

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

С.Т. Князев
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152887	Радиационная безопасность

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа Технологии радиационной безопасности	Код ОП 14.04.02/33.01
Направление подготовки Ядерные физика и технологии	Код направления и уровня подготовки 14.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жуковский Михаил Владимирович	д.т.н., профессор	профессор	Кафедра экспериментальной физики

Согласовано:

Управление образовательных программ



Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Радиационная безопасность

1.1. Аннотация содержания модуля

В рамках этого модуля студенты изучают: основы передачи размера единиц измерения активности, дозы, мощности дозы, потока частиц от Государственных эталонов к рабочим средствам измерений; метрологию радионуклидов; радиометрический контроль окружающей среды; анализ и контроль технологических процессов на объектах ядерного энергетического цикла; методы статистической обработки радиометрических измерений. Кроме того, студенты знакомятся с основными понятиями в области радиационной защиты, защиты от гамма-излучения радионуклидов, защиты от рентгеновского и тормозного излучения, защиты от электронов, протонов и альфа-частиц, основы защиты ускорителей заряженных частиц, основы защиты в космосе, защиту от нейтронов, основы радиационной безопасности.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Метрология ионизирующих излучений	6
2	Физика и методы расчета радиационной защиты	9
ИТОГО по модулю:		15

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения
Постреквизиты и корреквизиты модуля	Спецпрактикум Радиационные и ядерно-физические установки

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплины модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям, включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы должны учитываться при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Метрология ионизирующих излучений	<p>ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач</p> <p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>ПК-3 - Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ</p> <p>ПК-4 - Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий</p> <p>ПК-5 - Способен формулировать технические задания, использовать информационные</p>	<p>РО1-3 ПК1 Формулировать-цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p>РО1-У ПК1 Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты.</p> <p>РО1-В ПК1 Иметь систематические знания по направлению деятельности; углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.</p> <p>РО1-3 ПК2 Определять-современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>РО1-У ПК2 Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>РО1-В ПК2 Иметь навыки применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>РО1-3 ПК3 Определять основы оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.</p> <p>РО1-У ПК3 Оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем</p>

	<p>технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов</p> <p>ПК-6 - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике</p> <p>ПК-9 - Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение</p> <p>ПК-10 - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты</p> <p>ПК-11 - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p>	<p>компьютерной верстки и пакетов офисных программ. РО1-В ПК3 Иметь практический опыт оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ. РО1-3 ПК4 Определять физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий. объяснять нормы и правила ядерной, производственной, радиационной безопасности и электробезопасности РО1-У ПК4 Создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий. РО2-У ПК4 Использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения РО1-В ПК4 Иметь навыки работы с современными расчетными программными средствами РО1-3 ПК5 Интерпретировать методы и процессы в своей предметной области, современное состояние развития науки и технологии в своей предметной области. РО2-3 ПК5 Определять требования санитарных норм и правил при обращении с радиационными отходами РО1-У ПК5 Формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области РО2-У ПК5 Обосновывать проектные решения по безопасным методам производства работ при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии с учетом величины суммарной активности, оценки вероятной дозовой нагрузки и облучения РО1-В ПК5 Осуществлять анализ эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов РО1-3 ПК6 Определять принципы и методы расчета и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями, в</p>
--	---	---

		<p>том числе, с использованием стандартных средств автоматизации проектирования. PO2-3 ПК6 Определять правила разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ. PO3-3 ПК6 Определять нормы радиационной безопасности. PO1-У ПК6 Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, рассчитывать и проектировать детали и узлы приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации, разрабатывать проекты технических условий, стандартов и технических описаний установок и приборов, проводить расчеты, концептуальную и проектную проработку современных физических установок. PO2-У ПК6 Разрабатывать в проектах по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии мероприятия по охране окружающей среды. PO1-В ПК6 Осуществлять современные методы расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации навыками разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ PO2-В ПК6 Проектировать, создавать, внедрять методы и программные средства информационной поддержки разработки и производства в жизненном цикле изделий PO1-3 ПК9 Определять современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области. PO2-3 ПК9 Представлять нормы и правила ядерной, производственной, радиационной безопасности и электробезопасности PO1-У ПК9 Сравнивать предполагаемое решение или проект относительно мирового уровня, анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p>
--	--	--

