

Белорусский государственный университет
УО «Международный государственный экологический институт имени
А.Д.Сахарова» БГУ

УТВЕРЖДАЮ

Директор

УО «Международный государственный
экологический институт имени
А.Д.Сахарова» БГУ



С.А.Маскевич

09.01. 2018

Регистрационный № УД- 679-18/уч.

Защита от ионизирующего излучения

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность»,
1-31 04 05 «Медицинская физика»**

2017

Богдан-
Богданович с.и

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта для специальностей 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность (ОСВО 1-100 01 01-2013) и 1-31 04 05 Медицинская физика (ОСВО 1-31 04 05-2014) и учебных планов специальностей 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность № 46-14/уч. и 1-31 04 05 Медицинская физика № 45-14/уч.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.И.Тимощенко, доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова», кандидат физико-математических наук, доцент;

Е.С.Богачёва, старший преподаватель кафедры ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»;

К.А.Веренич, научный сотрудник лаборатории теоретической физики и моделирования ядерных процессов Научно-исследовательского учреждения «Институт Ядерных проблем» Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.Я.Дубовская, доцент кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

В.А.Иванюкович, заведующий кафедрой экологических информационных систем учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета

(протокол № 4 от 20.11.2014).

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета

(протокол № 19 от 19.12 . 2017).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Защита от ионизирующего излучения» является одной из дисциплин типовых учебных планов специальностей 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность» и 1-31 04 05 «Медицинская физика», завершающих I ступень подготовки по данным специальностям. Основными дисциплинами цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин, необходимыми для освоения дисциплины «Защита от ионизирующего излучения» являются: «Физика ядра и ионизирующего излучения», «Дозиметрия», «Радиационная безопасность». Расчётные методы, применяемые в дисциплине, основаны на знаниях и навыках, полученных студентами при изучении таких дисциплин государственного компонента, как «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и высшая алгебра», а также дисциплины компонента учреждения высшего образования «Тензорный анализ и компьютерная геометрия», «Численные методы и математическое моделирование», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математической физики», «Теоретическая механика».

Концептуальную основу дисциплины «Защита от ионизирующих излучений» составляют:

- механизмы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- основные и операционные дозиметрические характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- основные понятия и величины, применяемые в радиационной безопасности, и соответствующие нормативы.

Поэтому дисциплина «Защита от ионизирующего излучения» имеет тесные межпредметные связи и носит прикладной характер. В ней устанавливается связь между характеристиками источника и поля излучения, показаниями детектора или дозовой характеристикой излучения в условиях применения экранирующих излучение материалов, рассматриваются основные инженерные приемы и методы, применяемые в защите персонала, населения и окружающей среды от воздействия ионизирующего излучения сверх установленных нормативных значений соответствующих величин.

Целью изучения данной дисциплины является формирование у обучающихся систематических знаний в области радиационной защиты в целом и получение навыков по количественному определению характеристик экранов, используемых для защиты от ионизирующего излучения.

Важнейшие **задачи** дисциплины состоят в следующем:

- формирование системных знаний студентов в области защиты от ионизирующего излучения;
- привитие и закрепление базовых навыков решения расчетных задач защиты.

Перед преподавателем ставятся следующие задачи:

- систематически изложить понятия и основные модели, используемые в защите от ионизирующего излучения;

- разъяснить основы применения важнейших методов расчета защиты от ионизирующего излучения;
- ознакомить обучаемых с основными инженерными методами, расчета параметров защиты;
- способствовать развитию научного мировоззрения, культуры безопасности.

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- технологии научно-исследовательской деятельности;
- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

В результате усвоения дисциплины обучающийся должен в соответствии с требованиями образовательных стандартов специальностей 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность и 1-31 04 05 Медицинская физика

знать:

- основные математические модели, применяемые при расчете защиты от ионизирующего излучения;
- смысл функции отклика среды на действие ионизирующего излучения;
- концепцию точечного ядра дозы или эквивалента дозы;
- область применимости детерминированных и стохастических моделей расчета переноса излучения методами Монте-Карло (специальность 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность);
- основные детерминированные и стохастические модели расчета параметров переноса излучения в веществе (специальность 1-31 04 05 Медицинская физика);
- основные инженерные методы оценки параметров защиты от ионизирующего излучения;
- специфику и назначение инженерных устройств и средств защиты от ионизирующего излучения;

уметь:

- рассчитывать дозиметрические величины и параметры защиты от ионизирующего излучения для основных моделей источников с учетом вторичного излучения, возникающего в веществе;
- применять теорию переноса излучения для расчета защиты от ионизирующего излучения (специальность 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность);

- использовать стандартные пакеты прикладных программ для расчета параметров защиты и доз ионизирующего излучения (специальность 1-31 04 05 Медицинская физика).

