



## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- изучение основ технических решений по безопасности ядерных реакторов и конструкций биологической защиты, основы защиты от ионизирующих излучений и обеспечения радиационной безопасности.

*Задачи учебной дисциплины:*

- знать особенности и проблемы, возникающие при защите от ионизирующих излучений различного типа;

- знать основные положения государственных документов, регламентирующих уровни облучения персонала и населения в Российской Федерации;

- знать и уметь применять инженерные методы расчета защиты от заряженных частиц фотонов и нейтронов;

- быть готовым отвечать за свои решения в рамках профессиональной компетенции;

- уметь самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина Защита от ионизирующих излучений относится к дисциплине (модуль) по выбору 1 вариативной части блока Б1.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-8	Способен выполнять индивидуальный дозиметрический контроль облучения персонала организации атомной отрасли, обрабатывать результаты радиационного контроля организации атомной отрасли	ПК-8.1	Знает основные свойства радиационного излучения и методы их регистрации, способы защиты от ионизирующих излучений	Знать: природу и виды ионизирующих излучений; виды взаимодействий излучений с веществом, приводящих к выделению дозы, ослаблению и проникновению излучений; физические величины и количественные закономерности, используемые в области радиационной безопасности, дозиметрии и защите от излучений; принципы работы и устройство дозиметрической аппаратуры; нормы радиационной безопасности и вытекающие из них требования по защите от излучений; конструкции и виды защит от излучений.
		ПК-8.2	Знает принцип действия, конструкции и правила технической эксплуатации средств дозиметрического контроля и детекторов ионизирующих излучений	Уметь: определять экспериментально или путем расчета, характеристики полей излучений; выполнять расчеты доз излучений, исходя из внешних условий и характеристик источников; пользоваться справочной литературой при решении задач дозиметрии и защиты; выполнять расчеты биологической защиты.
		ПК-8.3	Знает теорию радиоактивного излучения и радиоактивного распада, взаимодействия излучения с веществом, спектров	Владеть: методикой использования справочной литературы; работ, связанных с принятыми нормативами и правилами в области радиационной безопасности; теорией взаимодействия излучения с веществом; используемыми для регистрации ионизирующего излучения; организацией

			ионизирующих излучений	обращения с источниками излучения на ядерных и радиационно-опасных предприятиях; проектирования и инженерными методами расчета защиты от ионизирующего излучения; конструкцией биологической защиты на ядерных энергетических установках.
		ПК-8.4	Применяет методики измерения параметров ионизирующего излучения, проводит статистическую обработку полученных результатов	
		ПК-8.5	Интерпретирует различные спектры радиоактивных излучений, анализирует радиационную обстановку	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 5/180.**

**Форма промежуточной аттестации - зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			9 семестр
Аудиторные занятия		66	66
в том числе:	лекции	34	34
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		114	114
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации			Зачет
Итого:		180	180

**13.1. Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия, определения, терминология и единицы измерения	Флюенс и плотность потока частиц. Активность вещества. Закон радиоактивного распада. Связь активности и массы вещества. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная доза. Коэффициенты качества для различных частиц. Доза и мощность дозы. Соотношение рада, бэра и рентгена. Расчет дозы и мощности дозы от различных источников.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.2	Основные нормативные документы по радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений и при проектировании, строительстве и эксплуатации атомных	Нормы радиационной безопасности НРБ — 96/99. Основные санитарные правила ОСП — 72/87. Стандартные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СПАС — 86. Основные дозовые пределы, допустимые уровни, категории облучаемых лиц и т.д.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>