		<p>PO1-B ПК9 Иметь навыки экспертной оценки предлагаемых решений или проектов</p> <p>PO1-3 ПК10 Определять основные физические процессы, лежащие в основе функционирования физических установок.</p> <p>PO2-3 ПК10 Определять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов</p> <p>PO1-У ПК10 Эксплуатировать стандартные физические установки и приборы, находить типичные неисправности и сбои в работе.</p> <p>PO2-У ПК10 Выполнять технико- экономические расчеты</p> <p>PO3-У ПК10 Обеспечивать проведение работ с соблюдением требований, норм, правил эксплуатационной и ремонтной документации по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, охраны труда и трудовой дисциплины</p> <p>PO1-B ПК10 Иметь навыки устранения типичных неисправностей и сбоев в работе, навыки ремонта физических установок</p> <p>PO1-B ПК10 Иметь практический опыт работы с современными программными средствами</p> <p>PO1-3 ПК11 Характеризовать методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы в соответствии с методическими и нормативными требованиями.</p> <p>PO2-3 ПК11 Представлять прикладное программное обеспечение по направлениям деятельности.</p> <p>PO1-У ПК11 Формулировать техническое задание на проведение исследований и разработок.</p> <p>PO1-У ПК11 Использовать пакеты прикладных компьютерных программ по направлениям работ.</p>
Физика и методы расчета радиационной защиты	ПК-2 - Способен применять современные методы исследования,	PO1-3 ПК2 Определять-современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

	<p>оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>ПК-3 - Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ</p> <p>ПК-5 - Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов</p> <p>ПК-6 - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике</p> <p>ПК-9 - Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение</p>	<p>РО1-У ПК2 Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>РО1-В ПК2 Иметь навыки применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>РО1-3 ПК3 Определять основы оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.</p> <p>РО1-У ПК3 Оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.</p> <p>РО1-В ПК3 Иметь практический опыт оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.</p> <p>РО1-3 ПК5 Интерпретировать методы и процессы в своей предметной области, современное состояние развития науки и технологии в своей предметной области.</p> <p>РО2-3 ПК5 Определять требования санитарных норм и правил при обращении с радиационными отходами</p> <p>РО1-У ПК5 Формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области</p> <p>РО2-У ПК5 Обосновывать проектные решения по безопасным методам производства работ при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии с учетом величины суммарной активности, оценки вероятной дозовой нагрузки и облучения</p> <p>РО1-В ПК5 Осуществлять анализ эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов</p> <p>РО1-3 ПК6 Определять принципы и методы расчета и проектирования деталей и узлов</p>
--	--	--

	<p>ПК-11 - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p>	<p>машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями, в том числе, с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.</p> <p>PO2-3 ПК6 Определять правила разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ.</p> <p>PO3-3 ПК6 Определять нормы радиационной безопасности.</p> <p>PO1-У ПК6 Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, рассчитывать и проектировать детали и узлы приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации, разрабатывать проекты технических условий, стандартов и технических описаний установок и приборов, проводить расчеты, концептуальную и проектную проработку современных физических установок.</p> <p>PO2-У ПК6 Разрабатывать в проектах по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии мероприятия по охране окружающей среды.</p> <p>PO1-В ПК6 Осуществлять современные методы расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации навыками разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ</p> <p>PO2-В ПК6 Проектировать, создавать, внедрять методы и программные средства информационной поддержки разработки и производства в жизненном цикле изделий</p> <p>PO2-В ПК6 Проектировать, создавать, внедрять методы и программные средства информационной поддержки разработки и производства в жизненном цикле изделий</p> <p>PO1-3 ПК9 Определять современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области.</p> <p>PO2-3 ПК9</p>
--	--	--

