторных часов		
		2	2	4
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>Особенности конструкций и области применения пропорциональных детекторов.  Детекторы с самостоятельным разрядом.  Определение области самостоятельного разряда, Механизм и способы гашения разряда, роль газового состава.  Самогасящиеся счетчики. Характеристики самогасящихся счетчиков: форма, амплитуда и длительность импульса, мертвое время, время восстановления и разрешающее время. Рабочая характеристика. Низковольтные счетчики.  Срок службы. Эффективность регистрации излучений;  Конструкции счетчиков. Особенности применения счетчиков с самостоятельным разрядом при решении практических задач в области прикладной ядерной физики.</p>			
4 - 5	<p><b>Сцинтилляционные детекторы ядерных излучений.</b>  Принцип действия и устройство сцинтилляционных детекторов. Механизм люминесценции вещества под действием излучения. Сцинтилляторы, их характеристики. Конверсионная эффективность. Время высвечивания. Механизм высвечивания сцинтилляторов. Типы сцинтилляторов. Сборка сцинтилляционного детектора.. Фотоумножители.. Общие характеристики сцинтилляционных детекторов: форма и амплитуда импульса, амплитудное и временное разрешение, отношение сигнал-шум, энергетический эквивалент шума, эффективность регистрации излучений. Особенности применения сцинтилляционных детекторов при регистрации заряженных частиц, электронов и гамма-излучения.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	2	4
		Онлайн		
		0	0	0
6	<p><b>Полупроводниковые детекторы</b>  Принцип действия и устройство полупроводниковых детекторов. Физические процессы в детекторе. Собственная и примесная проводимости. Способы уменьшения электропроводности. Однородные ППД, их характеристики. ППД с р-п-переходами. Свойства р-п-переходов, Ширина обедненной области. Емкость р-п-перехода. Типы ППД. Области применения и особенности регистрации излучений; полупроводниковыми детекторами.</p>	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<p><b>Детекторы нейтронов</b>  Принцип действия и устройство детекторов нейтронов. Ядерные реакции, используемые для регистрации нейтронов.  Регистрация медленных нейтронов. Борные детекторы. Скорость протекания ядерной реакции в борном детекторе. Счетчики с гелием. Регистрация медленных нейтронов сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Регистрация быстрых нейтронов. Импульсные ионизационные камеры для регистрации быстрых нейтронов.  Особенности регистрации нейтронов с использованием ядерных реакций деления. Регистрация нейтронов по наведенной; активности. Особенности активационного</p>	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0



	метода регистрации нейтронов. Пороговые и резонансные активационные детекторы.			
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел Применение детекторов для дозиметрии и спектрометрии</b>	16	8	8
9 - 16	<b>Детекторы для спектрометрии</b> Тема 1. Введение. Предмет ядерной спектрометрии. Физические основы методов спектрометрии. Прикладные задачи, решаемые методами ядерной спектрометрии. Тема 2. Спектрометр, его основные характеристики Определение спектрометра Понятие истинного и аппаратурного спектров, функция отклика детектора, физический смысл функции отклика. Задача восстановления спектра и обратная задача, влияние временных факторов на функцию отклика. Спектральная линия и аппаратурная форма линии энергетическое разрешение спектрометра. Эффективность спектрометра. Динамический диапазон. Структурная схема спектрометра. Тема 3. Ионизационные методы спектрометрии Использование ионизационных камер для спектрометрии заряженных частиц. Сферическая ионизационная камера; связь пробега альфа-частицы с энергией. Импульсные ионизационные камеры сеткой. Причины, влияющие на разрешающую способность. Виды излучений и особенности их спектрометрии при помощи ионизационных камер. Спектрометрия ионизирующих излучений с помощью пропорциональных счетчиков. Основные характеристики пропорционального счетчика как спектрометрического датчика. Методы измерения спектра рентгеновского излучения с помощью пропорциональных счетчиков. Тема 4. Сцинтилляционные методы спектрометрии заряженных частиц и гамма-квантов Особенности взаимодействия с веществом сцинтиллятора альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучений. Преимущества и недостатки сцинтилляционных детекторов. Энергетическое и временное разрешения сцинтилляционных датчиков. Пропорциональность амплитуды световой вспышки энергии регистрируемой частицы. Зависимость линейного коэффициента поглощения гамма-излучения от энергии гамма-квантов. Форма линии в сцинтилляционном гамма-спектрометре. Пик полного поглощения. Асимметрия пика, утечка электронов и рентгеновского характеристического излучения. Комптоновское распределение. Теоретическая форма спектра. Аппаратурная форма линии при комптоновском распределении. Пик обратного рассеяния. Характеристическое рентгеновское излучение из конструкционных материалов. Фотоэффективность спектрометра. Фоточасть спектра. Полная эффективность спектрометра. Аппаратурная линия при энергии гамма- квантов более 1.5 МэВ. Аннигиляция позитрона. Пик утечки и пик полного поглощения.	Всего аудиторных часов		
		16	8	8
		Онлайн		
		0	0	0

