# Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

# ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

# КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

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 полготовки/ В		КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	4-5	144- 180	32	32	16		28-64	0	Э
Итого	4-5	144- 180	32	32	16	16	28-64	0	

#### **АННОТАЦИЯ**

Базируясь на предшествующих курсах по физике ядра, по взаимодействию излуче-ния с веществом, дозиметрии ионизирующих излучений, способствовать у студентов углублённому пониманию принципов работы детекторов ионизирующих излучения для целей дозиметрии и радиометрии, методов измерения сверхмалых токов и обработки им-пульсных сигналов. Освоение дисциплины обеспечит грамотный выбор блоков детекти-рования и блоков обработки информации для измерения поглощенной дозы, эквивалента дозы, активности источников ионизирующих излучений, удельной и объёмной активно-сти, плотностей потоков и флюенсов частиц; овладение технологией измерения радиаци-онных характеристик и обработки первичной информацией.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Базируясь на предшествующих курсах по физике ядра, по взаимодействию излуче-ния с веществом, дозиметрии ионизирующих излучений, способствовать у студентов углублённому пониманию принципов работы детекторов ионизирующих излучения для целей дозиметрии и радиометрии, методов измерения сверхмалых токов и обработки им-пульсных сигналов. Освоение дисциплины обеспечит грамотный выбор блоков детекти-рования и блоков обработки информации для измерения поглощенной дозы, эквивалента дозы, активности источников ионизирующих излучений, удельной и объёмной активно-сти, плотностей потоков и флюенсов частиц; овладение технологией измерения радиаци-онных характеристик и обработки первичной информацией.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина призвана связать знания студента в области теоретических дисциплин, относящихся к ядерной физике, и их практической реализации в эксперименте.

# 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 соотвествии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача	Объект или	Код и наименование	Код и наименование			
профессиональной	область знания	профессиональной	индикатора			
деятельности (ЗПД)		компетенции;	достижения			
		Основание	профессиональной			
		(профессиональный	компетенции			
		стандарт-ПС, анализ				
		опыта)				
На	научно-исследовательский					