		<p>Представлять нормы и правила ядерной, производственной, радиационной безопасности и электробезопасности PO1-У ПК9</p> <p>Сравнивать предполагаемое решение или проект относительно мирового уровня, анализировать научно-техническую информацию по теме исследований PO1-В ПК9</p> <p>Иметь навыки экспертной оценки предлагаемых решений или проектов PO1-З ПК11</p> <p>Характеризовать методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы в соответствии с методическими и нормативными требованиями. PO2-З ПК11</p> <p>Представлять прикладное программное обеспечение по направлениям деятельности. PO1-У ПК11</p> <p>Формулировать техническое задание на проведение исследований и разработок. PO1-У ПК11</p> <p>Использовать пакеты прикладных компьютерных программ по направлениям работ.</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная;

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ

[для каждой дисциплины модуля разрабатывается отдельная программа].

[Для одной и той же дисциплины модуля разными авторами может быть разработано несколько программ, отличающихся результатами обучения и содержанием, а также разными уровнями сложности содержания]

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1

Метрология ионизирующих излучений

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жуковский Михаил Владимирович	д.т.н., профессор	профессор	Кафедра экспериментальной физики

Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института

Протокол № _____ от _____ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология ионизирующих излучений

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

– Традиционная (репродуктивная) технология;

○ Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Введение.	Цели и задачи дисциплины.
2.	Общие понятия метрологии. Физические величины и единицы. Основные, дополнительные и производные физические величины. Радиационные величины, их классификация.	Измерения физических величин. Прямые и косвенные измерения. Абсолютные и относительные измерения. Основные виды средств измерений. Мера физической величины. Измерительный прибор. Метрологические характеристики средств измерений. Номинальные МХ. Абсолютная погрешность средства измерений. Относительная погрешность средства измерений. Задачи и содержание метрологической деятельности. Государственные испытания средств измерений. Государственным контрольным испытаниям (ГКИ). Метрологическая аттестация средств измерений. Поверка средств измерений. Метрологическая аттестация нестандартизованных средств измерений. Метрологическая аттестация методик выполнения измерений (МВИ). Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений.
3.	Методические и метрологические аспекты измерения радиоактивности	Радиометрия, ее развитие и задачи. История возникновения единицы активности кюри. Грамм-эквивалент радия. Величины и единицы, используемые в радиометрии. Активность, удельная и объемная активность. Общая характеристика методов измерений активности нуклидов.

		<p>Методы абсолютных измерений. Методы относительных измерений. Обеспечение единства измерений активности нуклидов. Эталоны и поверочные схемы. Государственный эталон единицы массы радия. Международный эталон единицы массы радия. Государственный первичный эталон единицы активности. Характеристика эталонных установок, составляющих первичный эталон. Государственный специальный эталон (ГСЭ) единицы активности нуклидов в газах. ГСЭ единицы объемной активности аэрозолей. Рабочие эталоны, образцовые источники α- и β-излучения.. Образцовые растворы радионуклидов. Стандартные образцы. Стандартные образцы тритиевой воды (СОТВ). Стандартные образцы растворов тритиевой воды в сцинтилляторе (СОРТВ). Стандартные образцы радиоактивных газов (СОРГ). Стандартные образцы радиоактивных загрязнений окружающей среды.</p>
4.	Методы абсолютного измерения активности нуклидов	<p>Метод абсолютного счёта заряженных частиц и фотонов. Метод фиксированного телесного угла. Поправки при определении активности этим методом: на мертвое время, на поглощение излучения в воздухе, на геометрию измерения, на самопоглощение и рассеяние. Величина погрешностей, вносимых поправками. Методы измерения, используемые в Государственном первичном эталоне единицы активности. Метод $4\pi\alpha$-счета. Метод $4\pi\beta$-счета (эталонная установка УЭА-1 и УЭА-2). Определение и расчет поправок, используемых в этих методах.</p> <p>Методы $\alpha\gamma$- $\beta\gamma$- и $\gamma\gamma$-совпадений. Метод совпадений (УЭА-3). Варианты метода. Поправка на случайные совпадения. Экстраполяционный метод измерения активности методом $\beta\gamma$-совпадений.</p> <p>Метод ионизационной камеры (УЭА-4). Щелевые ионизационные камеры. Расчет чувствительности камеры методом Брэгга-Грея.</p> <p>Калориметрический метод измерения высокоактивных источников излучения (УЭА-5). Принцип работы альфа- бета и гамма-калориметров. Точность методов, используемых Государственном первичном эталоне единицы активности. Область использования абсолютных методов измерения активности.</p> <p>Относительные методы измерения активности радионуклидов в пробе. Рабочие средства измерения, реализующие относительные методы определения активности.</p> <p>Условия, гарантирующие требуемую точность измерения активности относительным методом.</p>