владеть:

- инженерными методами оценки параметров защиты;
- основными индивидуальными средствами защиты от ионизирующего излучения (специальность 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность).

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Владеть и уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач в области ядерной и радиационной безопасности.

Владеть системным и сравнительным анализом.

Владеть исследовательскими навыками.

Уметь работать самостоятельно.

Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Обладать качествами гражданственности.

Быть способным к социальному взаимодействию.

Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

Владеть навыками здоровьесбережения.

Быть способным к критике и самокритике.

Уметь работать в команде.

Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, методов исследования, методов измерения физических величин, методов планирования, организации и ведения производственно-технической и экспериментальной работы в области ядерной и радиационной безопасности.

Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, профессиональными программными комплексами, технической и патентной литературой.

Разрабатывать планы ввода в эксплуатацию и вывода из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов и установок.

Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской работе в области ядерной и радиационной безопасности и ядерных технологий в целом.

Использовать общепринятые модели процессов в реакторах, в технологическом оборудовании и конструкционных материалах атомной станции, в источниках ионизирующего излучения, оценивать с их помощью состав и характеристики выбросов в окружающую среду, степень приближения к критическим значениям параметров работы реактора или другого источника ионизирующего излучения, степень риска возникновения инцидента или аварии;

Обрабатывать результаты наблюдений и экспериментов и анализировать их.

Составлять планы и программы исследований и разработок, работать с научной литературой, готовить обзоры, рефераты.

Составлять документацию (графики работ, инструкции, планы, заявки, деловые письма и т.п.), а также отчетную документацию по установленным формам.

Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Готовить доклады, материалы к презентациям.

Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Владеть современными средствами телекоммуникаций.

Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

Проводить практические и лабораторные занятия в области ядерной и радиационной безопасности в рамках курсов повышения квалификации и переподготовки кадров.

Отработка компетенций проводится на практических и лабораторных занятиях по каждой специальности.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине включает в себя повторение теоретического материала, закрепление его при выполнении расчётных заданий, подготовку отчётов по лабораторным работам и подготовку к их защите, подготовку к экзамену по дисциплине.

Программа рассчитана на 234 часа, из которых 110 часов отводится на аудиторные занятия. На лекции отводится 66 часов, на лабораторные занятия – 20 часов, на практические занятия – 24 часа.

Промежуточный контроль знаний рекомендуется осуществлять путём защиты отчётов по лабораторным работам, проведения контрольных работ по практическим занятиям и проверки домашних заданий, проведения зачета по лабораторным работам и практическим занятиям. Итоговой формой отчётности по дисциплине является экзамен.

Форма текущей аттестации по дисциплине – зачет и экзамен в 9 семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в предмет.

Ионизирующее излучение. Термины и определения. Предмет защиты от ионизирующего излучения.

Тема 2. Характеристики источника, поля излучения и радиационного воздействия

Характеристики источника излучения. Геометрические модели источников. Особенности описания радионуклидных источников. Характеристики поля излучения. Основные термины и определения. Токовые и потоковые величины. Феноменологическое описание прохождения ионизирующего излучения через вещество. Ослабление нерассеянного излучения в веществе. Линейный коэффициент ослабления. Основные и операционные дозиметрические величины. Связь между дозиметрическими величинами и характеристиками поля излучения. Функция радиационного отклика. Линейный коэффициент передачи энергии и его виды в зависимости от вида дозы. Связь между дозиметрической величиной и характеристикой источника. Применимость данных понятий к различным видам ионизирующего излучения. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Выровненное поле излучения. Фантомы.

Тема 3. Аналитические методы расчета защиты.