<p>Зависимость площади под всеми пиками от размеров кристалла и энергии гамма-излучения. Аппаратурная линия при каскадных переходах. Калибровка спектрометра.</p> <p>Многокристалльные спектрометры. Спектрометр с защитным сцинтиллятором на антисовпадениях.</p> <p>Комптоновский спектрометр. Парный спектрометр. Спектрометр полного поглощения.</p> <p>Факторы, определяющие разрешающую способность сцинтилляционного бета-спектрометра. Эффективность сцинтилляционного однокристалльного спектрометра к заряженным частицам. Особенности спектрометрии заряженных частиц сцинтилляционным методом.</p> <p>Области применения сцинтилляционных спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p> <p>Тема 5. Полупроводниковые методы спектрометрии ионизирующих излучений.</p> <p>Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров.</p> <p>Преимущества и недостатки полупроводниковых спектрометров. Пропорциональность амплитуды сигнала числу пар носителей заряда и энергии поглощаемого излучения, разрешение полупроводникового спектрометра : факторы, влияющие на разрешение (обратное смещение, величина обедненного слоя, температура). Градуировка спектрометра Спектрометры тяжелых заряженных частиц.</p> <p>Полупроводниковые бета-спектрометры, влияние обратного рассеяния бета-частиц на аппаратурную линию, разрешение. Применение кремниевых и германиевых детекторов.</p> <p>Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения.</p> <p>Преимущества по сравнению со сцинтилляционными спектрометрами, энергетическое разрешение. Особенности проведения эксперимента. Требования к детекторам.</p> <p>Выбор детекторов в зависимости от энергии гамма-излучения. Радиационные повреждения и их влияние на спектрометрические свойства полупроводниковых детекторов. Способы уменьшения вклада от комптоновского распределения в аппаратурном спектре импульсов. Спектрометр с защитой по антисовпадениям.</p> <p>Комптоновский спектрометр, парный спектрометр.</p> <p>Области применения полупроводниковых спектрометров для научных исследований и в народном хозяйстве.</p> <p>Тема 7. Методы спектрометрии нейтронов</p> <p>Метод ядер отдачи. Радиатор. Регистрация нейтронов фотоэмульсиями и телескопами. Метод ядерных реакций, пропорциональные и сцинтилляционные детекторы, требования к ядерным реакциям, метод времени пролета, способы регистрации моментов вылета и попадания нейтронов, метод активационных пороговых детекторов.</p> <p>Метод полупроводниковых детекторов.</p>			
--	--	--	--

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>7 Семестр</i>
	<b>газоразрядные детекторы</b> Определение характеристик газоразрядных детекторов
	<b>Сцинтилляционные детекторы</b> Определение эффективности регистрации гамма-излучения сцинтилляционным детектором
	<b>Сцинтилляционные спектрометры</b> Спектрометр гамма-излучения на основе сцинтиллятора NaI(Tl)
	<b>Полупроводниковые спектрометры</b> Полупроводниковый спектрометр гамма-излучения

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 8	<b>Детекторы ядерных излучений в приборостроении: газовые ионизационные, сцинтилляционные, полупроводниковые</b> Детекторы ядерных излучений в приборостроении: газовые ионизационные, сцинтилляционные, полупроводниковые
	<b>Применение детекторов в спектрометрии и дозиметрии</b> Экспериментальные методы спектрометрии потоков нейтронов, гамма-лучей и заряженных частиц

#### 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции, практические занятия и лабораторные работы

#### 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-1	З-ПК-1	Э, КИ-8
	У-ПК-1	Э, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8
	У-ПК-3	Э, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-16
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8
	У-ПК-8	Э, КИ-8
	В-ПК-8	Э, КИ-8

### 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 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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. 539.1 А56 Детекторы импульсного ионизирующего излучения : монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2016
2. ЭИ К49 Дозиметрия ионизирующих излучений : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
3. ЭИ Р 32 Регистрация ядерных излучений в прикладных задачах : Лабораторный практикум в двух частях, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2019
4. 539.1 Э41 Экспериментальные методы ядерной физики Вып.7 Экспериментальные методы и аппарата для исследования ядерно-физических характеристик процессов деления и синтеза, , М.: Атомиздат, 1980

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 П69 Практическая спектрометрия ядерных излучений : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2016
2. 539.1 А39 Фотонные методы регистрации излучений : , Дубна: ОИЯИ, 2014
3. 539.1 Э41 Экспериментальные методы нейтронных исследований : Учебное пособие для вузов, , Москва: Энергоатомиздат, 1990
4. 539.1 С92 Сцинтилляционные методы спектрометрии гамма-излучения и электронов : Учеб. пособие для вузов, Под ред. В.Т. Самосадного, М.: МИФИ, 2003

### 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**

### **1. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

### **2. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям.**

2.1. Для понимания материала учебной дисциплины и качественного его усвоения рекомендуется вести конспект лекций. Конспектирование представляет собой сжатое и свободное изложение наиболее важных, кардинальных вопросов темы, излагаемой в лекции.