Вазработка методов доли измучений математические модели, достокторы математические модели, достокторы математические модели, достокторы программы, проподимых исследований, отчетов, апализу результатов и подготовке научных публикаций методымых публикаций подготовке научных публикаций методымых публикаций подготовке научных публикаций методымых публикаций подготовке научных публикаций подготовке научных публикаций на методы обработки дапных; У-ПК-3[1] - уметь описания проводимых пестедований, отчетов, апализу результатов и подготовке научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навывами проведения физических экспериментов по заданной методимых пестедовать по заданной методических экспериментов по заданной методических описания проводимых паручаем и производственных паручаем; условаем производственных поделения методы производственных поделения методы обработы дапных; условаем производственных поделения методы обработы производственных поделения методы обработы производственных поделения методы представления производственных поделения методы представляющим правостью п	D5-	IC	ПК 2 [1] С 5	р шк эпт
ядя измерения полей ининирующих модели, детскторы изденный схемы, детскторы изденный подготовке паучных публикаций излучения изденный в области радиационной закологии, воздействия радиационных нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органыз прогодями и проводитых нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органызационных нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органыз изденения прогодями проводитых нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органыз и прогодями прогиоза и ападиационных нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органызационных нагрузок, прогиозировать возможные аварийшые ситуации органы прогиоза и ападиана аварийшых ситуаций органызационных нагрузок, прогиоза и ападиана ваврийшых ситуаций органы прогиоза и ападиана ваврийшых ситуаций органы прогим дижекие закопы и методы расчета и поределения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь разрабатывать и методы порадовать подадовать органызационных органызационных нагризок править и методы обрабаты программи дижетодия, органызация проводить, обрабаты цанных; у-ПК-4.1[1] - Уметь нагризокаций податать и подготами прогима устанить и методы обрабаты цанных; у-ПК-4.1[1] - Уметь нагризокаций податать и подата	1 -	1		
модели, электроные схемы, детекторы излучений излучений; электроные схемы, детекторы исследований, отчетов и подготовке научных публикаций излучения излучения излучения излучения излучения излучения излучения излучения излучения измоделивать на подготовке научных публикаций излучений; ипортамм для расчёта и поротрамм для расчёта и поротрам для расчения поротрам для расчения поротрам для расчения поротрам для	1 -	* *	1 1	*
излучений схемы, детекторы исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций профессиональный стандарт: 24.028, 24.078 (основание профессиональный стандарт: 24.028, 24.078 (основание подготовке научных публикаций; в-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной мольтогрымх и информационных технологий, научной терминологией запаний в области радиационной экологии, воздействия радиационных нагрузок, протнозировать возможные аварийные ситуации стандарт: 40.011  Организация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Потрамьм и проводить объекты, пагрузок, протнозировать возможные аварийные ситуации запучения прогнозировать компьютерные ситуации запуческие эксперименты для радиационных нагрузок, протнозировать компьютерные ситуации запучаеми прогнози и программы и проводить физические эксперименты для марабатывать и поределения характеристик полей нонизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь мощьютерные программ для расчёта и определения характеристик полей нонизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь манами программ для расчёта и определения компьютерные стандартные пакеты компьютотерных компьютотерных компьютотерных компьютотерных компьютотерных компьютотерных компьютерные стандартные пакеты компьютотерных компьютерные стандартные пакеты компьютерные стандартные пакеты компьютерные стандартные пакеты компьютерных компьютерные стандартные пакеты компьютерные пак	1 -		-	
Схемы, детекторы   проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке паучных публикаций исследований и подготовке паучных публикаций исследований и отчеты, подготавлявать материалы для научных публикаций; Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078   НПК-3[1] - Владсть навыками проведения физических экспериментов по заданной мологии, воздействия радиационной поляти, воздействия радиационных излучения излучения протозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива лодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы компьютерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь чарабатывной методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь стандартные паксты компьютерных программ для расчёта и программ для расчёта и программ для расчёта и программ для два счёта и программ для расчёта и программ для два счёта и програм для счёта и программ для два счёта и програм для два счёта и програм для счета и преде	1 3	1		
Методике, составлять описания проводимых публикаций и отчеты, подготавке научных публикаций и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть материалы для научных программ и проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и излучения излучения программ для расчёта и программ в промодить стандарт; 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Получение знаний в объекты, истопики излучений; подготавливать и методы даменты и программ и проводить физическая эксперименты для расчёта и пореденения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь образорать компьютерные программ и проводить физические законы и марастериетик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь опредения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь опредения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь стандартные пакеты компьютерные пакеты компьютерные пакеты компьютерные пакеты компьютерные программ для расчёта и программ для расч	излучений			
Получение знаний в объекты, подлотовке паучных публикаций подготавит и подготавит профессиональный стандарт; 24.028, 24.078   Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации па живую и пеживую материю.    Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации па живую и пеживую материю.    Получение знаний в объекты, источники излучения радиационные поля в производственшых условиях, разрабатывать способы спижения радиационной безопасности; условиях, разрабатывать способы спижения радиационной сезопасности; условиях, разрабатывать способы спижения радиационные поля в производственшых условиях, разрабатывать способы спижения радиационные поля в производственных пагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации    Основание: Профессиональный стандарт: 40.011   УПК-4.3[1] - Уметь разрабатывать и ситуации   Основание: Профессиональный стандарт: 40.011   Упить расрабатывать и молеринзировать компьютерных программ ди прасчёта и определения характеристик полей инжегия узлучений; учлений; учлени		схемы, детекторы	-	-
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия излучения неживую материю.  Портапизация работы коллектива подей с учетом специфики атомпой отрасли и экологической ответственности  Портапизация работы коллектива подей с учетом специфики атомпой отрасли и экологической ответственности  Подтовке цаучных программ два			исследований, отчетов,	*
Получение знаний в области радиационной вкологии, воздействия радиационные поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива прогнози разрабатывать и модернизировать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стапдартные паксты компьютерных программы и проводить образировать и программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стапдартные паксты компьютерных программ для расчёта и программа и проводить компьютерных программ для расчёта и программа для расчёта и пр				-
Получение знаний в области радиационной веживую материю.  Ядерные объекты, несточники излучения варабатывать способы снижения радиационных пагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и зкологической ответственности  Организация на жаворно неживной отрасли и зкологической ответственности  Организация пработы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и зкологической ответственности  Ответственности  Ответственности  Основание: Профессиональный с тандарт: 40,011  Оденование: Профессиональный с тандарт (дини) протраммы и проводить физические законы и методы расчета и определения зарактерыетия полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь разрабатывать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические законы и методы расчета и определения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь непользовать с тандартные пакеть компьютерных программ для расчета и программы и проводить компьютерных програм драгные пакеть компьютерных програм для расчета и программы для расчета и программы для расчета и программы для расчета и программы для расчета и програм д				исследований и отчеты,
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиационнах нагрузок, прогножные ситуации   Организационно-управленческий   Организация работы кулегом специфики атомной отрасли и экологической ответетвенности   Ответетвенности   Кара в в в в в в в в в в в в в в в в в в			публикаций	подготавливать
Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078  Получение знаний в области радиационной кологии, воздействия радиационных петочники излучения радиационных петочники излучения радиационных пагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы кологенва людей с учетом специфики атомной отрасли и заборатория  Организация на жарай с учетом специфики атомной отрасли и заборатория  Организация работы кологенва людей с учетом специфики атомной отрасли и закологием радиационной ответственности  Ответственности  ПК-4.3 [1] - Способен пормы и правила радиационной безопасности; условиях, разрабатывать способы снижения радиационных пагрузок; прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы модернизировать компьютерные породатывать и модернизировать компьютерные породатывать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программы для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; программ для расчёта и определения компьютерных программ для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих компьютерных программ для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих компьютерных программ для расчёта и определения компьютерных программ для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих карактерных програм для расчёта и определения компьютерных програм для расчёта и определения характерных програм для расчёта и определения характерных програм для расчёта и определения характерных програм для расчёта и определения для расчёта и определения для расчёта				материалы для
Получение знаний в области радиационной окологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Ядерные объекты, источники радиационной окологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Воздействия радиационных излучения радиационных технологий, научной технологий научной технологий, научной технологий научной технологий, начическия зарасть нособы снижения радиационных нагрузок, въздеть нормы и проводьть начими проводь				· ·
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Возращащий на живую и неживую материю.  Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Возрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Ответстве			Профессиональный	В-ПК-3[1] - владеть
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия и излучения радиационных патрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Органственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы колльектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;   Организационных патрузок, прогнозировать компььотерных ситуаций  Организационных патрузок, прогнози и апализа аварийных ситуаций  Организационных патрузок, прогнози и правизи проводить физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;   Организационном отральные поля в произименных (спижения радиационной отразовать способы снижения радиационных патрузок, прагивационном объемнам радиационном парационном объемнам радиационном объемнам радиационном объемнам радиационном объемнам радиационном объемнам радиационном объемн			стандарт: 24.028, 24.078	навыками проведения