Концепция точечного ядра интегральной дозиметрической величины. Понятие о геометрических факторах. Расчет дозы нерассеянного излучения для точечного и линейного источников. Расчет дозы нерассеянного излучения для поверхностных источников. Расчет дозы нерассеянного излучения для объемных источников. Основные факторы, характеризующие свойства защиты: фактор накопления, фактор ослабления. Их применимость к различным видам ионизирующего излучения. Концепция альбеда. Эффект «скайшайн». Распространение фотонов и нейтронов в каналах.

Тема 4. Защита от фотонного ионизирующего излучения

Приближенные методы расчета защиты от фотонного ионизирующего излучения для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Многослойные экраны. Элементарные подходы к расчету доз от точечных источников фотонного ионизирующего излучения: Радионуклидные источники: гамма-постоянные, радиевый эквивалент. Рентгеновские источники: радиационный выход. Применение номограмм. Инженерные

методы расчета защиты от фотонного излучения. Метод слоев половинного ослабления. Метод конкурирующих линий. Выбор материала защиты.

Тема 5. Защита от нейтронного ионизирующего излучения

Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе. Метод длин релаксации. Выбор материала защиты. Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы, сформированной нейтронами. Инженерные методы расчета защиты от нейтронного излучения.

Тема 6. Защита от непосредственно ионизирующего излучения

Особенности взаимодействия быстрых электронов с веществом. Приближение непрерывного замедления. Характеристики пробега электронов в среде. Энергетический спектр электронов в среде. Точечные ядра поглощенной дозы для заряженных частиц: случаи моноэнергетических и полиэнергетических источников. Материалы и оценка толщины защиты от пучков электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий.

Тема 7. Уравнения переноса излучения и расчет защиты

Общее уравнение переноса излучения. Интегральная форма уравнения переноса и область ее применимости. Уравнение переноса в приближении экспоненциального ослабления. Понятие о скейлинге для стационарного поля излучения. Переход от объемных источников к эквивалентным поверхностным источникам. Уравнение переноса для фотонов. Уравнение переноса для нейтронов. Граничные условия. Замедление нейтронов. Уравнение переноса нейтронов в возрастном приближении. Диффузионное приближение. Приближенные представления уравнения переноса (многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления). Методы Монте-Карло. Аналоговые и неаналоговые методы. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты.

Тема 8. Особенности определения защитных параметров для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения

Ядерные реакторы как источники ионизирующего излучения. Материалы биологической защиты ядерных реакторов. Инженерные методы оценки параметров биологической защиты ядерных реакторов. Применение

методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты ядерного реактора. Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений для источников нейтронов. Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений промышленных облучателей и стационарных радиографических источников. Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений радиационной диагностики и терапии.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	Контролируемая (управляемая) самостоятельная работа студента			
1		3	4	5	6	7	8	9
1	Введение в предмет	2						
	Ионизирующее излучение. Термины и определения. Предмет защиты от ионизирующего излучения.	2					[1,2,4,9]	1,2
2	Характеристики источника, поля излучения и радиационного воздействия	16	4					
2.1	Характеристики источника излучения. Геометрические модели источников. Особенности описания радионуклидных источников.	4	1				[1,2,4,9]	1,2
2.2.	Характеристики поля излучения. Основные термины и определения. Токовые и потоковые величины.	2					[1,2,4,9]	1,2
2.3.	Феноменологическое описание прохождения ионизирующего излучения через вещество. Ослабление нерассеянного излучения в веществе. Линейный коэффициент ослабления.	2	1				[1,2,4,9]	1,2
2.4.	Основные и операционные дозиметрические величины. Связь между дозиметрическими величинами и характеристиками поля излучения.	2	2				[1,2,4,9,10]	1,2
2.5.	Функция радиационного отклика. Линейный коэффициент передачи энергии и его виды в зависимости от вида дозы.	2					[1,2,4,9]	1,2
2.4.	Связь между дозиметрической величиной и характеристикой источника. Применимость данных понятий к различным видам ионизирующего излучения.	2					[1,2,4]	1,2
2.5.	Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Выровненное поле излучения. Фантомы.	2					[1,2,4,9]	
3.	Аналитические методы расчета защиты	18	2					
3.1.	Концепция точечного ядра интегральной дозиметрической величины. Понятие о геометрических факторах. Расчет дозы	2	1				[1,2,4]	1,2,3