		<p>Использование однокристалльного гамма- спектрометра для определения абсолютной активности гамма-излучающего нуклида в пробе.</p> <p>Особенности подготовки проб для радиометрических измерений в зависимости от метода определения абсолютной активности.</p> <p>Измерение активности толстослойного источника бета-излучения. Определение удельной активности толстослойных источников бета- излучения. Соотношение между удельной активностью источника и выходом бета-частиц с его поверхности. Зависимость выхода бета-излучения с поверхности толстослойного источника от атомного номера вещества и энергии бета-излучения. Средства измерения, используемые для определения удельной активности проб альфа- и бета- излучающих нуклидов.</p> <p>Измерение удельной альфа-активности толстых образцов. Определение удельной активности проб, содержащих альфа-излучающие нуклиды (метод толстой пробы).</p>
5.	Относительные методы измерения активности нуклидов	<p>Общие принципы относительных измерений активности.</p> <p>Относительные измерения активности бета-излучателей. Метод прямых сравнений. Метод калиброванной аппаратуры. Метод внутреннего стандарта.</p> <p>Радиометрический метод определения β-излучающих радионуклидов в смеси.</p> <p>Определение некоторых бета-излучающих нуклидов предварительным радиохимическим концентрированием и без него.</p> <p>Спектрометрический метод измерения активности нуклидов.</p> <p>Основные параметры спектрометров. Аппаратурная линия гамма-спектрометра с ионизационным детектором. Примеры реальных аппаратурных спектров, полученных на полупроводниковом спектрометре гамма-излучения. Анализ минерального сырья, содержащего радионуклиды уранового и ториевого рядов. Измерения на полупроводниковом гамма-спектрометре. Анализ четырехкомпонентных проб с использованием сцинтилляционного спектрометра (матричный метод).</p>
6	Измерение объемной активности радиоактивных газов	<p>Спектрометрический метод измерения активности нуклидов.</p> <p>Характеристика радиоактивных газов. Искусственные радиоактивные газы аргон-41, криптон-85, ксенон-133, иод-131 и 129, тритий, естественный радиоактивный газ радон. Радиометры радиоактивных благородных газов, использующие в качестве детекторов ионизационные камеры и счетчики Гейгера. Складные камеры, оснащенные счетчиками β-</p>