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиационые поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизационно-управления учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизационно-управления учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллей и определения характеристик полей и онизирующих характеристик полей и онизирующих компьютерных стандартные пакеты использовать стандартные пакеты использовать стандартные пакеты использовать стандартные пакеты и определенных компьютерных программ для расчёта и определенных компьютерных компьютер				физических
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Волити радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Воричение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Воричения радиационные поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Воричения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности и экологический и ответственности и экологический ответственности и экологический и ответственности и ответственности и экологический и ответственности и ответств				экспериментов по
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия излучения неживую материю.  Ядерные объекты, источники излучения радиационные поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт; 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Тественности  Организационно-управлентей ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организационно-управлентей разрабатывать и программы и проводить физические законы и модернизировать компьютерные программы и проводить физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих характеристик стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и програм для расчёта и програм для расчёта и прама для расчёта и прама для расчёта и прама для расчёта и прама для расчёта и				заданной методике,
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Воздащити на живую и неживую материю.  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы физическая лаборатория  Организация работы компьютерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих карактеристик полей ионизирующих компьютерных программ для расчёта и програм				основами
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Вотративация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотративация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотративация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотративация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотративация работы с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива продействия подей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива продетственности ответственности  Вотратива продействия подей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива продействия подей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Вотратива продействия подей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности ответственности  Вотратива продементы для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; учеть использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и програм для расчёта и программ для расчёта и программ для расчёта и программ для расчёта и программ для расчёта и правенных станженных радиационной безопасности; Унг.К-4.3[1] - Унеть разрабатывать способы снижения правивающей станжения правивить подовожнения прав				компьютерных и
Получение знаний в области радиационной мологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Ядерные объекты, источники исследовать радиационые поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Получение знаний в области радиационые поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы коллектива плодей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Организация работы компьютерные программы и проводить физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;  У-ПК-4.1[1] - Знать физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;  У-ПК-4.1[1] - Уметь использовать компьютерных программ для расчёта и определения компьютерных программ для расчёта и програм для расчёта и праграм для расчёта и праграм для расчёта и праграм для расчета и праграм для расчёта и праграм для расчёта и праграм для расче				информационных
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  Воришения и производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Ответственных  Отманацион				технологий, научной
области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  ———————————————————————————————————				терминологией
радиационные поля в производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы калоной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Торганизация работы коливотерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;  Торганизация работы коливотерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;  Торганизационной безопасности;  У-ПК-4.3[1] - Уметь методами прогоза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационных нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизать способы разрабатывать способы разрабатывать способы нагрузок, прогнозировать методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнози инжеристивать полько нагрузок, прогнози инжеристивать и методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Торганизационнох нагрузок, прогнози инжеризационнох нагрузок, прогнажения	Получение знаний в	Ядерные объекты,	ПК-4.3 [1] - Способен	3-ПК-4.3[1] - Знать
радиации на живую и неживую материю.    Производственных условиях, разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации   Основание: Профессиональный стандарт: 40.011   Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности   Ответственности   Ядерно- физическая разрабатывать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений;   У-ПК-4.1[1] - Уметь использовать (пользовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и програм для	области радиационной	источники	исследовать	нормы и правила
неживую материю.    Региприя   Региприа   Региприя   Р	экологии, воздействия	излучения	радиационные поля в	радиационной
разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Тетет в нестоя	радиации на живую и		производственных	безопасности;
снижения радиационных нагрузок; прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Тетететететететететететететететететете	неживую материю.		условиях,	У-ПК-4.3[1] - Уметь
радиационных нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Виденности  Организационно-управлентеский  ПК-4.1 [1] - Способен разрабатывать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и опрограмм для расчёта и определения полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и опрограмм для расчёта и опрограм для расчёта и опрограмм для расчёта и опрограм для расчёта и опрогр			разрабатывать способы	разрабатывать способы
нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Маренонизация работы коллективенности  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Нагрузок, прогнозировать возможные аварийные ситуации  Профессиональный стандарт: 40.011  ПК-4.1 [1] - Способен разрабатывать и физические законы и методы расчёта и определения характерностик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и программ для расчёта и опредементы для унактеристик полей использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и			снижения	снижения
прогнозировать возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Ответственности  В-ПК-4.3[1] - Владеть методами прогноза и анализа аварийных ситуаций  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Ядерно-физический  Ядерно-физическая разрабатывать и модернизировать компьютерные программы и проводить физические эконо и программы и проводить физические эксперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты ионизирующих излучений; компьютерных программ для расчёта и програм для расчёта и про			радиационных	радиационных
возможные аварийные ситуации  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Ответственности  Возможные аварийные и анализа аварийных ситуаций  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  ТК-4.1[1] - Способен разрабатывать и разрабатывать и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; у-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и и излучений; компьютерных программ для расчёта и			нагрузок,	нагрузок;
ситуации анализа аварийных ситуаций основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Профессиональный стандарт: 40.011  ПК-4.1 [1] - Способен физическия разрабатывать и физические законы и методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь использовать стандартные пакеты ионизирующих излучений; излучений; компьютерных программ для расчёта и			прогнозировать	В-ПК-4.3[1] - Владеть
Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  — и и и и и и и и и и и и и и и и и и			возможные аварийные	методами прогноза и
Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  Ответственности  Ответственности  Организация работы коллектива людей с физическая разрабатывать и физические законы и модернизировать компьютерные программы и проводить физические ионизирующих характеристик полей использовать и стандартные пакеты компьютерные использовать и понизирующих излучений; У-ПК-4.1[1] - Уметь использовать и использовать и использовать и использовать и использовать и использовать и использовать использовать использовать и использовать и использоват			ситуации	анализа аварийных
Профессиональный стандарт: 40.011  Организация работы Ядерно- ПК-4.1 [1] - Способен коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности Имаки и программы и проводить физические ионизирующих ужеперименты для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих характеристик полей ионизирующих излучений; учетом специфики атомной отрасли и наборатория модернизировать методы расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; ужеперименты для расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих излучений; компьютерных программ для расчёта и опрограмм для расчёта и определения использовать инфизирующих излучений; компьютерных программ для расчёта и программ для расчёта и				ситуаций
организационно-управленческий Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  ———————————————————————————————————			Основание:	
Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности			Профессиональный	
Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности			стандарт: 40.011	
коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности				
учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности  ———————————————————————————————————	1	<u>*</u>		
атомной отрасли и экологической программы и проводить характеристик полей физические ионизирующих излучений;; расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих излучений; излучений; компьютерных программ для расчёта и	I ' '	1 1	1	<del>*</del>
экологической ответственности программы и проводить физические ионизирующих уасперименты для расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих излучений; компьютерных программ для расчёта и	1 *	лаборатория		-
ответственности физические ионизирующих уксперименты для излучений;; расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих излучений; компьютерных программ для расчёта и	1 -		компьютерные	определения
эксперименты для излучений;; расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих стандартные пакеты излучений; компьютерных программ для расчёта и	экологической		программы и проводить	характеристик полей
расчёта и определения характеристик полей использовать ионизирующих стандартные пакеты компьютерных программ для расчёта и	ответственности		физические	ионизирующих
характеристик полей использовать ионизирующих стандартные пакеты излучений; компьютерных программ для расчёта и			эксперименты для	излучений;;
ионизирующих стандартные пакеты излучений; компьютерных программ для расчёта и			расчёта и определения	У-ПК-4.1[1] - Уметь
излучений; компьютерных программ для расчёта и			характеристик полей	использовать
программ для расчёта и			ионизирующих	стандартные пакеты
			излучений;	компьютерных
Основание: определения				программ для расчёта и
			Основание:	определения