	станций		
1.3	Источники излучений на АЭС	Ядерный реактор, отработанное топливо, трубопроводы и оборудования I контура, хранилище отходов, датчики КИП, детали и механизмы СУЗ. Активная зона работающего реактора — как основной источник гамма — нейтронного излучения. Излучение остановленного реактора.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.4	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Легкие и тяжелые заряженные частицы. Фотонное излучение. Нейтронное излучение. Ионизация и возбуждение молекул и атомов поглощающей Среды. Торможение частиц. Почему опасно внутреннее альфа — облучение. Пробег частиц в воздухе, ткани, веществе. Фотоэффект, комптон эффект, образование пар. Понятие коэффициента взаимодействия с веществом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.5	Организация работ с применением источников ионизирующих излучений	Требование для организации работ с источниками ионизирующих излучений. Порядок работы с закрытыми радионуклидными источниками. Требования к закрытым источникам. Работа с открытыми радионуклидными источниками. Оказания неотложной помощи при радиационных поражениях. Требования при производстве особо радиационно опасных работ на АЭС.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.6	Индивидуальные средства защиты, правила поведения и личной гигиены при работе с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными веществами в открытом виде.	Применение индивидуальных средств защиты — как вынужденная мера. Требования к индивидуальным средствам защиты. Деление средств индивидуальной защиты на средства повседневного назначения и кратковременного пользования. Средства защиты органов дыхания. Требования по технике безопасности при работе в пневмокостюмах. Назначение и устройство санпропускников и санитарных шлюзов. Порядок прохождения и правила пользования санпропускниками и санитарными шлюзами. Требования по радиационной безопасности в контролируемой зоне. Индивидуальный контроль доз внешнего облучения. Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.7	Реактор - как источник гамма-нейтронного излучения	Активная зона - как объемный источник нейтронов деления. Средняя удельная мощность источников нейтронов. Плотность потока быстрых нейтронов на поверхности активной зоны. Интенсивность источников гамма излучения в активной зоне работающего реактора. Распределение источников захватного гамма излучения. Интенсивность гамма излучения на поверхности активной зоны. Активность теплоносителя первого контура. Проникающая способность различных видов ионизирующего излучения. Коэффициенты качества и переходные коэффициенты.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.8	Проектные требования к эффективности защиты	Характеристики активных зон отечественных реакторов как источников излучения. Общие понятия функции защиты. Проектирование защиты. Разделение защиты на первичную и вторичную. Эффективность защиты. Взаимосвязь эффективности ослабления излучения в первичной и вторичной защите.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.9	Инженерный анализ системы "источник-защита"	Многоцелевое назначение конструкций, экранов тепловой и радиационной защиты, оборудования I контура. Мощность дозы излучения на входе во вторичную защиту. Состав материалов, толщин и геометрия слоев защиты. Структура системы	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>

		“источник-защита” на примере ВВЭР-440, ВВЭР-1000.	
1.10	Типы компонок биологической защиты	Типы компонок: петлевая, блочная, интегральная. Общая характеристика их с точки зрения защиты. Различные компоновочные решения по основному оборудованию реакторной установки.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.11	Биологическая защита персонала и принципы нормирования уровней излучения	Основные нормативные документы. Непревышение установленного основного дозового предела. Исключение всякого необоснованного облучения. Снижение дозы излучения до возможно низкого уровня. Допустимая мощность дозы излучения. Проектная мощность эквивалентной дозы. Переходные коэффициенты для гамма-нейтронного излучения. Проектная мощность дозы в различных помещениях реакторной установки.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.12	Алгоритм расчета радиационной защиты корпуса реактора, методика расчета радиационного тепловыделения	Связь флюенса, плотности потока нейтронов, коэффициента использования мощности и радиационного ресурса корпуса реактора. Расчет плотности источников радиационного тепловыделения. Расчет требуемой толщины и состава металло-водной защиты.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
1.13	Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в защите	Взаимодействие нейтронов с веществом. Понятие сечения выведения. Метод длин релаксаций. Метод сечения выведения. Программы с одной группой выведения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Основные понятия, определения, терминология и единицы измерения	Активность. Характеристики поля излучения. Ослабление узкого пучка. Основные дозовые пределы	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
2.2	Источники излучений на АЭС	Гамма-постоянная, гамма-эквивалент, керма-эквивалент. Факторы накопления. Таблицы Гусева. Слои ослабления. Метод конкурирующих линий. Расчет лабиринтов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
2.3	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Защита от электронов. Защита от протонов и $\alpha$ -частиц. Защита от тормозного излучения $\beta$ -частиц и электронов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
2.4	Организация работ с применением источников ионизирующих излучений	Метод длин релаксации, метод сечения выведения. Защита от источников нейтронов. Коэффициенты накопления подпороговых нейтронов. Защита от совместного нейтронного и гамма-излучения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Алгоритм расчета радиационной защиты корпуса реактора, методика расчета радиационного тепловыделения	Построение структурно-функциональных схем АЭС. Расчет показателей.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>
3.2	Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в защите	Оценка радиационной безопасности АЭС. Коллективный и индивидуальный риски.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29297</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Основные понятия, определения, терминология и единицы измерения	2	4		4	10