		<p>излучения. Проточные ионизационные камеры.</p> <p>Определение выброса в атмосферу ^{131}I. Физическая сорбция молекулярного йода и его соединений и химическая сорбция йода. Материалы и аппаратура для отбора проб. Отбор проб. Измерение активности ^{131}I и определение среднесуточной концентрации его в выбросе.</p> <p>Измерение объемной активности трития в воздухе. Определение трития в воздухе рабочих помещений ионизационным методом. Определение окиси трития (НТО) в воздухе методом жидкого сцинтиллятора с предварительным концентрированием влаги. Метод вымораживания. Метод барботирования. Измерения объемной активности окиси трития в водных пробах методом жидкого сцинтиллятора. Типы жидких сцинтилляторов. Выбор оптимального объема сцинтиллятора и пробы. Порядок проведения измерений и обработка результатов.</p> <p>Измерение объемной активности радона в воздухе. Основные термины и определения. Инспекционные и интегрирующие методы измерения объемной активности радона в воздухе. Электростатические камеры. Сцинтилляционные камеры. Измерение объемной активности радона путем сорбции на активированном угле. Теория адсорбции радона на активированном угле. Адсорбционные детекторы радона с использованием диффузионного барьера. Использование трековых детекторов для определения объемной активности радона в воздухе. Общие характеристики трековых детекторов. Условия образования треков в материале трековых детекторов. Практические конструкции и принципы работы измерительных устройств с использованием трековых детекторов. Электретные детекторы. Методы ретроспективного определения объемной активности радона в помещении. Метод поверхностных ловушек. Объемные ловушки ^{210}Po.</p>
7	Измерение объемной активности радиоактивных аэрозолей	<p>Краткая характеристика аэрозолей. Дисперсность аэрозолей. Поведение аэрозолей в воздухе.</p> <p>Условия представительности проб. Изокинетический пробоотбор.</p> <p>Методы отбора проб аэрозолей. Седиментационный метод. Аспирационные методы отбора. Характеристика фильтрующих материалов. Механизмы оседания аэрозолей на материале фильтра. Схема отбора проб на открытой местности и из объемов, находящихся при нормальных условиях или под разряжением. Импакторы различной конструкции.</p> <p>Определение эффективности фильтра при измерении α- и β-активных аэрозолей. Определение эффективности фильтра при</p>

		<p>измерении альфа-активных аэрозолей. Кривая зависимости скорости счета α-частиц от толщины. Определение эффективности фильтра при измерении бета-активных аэрозолей.</p> <p>Определение поправки на распад для короткоживущих изотопов. Накопление активности на фильтре во времени. Поправка на распад за время прокачки воздуха. Распад на фильтре с момента окончания прокачки воздуха до момента измерения. Поправка на распад за время измерения фильтра.</p> <p>Измерение объемной активности ДПР радона в воздухе аспирационным методом. Динамика поведения ДПР радона при их осаждении на фильтр. Методы Томаса, Маркова, Кузнеця.</p>
8	Активационно-радиометрический метод измерения параметров нейтронных полей реакторных установок	<p>Источники нейтронов. Радиоактивные источники нейтронов. Нейтроны, получаемые с помощью ускорителей. Нейтроны ядерных реакторов.</p> <p>Взаимодействие нейтронов с веществом. Упругое рассеяние (n, n); неупругое рассеяние (n, n'γ); радиационный захват (n,γ); реакция с вылетом заряженных частиц (n, α), (n, p) и др. деление ядер (n, f); реакция с вылетом нескольких нейтронов и заряженных частиц (n, 2n); (n, 3n) и др.</p> <p>Методы измерения основных характеристик нейтронного поля. Классификация нейтронных детекторов. Ионизационные камеры и пропорциональные счётчики. Радиационные (эмиссионные) элементы - зарядовые детекторы. Детекторы, основанные на тепловом эффекте. Полупроводниковые детекторы. Активационные детекторы.</p> <p>Активационные детекторы. Активационный метод, как метрологический метод измерения параметров нейтронного поля. $1/v$ - детекторы. Резонансные детекторы. Пороговые детекторы.</p> <p>Измерение параметров полей тепловых нейтронов. Измерение параметров полей тепловых и замедляющихся нейтронов активационным методом. Максвелловское распределение тепловых нейтронов по энергиям. Спектр замедляющихся нейтронов. Модель Весткотта для определения параметров тепловых нейтронов на фоне нейтронов надтепловых энергий.</p> <p>Определение спектров и потоков быстрых нейтронов. Определение параметров поля быстрых нейтронов и выхода радионуклидных нейтронных источников. Пороговые активационные детекторы в экспресс-</p>

		<p>методе оценки спектра быстрых нейтронов. Определение интегрального потока быстрых нейтронов и его спектра.</p> <p>Определение выхода радиоактивных нейтронных источников. Определение выхода радионуклидных нейтронных источников методом активации золотых фольг и марганцевой ванны.</p>
--	--	--

1.3. Программа дисциплины реализуется:
на государственном языке Российской Федерации.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Электронные сборники тестовых вопросов в формате PDF