Организация работы коллектива людей с учетом специфики атомной отрасли и экологической ответственности	Ядерно- физическая лаборатория	Профессиональный стандарт: 24.028  ПК-9 [1] - Способен к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, оборудования и материалов  Основание: Профессиональный стандарт: 24.028, 24.032	характеристик полей ионизирующих излучений;; В-ПК-4.1[1] - Владеть методиками проведения физических экспериментов и навыками использования специализированных математических пакетов для расчёта и определения характеристик полей ионизирующих излучений; З-ПК-9[1] - Знать номенклатуру работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; У-ПК-9[1] - Уметь выполнять работы по подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; В-ПК-9[1] - Владеть основными навыками сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; В-ПК-9[1] - Владеть основными навыками сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов
произ Работа в ядерно-	водственно-технологі   Ядерно-	ический   ПК-4.2 [1] - Способен к	3-ПК-4.2[1] - Знать
разоота в ядерно- физической лаборатории в качестве сотрудника, инженера-технолога.	лдерно- физическая лаборатория	проведению экспертизы комплекса мероприятий по радиационной защите персонала и населения;  Основание: Профессиональный стандарт: 24.028	нормы и правила ядерной и радиационной безопасности.; У-ПК-4.2[1] - Уметь осуществлять комплекс мероприятий по радиационной защите персонала и населения;;