	уравнения переноса и область ее применимости. Уравнение переноса в приближении экспоненциального ослабления. Понятие о скейлинге для стационарного поля излучения. Переход от объемных источников к эквивалентным поверхностным источникам.							
7.2.	Уравнение переноса для фотонов. Уравнение переноса для нейтронов. Граничные условия.	2	3				[1,2,7,20]	1-3
7.3.	Приближенные представления уравнения переноса (многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления).	2					[1,2,7,20]	1,2
7.4.	Замедление нейтронов. Уравнение переноса нейтронов в возрастном приближении. Диффузионное приближение.	2					[1,2,7]	1,2
7.5.	Методы Монте-Карло. Аналоговые и неаналоговые методы. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты.	2					[1,2,7]	1,2
8.	Особенности определения защитных параметров для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения	8		8				
8.1.	Ядерные реакторы как источники ионизирующего излучения. Материалы биологической защиты ядерных реакторов	2					[1,3,4]	1,2
8.2.	Инженерные методы оценки параметров биологической защиты ядерных реакторов	2					[1,3,4,17,18]	1,2
8.3.	Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений для источников нейтронов	2					[1,3,4]	1,2
8.4.	Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений промышленных облучателей и стационарных радиографических источников. Оценка защитных параметров экранирующих устройств и помещений радиационной диагностики и терапии	2		8			[1,3,4]	1,2,4
	Итого	66	24	20				Зачет, экзамен

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень тем и вопросов для практических занятий

Тема 2. Характеристики источника, поля излучения и радиационного воздействия.

1. Характеристики источника и поля излучения.
2. Экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега.
3. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины.

Тема 3. Аналитические методы расчета защиты.

4. Концепция точечного ядра дозы. Фактор накопления.

Тема 4. Защита от фотонного ионизирующего излучения.

5. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии.

6. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты.

7. Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.

Тема 5. Защита от нейтронного ионизирующего излучения.

8. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации.

9. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.

Тема 4. Защита от непосредственно ионизирующего излучения.

10. Материалы и оценка толщины защиты от пучков электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий.

Тема 7. Уравнения переноса излучения и расчет защиты

11. Уравнения переноса для фотонного ионизирующего излучения. Уравнения переноса для нейтронного ионизирующего излучения.

Перечень тем контрольных работ

1. Защита от фотонного излучения – инженерные методы расчета.
2. Уравнения переноса. Защита от фотонного излучения и заряженных частиц.

Перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Содержание	Объем, час
1.	Ослабление фотонного излучения в веществе и оценка параметров защиты. Выбор материалов защиты от фотонного излучения.	8
2.	Выбор материала и определение толщины защиты от источников бета-излучения.	4
3.	Определение защитных параметров контейнера, содержащего источник гамма-излучения по спектру излучения	8

Формы текущего контроля знаний

1. Выборочный контроль на лекциях
2. Проверка конспектов лекций студентов
3. Проведение контрольных работ в группе
4. Отчеты по лабораторным занятиям

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы и контрольные работы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. Получившие неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившиеся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой могут повторно пройти контрольное мероприятие.

Отчеты оформляются по форме, устанавливаемой кафедрой для отчетов по лабораторным работам. Оценка каждого элемента отчета и каждой контрольной работы производится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости, C , определяются как среднее арифметическое оценок, полученных студентом по контрольным работам и отчетам по лабораторным работам.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета по практическим занятиям и лабораторным работам и завершается экзаменом.

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие все контрольные мероприятия с оценкой не ниже 4. Зачет проводится в виде устного опроса по темам, изученным на практических занятиях и лабораторных работах.

Средняя арифметическая оценки ответа на зачете, Z , и оценка текущей успеваемости, C , составляют рейтинговую зачетную оценку, P , по формуле

$$P = 0,6Z + 0,4C.$$

К экзамену допускаются обучающиеся, успешно сдавшие зачет по дисциплине. Экзамен проводится в виде устного опроса по теоретическому материалу дисциплины в индивидуальном порядке по билетам, утвержденным кафедрой. Ответы на каждый вопрос билета оцениваются по десятибалльной шкале. Экзаменационная оценка, \mathcal{E} , определяется как среднее арифметическое значение оценок, выставленных за вопросы билета и дополнительные вопросы, заданные на экзамене.