Печатные издания

1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. СПб: Питер, 2010. 192 с.
2. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс. СПб: НПО «Профессионал», 2008. 284 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. 115 с.
4. Измерение активности радионуклидов. Справочное пособие / Юдин М.Ф., Кармалицин Н.И., Кочин А.Е. и др. С.-Пб. 1997.
5. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П.. Прикладная метрология ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1990. 264 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

Отсутствуют

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
3. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
4. Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
5. Электронная библиотека нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
6. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
7. База и Генератор Образовательных Ресурсов. Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
8. Зональная научная Библиотека УрФУ. Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Office 2010
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Office 2010
3	Лабораторные занятия	Специализированная лаборатория прикладной ядерной физики, оснащенная современными пересчетными и спектрометрическими устройствами и блоками детектирования различных излучений Поверочная учебная лаборатория радоновых средств измерения. Ускорители заряженных частиц	Не предусмотрено
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не предусмотрено

		Доска аудиторная	
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не предусмотрено

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1

Физика и методы расчета радиационной защиты

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жуковский Михаил Владимирович	д.т.н., профессор	профессор	Кафедра экспериментально й физики

Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института

Протокол № _____ от _____ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и методы расчета радиационной защиты

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

– Традиционная (репродуктивная) технология;

○ Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания; Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

2.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Основные понятия в области защиты от ионизирующих излучений	Цели и задачи дисциплины.
2.	Защита от фотонов	<p>Классификация источников излучения. Радионуклиды как гамма-излучатели. Характеристика источников нейтронов. Радионуклиды как бета-излучатели. Тормозное излучение радионуклидов. Характеристика источников нейтронов. Продукты деления урана -235 и урана -238 как источники гамма-излучения. Классификация защит. Многократное рассеяние гамма квантов. Числовой, энергетический и дозовый фактор накопления. Сечения взаимодействия фотонного излучения с веществом.</p> <p>Численные методы расчета прохождения излучения в защите.</p> <p>Функция распределения для числа квантов, потока энергии, плотности потока и мощности дозы. Метод последовательных столкновений. Модель Фауста-Джонсона. Метод случайных испытаний. Основы метода. Случайные и псевдослучайные числа. Метод обратных функций. Метод Неймана для розыгрыша непрерывной случайной величины. Моделирование прохождения фотонов, электронов и нейтронов через вещество. Точность метода случайных испытаний. Методы повышения точности.</p> <p>Характеристика полей излучения точечных и протяженных источников.</p>

		<p>Поле излучения точечного источника за защитой. Поле излучения линейного и плоского прямоугольного источника. Дискковый источник без защиты. Полный цилиндрический источник. Специальные функции, используемые в расчетах полей излучения. Поле излучения линейного источника с учетом самопоглощения. Ослабление излучения поверхностных источников в защите. Излучение цилиндрических источников. Излучение цилиндрического источника в направлении оси, образующей и в радиальном направлении. Излучение цилиндрического источника с учетом самопоглощения. Излучение цилиндрического источника при наличии адсорбированной активности. Дозовый фактор адсорбции. Ослабление гамма-излучения цилиндрических источников в защите. Источник в виде усеченного конуса. Замена цилиндрического источника усеченным конусом. Пластина и бесконечное полупространство с равномерно распределенной активностью. Поле излучения сферического (объемного) источника за защитой.</p>
3.	Защита от заряженных частиц	<p>Расчет полей излучения с учетом многократного рассеяния в источнике и в защите. Экспоненциальное представление факторов накопления для точечных источников. Методы Тейлора и Бергера для вычислений факторов накопления. Факторы накопления для гомогенных и гетерогенных сред. Нахождение факторов накопления протяженных источников по методу Ковалева-Осанова и методом экспоненциального представления факторов накопления. Гамма- метод нахождения факторов накопления протяженных источников. Угловое распределение фотонного излучения за защитными барьерами.</p> <p>Методы расчета защиты от гамма-излучения точечных источников. Предельно-допустимые уровни, используемые при проектировании защиты. Защита временем, количеством, расстоянием. Расчет защиты по слоям половинного ослабления и с помощью универсальных таблиц. Расчет защиты от гамма-излучения со сложным спектральным составом. Метод конкурирующих линий.</p> <p>Защита от гамма-излучения продуктов деления.</p> <p>Расчет защиты от гамма-излучения продуктов деления урана-235 для точечных и протяженных источников. Расчет защиты по кратности ослабления. Графический метод расчета защиты от гамма-излучения объемных источников со сложным спектральным составом.</p> <p>Альbedo фотонов, электронов и нейтронов. Основные понятия и определения. Закономерности обратного рассеяния гамма-излучения. Спектральное распределение рассеянного излучения. Зависимость от угла падения, угла отражения и энергии фотонов. Зависимость альbedo от порядкового номера материала рассеивателя и толщины отражателя. Приближенные формулы для вычисления дифференциального альbedo. Метод экономии исследований. Альbedo нейтронов и электронов. Квазиальbedo</p>