	В-ПК-4.2[1] - Владеть
	методами
	радиационной защиты
	персонала и населения;

# 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
воспитания		
Профессиональное	Создание условий,	1.Использование воспитательного
воспитание	обеспечивающих,	потенциала блока профессиональных
	формирование культуры	дисциплин для формирования чувства
	ядерной безопасности	личной ответственности за соблюдение
	(B24)	ядерной и радиационной безопасности,
		а также соблюдение государственных и
		коммерческих тайн. 2.Использование
		воспитательного потенциала
		содержания учебных дисциплин
		«Актуальные проблемы эксплуатации
		АЭС», «Основы экологической
		безопасности в ядерной энергетике»,
		«Системы радиационного контроля»
		для формирование личной
		ответственности за соблюдение
		экологической и радиационной
		безопасности посредством изучения
		основополагающих документов по
		культуре ядерной безопасности,
		разработанных МАГАТЭ и
		российскими регулирующими
		органами, норм и правил обращения с
		радиоактивными отходами и ядерными
		материалами. 3.Использование
		воспитательного потенциала учебных
		дисциплин «Контроль и диагностика
		ядерных энергетических установок»,
		«Надежность оборудования атомных
		реакторов и управление риском»,
		«Безопасность ядерного топливного
		цикла», «Ядерные технологии и
		экология топливного цикла» для
		формирования личной ответственности
		за соблюдение и обеспечение
		кибербезопасности и информационной
		безопасности объектов атомной отрасли
		через изучение вопросов организации
		информационной безопасности на
		объектах атомной отрасли, основных
		принципов построения системы
		АСУТП ядерных объектов, методов
		защиты и хранения информации,
		принципов построения

Профессиональное воспитание

Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за обеспечение кибербезопасности объектов атомной отрасли (B25)

глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядернофизических 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. 1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и

Профессиональное Создание условий, обеспечивающих, воспитание формирование ответственной экологической позиции (B26)

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 ядернофизических 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. 1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности,

разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядернофизических 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:

№	Наименование			, α *,		. •	
п.п	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 компетеннии
	7 Семестр						
1	Часть 1	1-8	16/16/8	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-IIK- 3, y- IIK-3, B- IIK- 4.1, y- IIK- 4.1, 3-IIK- 4.2, y- IIK- 4.2, B- IIK- 4.3, y- y- y- y- y- y- y- y- y- y- y- y- y-
2	Часть 2	9-16	16/16/8	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК-

				4.1, y- ΠK- 4.1, B- ΠK- 4.1, 3-ΠK- 4.2, y- ΠK- 4.2, 3-ΠK- 4.3, y- ΠK- 4.3, y- ΠK- 4.3, B- ΠK- B- B- B- NC- B- B- B- B- B- B- B- B- B- B
7.0	22/22/16	50		ПК-9
Итого за 7 Семестр Контрольные мероприятия за 7 Семестр	32/32/16	50 50	Э	3-ПК- 3, y- ПК-3, B- ПК-3, 3-ПК- 4.1, y- ПК- 4.1, 3-ПК- 4.2, y- ПК- 4.2, y- ПК- 4.2,

			3-ПК-
			4.3,
			У-
			ПК-
			4.3,
			В-
			ПК-
			4.3,
			4.3, 3-ПК-
			9, У-
			ПК-9,
			B-
			ПК-9

<sup>\* –</sup> сокращенное наименование формы контроля

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозна	Полное наименование
чение	
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.	Лаб.,	
И		час.	, час.	час.	
	7 Семестр	32	32	16	
1-8	Часть 1	16	16	8	
1	Эталоны и стандарты в области ионизирующих излучений.	Всего а	удиторных	часов	
	Образцовые источники. Эталонные поля. Общие	2	2	1	
	требования к дозиметрам и радиометрам.	Онлайн	<del>I</del>		
2	Радиометры альфа-излучения: сцинтилляционные счетчики		удиторных	часов	
	с дисперсионными сцинтилляторами, радиометры с	2	2	1	
	пропорциональными и коронными счетчиками. Блок-	Онлайн			
	схемы приборов.				
3	Радиометры бета-излучения. Радиометры с	Всего аудиторных часов			
	газоразрядными счетчиками, органическими	2	2	1	
	сцинтилляторами, пропорциональными счетчиками.	Онлайн			
	Установки малого фона.				
4	Специальные радиометры для определения концентрации	Всего а	удиторных	часов	
	радиоактивных веществ в воде, продуктах питания,		2	1	
	грунтах. Отбор проб.	Онлайн			
5	Радиометры аэрозолей и радона.	Всего а	удиторных	часов	