Оценка ответов на вопросы во время экзамена, и рейтинговая зачетная оценка служат для определения итоговой оценки, I , по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки по формуле

$$I = 0,6\mathcal{E} + 0,4P.$$

Итоговая оценка выставляется в экзаменационную ведомость.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Shultis J.K., Faw R.E.. Radiation shielding. Prentice Hall, PTR, 2000. – 537 с.
2. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Под ред. Н.Г. Гусева.—3-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 511 с.
3. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.2. Защита от излучений ядерно-технических установок: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Е.Е. Ковалёв. Под ред. Н.Г. Гусева.—2-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 353 с.
4. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. / Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1995. – 496 с.
5. Переверзенцев В.В. Основы инженерных методов расчета защиты от ионизирующих излучений ядерных энергетических установок. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994. – 68 с.
6. Матвеев А.В. Практикум по дозиметрии и радиационной безопасности. / А.В.Матвеев, В.И.Козаченко, В.П.Котов. Под ред. А.В.Матвеева. СПб.: ГУАП, 2006. – 88 с.
7. Сборник задач по теории переноса, дозиметрии и защите от ионизирующих излучений: Учебное пособие / А.А.Званцев, В.А.Климанов, А.И.Ксенофонов, Н.Н.Могиленец, М.П.Панин, В.В. Смирнов; под ред. В.А. Климанова. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 196 с.
8. Шлокин Е.А. Защита от ионизирующего излучения. Курс лекций. Нижний Новгород: НГТУ, 2011. – 51 с.
9. Излучения ионизирующие. Термины и определения. Межгосударственный стандарт СНГ РМГ 78-2005. М.: Стандартинформ, 2006.
10. Рекомендации МКРЗ 2007 года по радиационной защите. Публикация МКРЗ 103. М.: Труды МКРЗ, 2009.

Дополнительная

11. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М., Энергоатомиздат, 1986.
12. Зарипова Л.Д. Защита от ионизирующего излучения: Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та . 2008. – 48 с.
13. ANSI/ANS-6.4.3-1991. American National Standard Gamma Ray Attenuation Coefficients and Buildup Factors for Engineering Materials, American Nuclear Society, L Grange Park, IL, 1991 [может быть заказан как Data Library Collection DLC-139/ANS-643 в Radiation Shielding Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN]

14. Takeuchi K., Tanaka S., Kinno M. Transport calculations of gamma rays including Bremsstrahlung by the discrete ordinate code PALLAS. Nucl. Sci. Eng., V.78., Pp. 272 – 283 (1981).
15. Quantities and units in radiation protection dosimetry: ICRU Report. Bethesda, Maryland, 1993.
16. Шаров Ю. Н., Шубин Н. В. Дозиметрия и радиационная безопасность. М.: Энергоатомиздат, 1991.
17. Кирюшкин А.И. Инженерные методы расчета и проектирования биологической защиты атомных паропроизводящих установок. / А.И.Кирюшкин, Е.А.Шлокин. Горький: ГПИ им. А.А.Жданова, 1979. – 56 с.
18. Кирюшкин А.И. Проектирование и оптимизация биологической защиты атомных паропроизводящих установок. / А.И.Кирюшкин, Е.А.Шлокин. Горький: ГПИ им. А.А.Жданова, 1981. – 64 с.
19. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.
20. Крянев А.В. Аналитические и численные методы теории переноса: Учебное пособие. М.: МИФИ, 1991. – 112 с.
21. Лощаков И.И. Введение в дозиметрию и защита от ионизирующих излучений. / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям техники и технологии. СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2008. – 145 с.
22. Петрушанский М.Г. Проектирование радиационной защиты электронных средств генерирования рентгеновского излучения. / Методические указания. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009, 17 с.
23. Иванов И.В., Константинов Е.И., Машкович В.П. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1964.
24. Физические величины. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991.
25. MCNPX network. Интернет-ресурс: <http://mcnpx.net/>.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Ситуации облучения и анализ безопасности	Кафедра ядерной и радиационной безопасности	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол № <u>4</u> от <u>20.11.</u> 2017 г.