		<p>излучений. Скайшайн и квазискайшайн фотонов и нейтронов.</p> <p>Прохождение излучения через неоднородности в защите. Прохождение излучений через полые цилиндрические каналы, полностью пронизывающие защиту. Прохождение излучений через изогнутые каналы и через защиту с неоднородностями. Учет наличия пустот в защите. Расчет полей излучения в лабиринтах.</p> <p>Защита от тяжелых заряженных частиц и электронов. Вычисление максимальных пробегов и потерь энергии заряженных частиц в различных средах. Выход тормозного излучения и его характеристики. Методика расчета защиты от тормозного излучения. Конструкции защит от излучения γ-источников. Особенности проектирования защиты на ускорителях заряженных частиц Учет образования озона и оксидов азота.</p> <p>Защита от нейтронов. Сечения взаимодействия нейтронов с ядрами вещества. Сечение выведения. Метод длин релаксаций для расчетов пространственного распределения нейтронов в защитных средах. Дозовый состав нейтронного излучения в защите. Коэффициент накопления подпороговых нейтронов. Использование номограмм в расчетах защиты от нейтронов (γ-n) источников. Активация материалов в поле нейтронов. Вторичное гамма-излучение в защитах.</p> <p>Защитные материалы. Связь между физическими и защитными свойствами материалов. Требования, предъявляемые к материалам, используемым в защитных конструкциях. Классификация бетонов. Технологический и химический состав обычных бетонов. Бетоны с различными наполнителями. Борсодержащие бетоны. Жаростойкие бетоны. Защитные материалы на основе керамики. Легкие защитные материалы и материалы, содержащие водород. Вода как защитный материал. Выбор оптимальных комбинаций материалов при проектировании защиты от смешанного нейтронного и гамма-излучения.</p>
--	--	--

1.2. Программа дисциплины реализуется:
на государственном языке Российской Федерации.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Мультимедийный УМК “Дозиметрия и радиационная безопасность” на CD.

Электронные сборники тестовых вопросов формате PDF

Печатные издания

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). М.: Минздрав России, 2009. 115 с.
2. Сахаров В.К. Введение в теорию переноса и физику защиты от ионизирующих излучений: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2013. 268 с.

3. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. Учебное пособие. - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012 – 140 с.
4. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности. Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 175 с.
5. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М.: Минздрав России, 2010. 97 с.
6. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. 4-е изд. Перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. 495 с.
7. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1999. 516 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
3. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
4. Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
5. Электронная библиотека нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
6. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
7. База и Генератор Образовательных Ресурсов. Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
8. Зональная научная Библиотека УрФУ. Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Учебные аудитории ФтФ

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	1. Программный пакет Radiological Toolbox, 2. Программные пакеты RESRAD-BUILD, RESRAD-RECYCLE. 3. Программа RADPRO CALCULATOR.

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	1. Программный пакет Radiological Toolbox, 2. Программные пакеты RESRAD-BUILD, RESRAD-RECYCLE. 3. Программа RADPRO CALCULATOR.
	Лабораторные занятия	Специализированная лаборатория по дозиметрии и защите Ускорители заряженных частиц	Не предусмотрено
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не предусмотрено
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не предусмотрено