<sup>\*\*</sup> – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

		2	2	1	
		Онлайі		1 -	
		0 11/10/11	<u> </u>		
6	Приборы для определения поглощенной дозы и кермы	Всего а	ц аудиторны	 х часов	
Ü	фотонного излучения. Ионизационные дозиметры	2	2	1	
	(толщина стенок камер, напряжение, объем). Камеры без	Онлайі	1	1 *	
	стенок.	Onnan			
7	Сцинтилляционные дозиметры поглощенной дозы и кермы	Всего	⊥ аудиторны	⊥ Х Насов	
,	фотонного Излучения. Термолюминесцентные дозиметры.	2	2	1	
	Дозиметры с газоразрядными счетчиками. Требования к	Онлайі		1	
	индивидуальным дозиметрам.	Onnan			
8	Электрометрия слабых токов.	Всего а	ц Зудиторны	х часов	
Ü	Silveniponio i più i silvozia ronozi	2	2	1	
		Онлайі	1	1 -	
		Ollotain			
9-16	Часть 2	16	16	8	
9	Применение спектрометрических методов в задачах	1	тудиторны		
	радиационного мониторинга. Преимущества и недостатки	2	2	1	
	спектрометрического метода анализа.		1	1 -	
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Онлайі			
10	Особенности различных методов спектрометрии. Типы	Всего а	⊥ аудиторны	⊥ х часов	
10	спектрометров. Структуры сцинтилляционного,	2	2	1	
	полупроводникового, ионизационного, магнитного и время	Онлайі		1	
	пролетного спектрометров. Роль вычислительной техники.	Оплат	.1		
	inposition of the exposition for the base in the same of the exposition for the expositio				
11	Приборная форма линии, ее особенности и механизмы	Всего аудиторных часов			
	формирования этих особенностей для различных	2			
	спектрометров. Обработка приборных спектров. Задача	Онлайі		1 -	
	идентификации нуклидов и активационные измерения.	0 110 100 11	<u> </u>		
	Матричный метод обработки приборных спектров.				
12	Методы спектрометрии гамма-излучения. Неорганические	Всего а	аудиторны	х часов	
	и полупроводниковые кристаллы. Зависимость приборных	2	2	1	
	спектров от размеров кристалла, типа и характеристик	Онлайі	H		
	спектрометрического тракта. Газовые сцинтилляторы на				
	основе благородных газов. Медицинские аспекты				
	применения спектрометров.				
13	Методы спектрометрии альфа-излучения. Ионизационная		аудиторны	х часов	
	камеры с сеткой, полупроводниковый детектор, детектор	2	2	1	
	по времени пролета. Спектрометрия альфа-излучения в	Онлайі	H		
	задачах охраны окружающей среды.				
		_			
14	Методы спектрометрии бета-излучения.		аудиторны	х часов	
	Сцинтилляционные спектрометры. Полупроводниковые	2	2	1	
	детекторы.	Онлайі	H		
15	Вычислительно-измерительные системы. Радиометры-	Всего а	аудиторны	х часов	
	спектрометры. Автономные системы для радиационного	2	2	1	
	мониторинга.	Онлайі	4		

	Сравнение дозиметрических, радиометрических и спектрометрических Методов для решения задач радиоэкологии. Выбор метода, его эффективность, экономическая целесообразность. Заключение.			
16	Обзорная лекция.	Bcero a	удиторных 2	часов
		Онлайн	I	

# Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна	Полное наименование	
чение		
ЭК	Электронный курс	
ПМ	Полнотекстовый материал	
ПЛ	Полнотекстовые лекции	
BM	Видео-материалы	
AM	Аудио-материалы	
Прз	Презентации	
T	Тесты	
ЭСМ	Электронные справочные материалы	
ИС	Интерактивный сайт	

# ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание	
	7 Семестр	
1 - 2	Выбор порога дискриминации и определение	
	эффективности регистрации α-частиц сцинтилляционным	
	радиометром с дисперсным сцинтиллятором.	
3 - 4	Установка малого фона: определение подавления фона с	
	помощью свинцовой защиты и кольца счётчиков,	
	включённых в схему антисовпадений, определение	
	чувствительности к различным.	
5 - 6	Радиометр тепловых нейтронов с пропорциональным	
	борным счётчиком: определение порога дискриминации	
	фона ү-излучения, определение чувствительности	
	радиометра с помощью образцового источника быстрых	
	нейтронов.	
7 - 8	Радиометр быстрых нейтронов на базе сцинтилляционного	
	детектора, подавление вклада импульсов от ү-излучения,	
	определение чувствительности.	
9 - 10	«Всеволновой» радиометр нейтронов. Определение	
	чувствительности регистрации нейтронов.	
11 - 12	Индивидуальные дозиметры ү-излучения. Провести	
	облучение в поле образцового источника ү-излучения ТЛД	
	и РФЛД дозиметров, определить их дозовую	
	чувствительность.	
13 - 14	Сравнить показания носимых дозиметров ү-излучения	
	(ионизационный дозиметр, дозиметр с газоразрядным	

		счётчиком, сцинтилляционные дозиметры с кристаллом		
		NaI(Tl) и комбинированным сцинтиллятором) при из		
		измерении «в воздухе», за полиэтиленовым барьером и в		
		полиэтиленовом колодце.		
15	5 - 16	Определить амбиентный эквивалент дозы нейтронов и		
		индивидуальный эквивалент дозы.		

#### 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализация программы «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, на некоторых лекциях применяется компьютерный проектор для иллюстраций сложных устройств и дизайна приборов;
  - выполнение студентами домашнего задания по разделам курса;
- проведение лабораторных работ с активной формой обучения: получение технического задания, обсуждение технического предложения (с учетом диапазона измеряемых величин и энергий частиц), выбор готового прибора или компоновка из электронных блоков, поверка прибора;
- практические занятия в аудитории, сочетающиеся с обсуждением результатов решения по домашнему заданию;
  - консультации студентов по домашнему заданию;
- посещение лаборатории «Счетчики (спектрометры) излучения человека» в ФМБЦ «Биофизика им. А.И.Бурназяна». Дискуссия о вкладах внутреннего и внешнего облу-чения людей в общую дозу.