2.2. Перед очередной лекцией следует просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции и проработать учебный материал лекции по учебнику и учебным пособиям для успешного освоения материала.

2.3. Возникающие вопросы и непонятные моменты можно записывать в конспект, чтобы спросить о них у преподавателя на лекции.

### **3. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

3.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

3.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, внимательно прочитать материал лекций, относящихся к данному практическому занятию.

3.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

### **4. Рекомендации по подготовке и выполнению лабораторных работ.**

4.1. Лабораторные работы - это один из основных видов учебных занятий, направленный на экспериментальное подтверждение теоретических положений. Обучающиеся самостоятельно выполняют задания под контролем преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала. Обучающимся рекомендуется ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ согласно календарному плану дисциплины.

4.2. Перед выполнением лабораторной работы следует самостоятельно изучить теоретическую часть работы, используя лабораторный практикум, подготовить ответы на контрольные вопросы;

4.3. В процессе лабораторной работы четко следовать инструкциям и указаниям преподавателя или дежурного лаборанта, не приступать к выполнению работы без разрешения; руководствоваться правилами техники безопасности и мерами предосторожности, указанными в описаниях; фиксировать в лабораторном журнале результаты измерений для последующей их обработки. По завершению работы привести рабочее место в порядок и сдать лабораторный стенд преподавателю или дежурному лаборанту.

4.4. Выполнение работы заканчивается составлением краткого отчета, в котором следует указать: что и каким методом исследовалось или определялось; какой результат и с какими погрешностями (абсолютными и относительными) был получен; краткое обсуждение полученных результатов. Защитить результаты лабораторной работы следует до начала следующей по расписанию работы. Не рекомендуется иметь более одной не сданной работы перед началом следующей работы.

#### 5. Самостоятельная работа обучающихся

5.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

5.2. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

#### 6. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

6.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

6.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и конце семестра в середине и конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу экзамена и самостоятельную подготовку к нему. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал и внимательно изучить материал лекций, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

### 1.2. На первом занятии преподаватель:

знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;

уточняет наполнение лекций и планы практических (семинарских, лабораторных) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;

рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;

доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

## 2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины

### 2.1. Рекомендации по подготовке и проведению лекций:

2.1.1. Цель лекции - организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. При этом лекционный материал рекомендуется постоянно актуализировать (вносить замечания, дополнения, пояснения и т.д.).

2.1.2. К типичным структурным элементам лекции относятся: вступление, основная часть, заключение. В начале лекции преподаватель называет тему лекции, основные вопросы, выносимые на лекцию, указывает основную и дополнительную литературу и главы и параграфы в ней, где изложен материал лекции. После каждого раздела делаются обобщающие выводы и даются указания по самостоятельной работе над материалом лекции.

2.1.3 Рекомендуется максимально использовать наглядные пособия и технические средства обучения. Для этого разрабатываются презентации. Каждый слайд должен содержать основные положения и сопровождаться дополнительными примерами и пояснениями преподавателя.

### 2.2. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:

2.2.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

### 2.3. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.3.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.3.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

### 2.4. Рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ:

2.4.1. Лабораторная (практическая) работа - это такой метод обучения, при котором обучающиеся под руководством преподавателя и по заранее намеченному плану продельвают опыты или выполняют определенные практические задания и в процессе их воспринимают и осмысливают новый учебный материал.

2.4.2. Проведение лабораторных работ включает в себя следующие методические приемы:

- постановку темы занятий и определение задач лабораторно-практической работы;
- определение порядка лабораторно-практической работы или отдельных ее этапов;
- непосредственное выполнение лабораторно-практической работы учащимися и контроль преподавателя за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;
- подведение итогов лабораторно-практической работы и формулирование основных выводов.



2.4.3 Преподаватель проверяет результаты выполнения лабораторной работы, оформленной учащимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются соответствующими рекомендациями, приведенными в лабораторном практикуме дисциплины.

2.4.4. Оценки за выполнение лабораторной работы являются показателями текущей успеваемости учащихся по учебной дисциплине.

2.5. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

2.5.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины

2.5.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.5.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к лекционным, семинарским и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.5.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и конце семестра.

2.5.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём экзамена и самостоятельную подготовку к нему.

Автор(ы):

Кадилин Владимир Валериевич, к.ф.-м.н., доцент

Ибрагимов Ренат Фаридович