#### 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-3	3-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4.1	3-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4.2	3-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4.3	3-ПК-4.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4.3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-9	3-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16

У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16

#### Шкалы оценки образовательных достижений

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

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма	Оценка по 4-ех	Оценка	Требования к уровню освоению
баллов	балльной шкале	ECTS	учебной дисциплины
		A	Оценка «отлично» выставляется
			студенту, если он глубоко и прочно
			усвоил программный материал,
			исчерпывающе, последовательно,
90-100	5 – «отлично»		четко и логически стройно его
			излагает, умеет тесно увязывать
			теорию с практикой, использует в
			ответе материал монографической
			литературы.
85-89		В	Оценка «хорошо» выставляется
75-84	1	С	студенту, если он твёрдо знает
70 01	1 ((***********************************		материал, грамотно и по существу
70.74	4 – « <i>xopouo</i> »	D	излагает его, не допуская
70-74			существенных неточностей в ответе
			на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
			выставляется студенту, если он имеет
		Е	знания только основного материала,
	3 — «удовлетворительно»		но не усвоил его деталей, допускает
60-64			неточности, недостаточно правильные
			формулировки, нарушения
			логической последовательности в
			изложении программного материала.
		F	Оценка «неудовлетворительно»
			выставляется студенту, который не
			знает значительной части
	2 — «неудовлетворительно»		программного материала, допускает
Ниже 60			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 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

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1. 621.039 В60 Внутриреакторная дозиметрия : практическое руководство, , Москва: Энергоатомиздат, 1985
- 2. 539.1 ЯЗ4 Ядерное приборостроение Т.2 Измерительные системы. Т.3: Производство аппаратуры, , Москва: Восточный горизонт, 2005
- 3. 539.1 И20 Курс дозиметрии : учебник для вузов, Иванов В.И., Москва: Энергоатомиздат, 1988

#### 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

Лекции

1. Введение

Место курса в системе подготовки бакалавров. Краткие исторические сведения о развитии ядерного приборостроения. Основные дозиметрические и радиометрические величины, их типичные значения при нормальной деятельности установок и объектов и в аварийных ситуациях.

4.2. Иерархия в компоновке приборов и устройств. Этапы проектирования

Развитие конструирования устройств от моно приборного к блочно-узловому. Иерархия в компоновке приборов: детали, узлы, блоки, приборы, системы. Особенности конструкций приборов для научных исследований и массового потребителя. Этапы проектирования: разработка технического задания, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект, опытные образцы, запуск в серию. Сопутствующая техническая документация.

3. Основные виды взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, их реализация в детекторах

Прямо и косвенно ионизирующие излучения. Особенности прохождения электронов, протонов, □□частиц через вещество. Удельные потери энергии. Взаимодействие фотонов с веществом, передача энергии и реализация в детекторах, понятия «тонкий» и «толстый» детекторы. Взаимодействие нейтронов с веществом, передача энергии, эффект замедления нейтронов. Матрица: состояние вещества – способ детектирования.

4. Избирательные радиометры □□ □ и нейтронного излучений

Радиометры: назначение, показатели качества. Радиометрия □-излучения. Сцинтилляционные сцинтилляторами. радиометры c дисперсными Радиометры пропорциональными проточными счетчиками: конструкция, физика процессов, зависимость коэффициента газового усиления он напряжения и давления газа. Радиометры с коронными счетчиками. Полупроводниковые детекторы в радиометрии: физика процессов, требования к напряжению, шумы. Спектры на выходе из толстых проб, поправки на поглощение.

Радиометрия □-излучения. Краткая характеристика □-излучения: форма спектра, пробег, прохождение электронов и □-частиц через вещество. Радиометры □-излучения с газоразрядными счетчиками: физика процесса, влияние стенки (окна), подключение счетчиков. Радиометры «малого фона». Сцинтилляционные радиометры: выбор типа сцинтиллятора и его толщины. Специальные сцинтилляционные радиометры для измерения малой активности в продуктах питания и воде. Принцип сцинтилляционного радиометра трития.

Радиометры нейтронов. Характеристики нейтронного излучения, спектры типичных источников и спектры нейтронных полей. Радиометры тепловых нейтронов. Базовые ядерные реакции. Радиометры с дисперсным сцинтиллятором. Радиометры с кристаллом LiI(Eu). Радиометры с пропорциональными и коронными счетчиками. Радиометры быстрых нейтронов. Применение реакции деления для радиометрии быстрых нейтронов. Радиометры быстрых нейтронов с дисперсным сцинтиллятором: физика процессов, ограничение по толщине, зависимость чувствительности от энергии, эффективная чувствительность и соответствующий энергетический порог. «Всеволновые» радиометры: метод замедления, счетчик Хансена и Мак-Киббена и Нахтигля.

#### 5. Дозиметры □ □излучения

Дозиметры — излучения. Дозиметры с ионизационными камерами: выбор толщины стенки, напряжения и объема. Принципы электрометрии слабых токов. Сцинтилляционные дозиметры с комбинированными сцинтилляторами. Дозиметры с газоразрядными счетчиками. Термолюминесцентные и радиофотолюминесцентные дозиметры. Дозиметры с ППД.

#### 6. Счетчики излучения человека

Счетчики (спектрометры)  $\square$ -излучения человека. Способы определения активности  $\square$ -излучающих нуклидов, типы счетчиков, типичный протокол измерений. Методы определения активности  $\square$   $\square$  излучающих нуклидов.

#### 7. Дозиметры нейтронов

Дозиметры амбиентного эквивалента дозы. двухкамерные измерители кермы нейтронов. Индивидуальные дозиметры нейтронов. Аварийные дозиметры.

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Приборный состав в лаборатории практикума позволяет обеспечить более глубокое освоение курса. Студент получает задание на проведение самостоятельного исследования. Он знакомится с реальными описаниями приборов и устройств, составляет схему проведения эксперимента и, после одобрения её преподавателем, проводит необходимые измерения и обработку полученной информации.

Типичные задания:

- 1. Выбор порога дискриминации и определение эффективности регистрации α-частиц сцинтилляционным радиометром с дисперсным сцинтиллятором.
- 2. Установка малого фона: определение подавления фона с помощью свинцовой защиты и кольца счётчиков, включённых в схему антисовпадений, определение чувствительности к различным ......
- 3.1. Радиометр тепловых нейтронов с пропорциональным борным счётчиком: определение порога дискриминации фона у-излучения, определение чувствительности радиометра с помощью образцового источника быстрых нейтронов.
- 3.2. Радиометр быстрых нейтронов на базе сцинтилляционного детектора, подавление вклада импульсов от у-излучения, определение чувствительности.
- 3.3. «Всеволновой» радиометр нейтронов. Определение чувствительности регистрации нейтронов.
- 4. Индивидуальные дозиметры γ-излучения. Провести облучение в поле образцового источника γ-излучения ТЛД и РФЛД дозиметров, определить их дозовую чувствительность.
- 5. Сравнить показания носимых дозиметров γ-излучения (ионизационный дозиметр, дозиметр с газоразрядным счётчиком, сцинтилляционные дозиметры с кристаллом NaI(Tl) и комбинированным сцинтиллятором) при из измерении «в воздухе», за полиэтиленовым барьером и в полиэтиленовом колодце.
- 6. Определить амбиентный эквивалент дозы нейтронов и индивидуальный эквивалент дозы.

Предполагается групповое посещение лаборатории «»Счётчики излучений человека» в ФМБЦ ИБФ им.А.И. Бурназяна.

# 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Ограниченное число студентов позволяет проводить занятия с активным вовлече-нием слушателей в познавательный процесс, совмещая лекции с элементами прак-тических 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 обра-тить внимание студентов на термин показатели качества, фактически это характеристи-ка устройств. Среди них для освоения курса играют такие показатели, как диапазон и под-диапазоны

измерений, диапазон энергий частиц, основные и дополнительные погрешно-сти. Необходимо показать различие в требованиях, предъявляемых к индивидуальным, носимым, переносным приборам. Следует выделить показатели качества индивидуальных дозиметров.

Так как курс «Дозиметрия ионизирующих излучений» читается параллельно, то изучение начинается с радиометров. Необходимо дать в виде рисунка задачи 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 излуче-ния и вытекающие отсюда требования к толщине детектора.

Необходимо привести примеры регистрацииа-частиц, фотонов при толщине де-тектора много меньше  $1/\Box$ , или R и больше чем  $1/\Box$ . или R,соответственно. Покажите стремление показаний к бесконечности при измерении плотности потока и к ½ при измерении тока по мере уменьшения расстояния детектор $\Box$ источник.

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

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

Затем следует дать описание принципа работы пропорционального счётчика. Нуж-но 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 сту-дентов 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 уси-литель.

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

При изучении раздела о b-радиометрах необходимо вспомнить о типичных спек-трах электронов и позитронов, их прохождении через вещество, что необходимо при введении поправок на поглощение b-излучения в окне или стенках детектора. Знать ответ на вопрос, почему предпочитают органические кристаллы в блоках детектирования и как подбирать толщину сцинтиллятора. При исследованиях загрязненности 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 а- и b-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 приблизительному 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 дозимет-ра, 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.

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

Приведите рисунок, показывающий спектр поглощения фотонов света для облу-ченного и необлучённого детекторов и, соответственно, спектры эмиссии света. Для ста-билизации чувствительности установки применяют периодическую в процессе считыва-ния показаний партии детекторов либо установку стекла с окислами марганца, либо све-тового 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 пони-мание зависимости скорости счёта от мощности дозы.

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

В радиационной безопасности повсеместно применяют радиометры быстрых ней-тронов на основе дисперсного комбинированного сцинтиллятора и необходимо представ-лять его ЭЗЧ и возможность её интерпретации пороговой функцией. Для детектирования тепловых нейтронов используют дисперсные, насыщенные бором сцинтилляторы или коронные борные счётчики, а иногда наполненные ЗНе 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 назначе-ние сцинтилляционных, полупроводниковых спектрометров. Объяснить, что такое при-борная форма линии, как связана ширина пика на полувысоте с дисперсией. Необходимо увязать методы обработки приборных спектров с решением интегральных уравнений. Не-обходимо

представлять зависимость эффективности, формы линии и разрешения от объё-ма сцинтиллятора. Студент должен представлять достоинства и недостатки полупровод-никовых и сцинтилляционных спектрометров.

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

### Автор(ы):

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