2.	Основные нормативные документы по радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений и при проектировании, строительстве и эксплуатации атомных станций	2			4	6
3.	Источники излучений на АЭС	4	4		16	24
4.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	4	4		16	24
5.	Организация работ с применением источников ионизирующих излучений	2	4		16	22
6.	Индивидуальные средства защиты, правила поведения и личной гигиены при работе с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными веществами в открытом виде.	2			4	6
7.	Реактор - как источник гамма-нейтронного излучения	2			4	6
8.	Проектные требования к эффективности защиты	2			4	6
9.	Инженерный анализ системы "источник-защита"	2			4	6
10.	Типы компоновок биологической защиты	2			4	6
11.	Биологическая защита персонала и принципы нормирования уровней излучения	2			4	6
12.	Алгоритм расчета радиационной защиты корпуса реактора, методика расчета радиационного тепловыделения	4		8	18	30
13.	Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в защите	4		8	16	28
	Итого:	34	16	16	114	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных

преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

На практических занятиях необходимо уметь решать задачи и анализировать решение, на устных опросах обучаемый должен уметь продемонстрировать полученные на лекциях и практических занятиях знания, умения и навыки, отвечать на поставленные вопросы, поддерживать дискуссию по существу вопроса.

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Числов, Н. Н. Основы защиты от ионизирующих излучений : учебное пособие / Н. Н. Числов. — Томск : ТПУ, 2013. — 166 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/45159">https://e.lanbook.com/book/45159</a>
2.	Баклушин, Р. П. Эксплуатация АЭС : учебное пособие / Р. П. Баклушин. — Москва : НИЯУ МИФИ, [б. г.]. — Часть 1,2 — 2011. — 304 с. — ISBN 978-5-7262-1441-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/75744">https://e.lanbook.com/book/75744</a>
3.	Черняев, А. П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом : учебное пособие / А. П. Черняев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 152 с. — ISBN 5-9221-0432-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/59340">https://e.lanbook.com/book/59340</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Камнев, Е. Н. Выбор площадок для захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях / Е. Н. Камнев, В. Н. Морозов, И. Ю. Шишиц. — Москва : Горная книга, 2011. — 216 с. — ISBN 978-5-98672-214-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/1509">https://e.lanbook.com/book/1509</a>
5.	Зарубина, Н. В. Турбинные установки ТЭС и АЭС. Устройство, эксплуатация и ремонт : учебное пособие / Н. В. Зарубина, Н. Б. Карницкий. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 431 с. — ISBN 978-985-06-3220-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/193783">https://e.lanbook.com/book/193783</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
6.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ.
7.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ
8.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
9.	<a href="https://www.studentlibrary.ru">https://www.studentlibrary.ru</a> – ЭБС «Консультант студента»
10.	<a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a> – Образовательная платформа «ЮРАЙТ»
11.	<a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a> - Информационно-телекоммуникационная система «Контекстум»

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
12.	Кондратенко, С. Г. Физические основы измерений характеристик ионизирующих излучений : учебное пособие / С. Г. Кондратенко. — 3-е изд., перераб. — Москва : АСМС, 2011. — 40 с. — ISBN 978-5-93088-088-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/69339">https://e.lanbook.com/book/69339</a>
13.	Сидоров, В. П. Практикум по физике : учебное пособие : в 3 частях / В. П. Сидоров. — Санкт-Петербург : СПбГПМУ, [б. г.]. — Часть 3 : Оптика. Ионизирующие излучения — 2018. — 76 с. —

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и метода.

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Установка для регистрации альфа-излучения различных источников (измерений скорости счета альфа-частиц в воздухе лаборатории при нормальных условиях).	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 30
Лаборатория (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель, Комплект учебного оборудования "Работа насосов различных типов" Типовой комплект учебного оборудования "Механика жидкости - гидравлический удар".	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 32
Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a> )	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные понятия, определения,	ПК-8	ПК-8.1 ПК-8.2	Практические задания, вопросы входного контроля, собеседование по

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	терминология и единицы измерения		ПК-8.3 ПК-8.4 ПК-8.5	вопросам к зачету
2.	Основные нормативные документы по радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений и при проектировании, строительстве и эксплуатации атомных станций			
3.	Источники излучений на АЭС			
4.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом			
5.	Организация работ с применением источников ионизирующих излучений			
6.	Индивидуальные средства защиты, правила поведения и личной гигиены при работе с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными веществами в открытом виде.			
7.	Реактор - как источник гамма-нейтронного излучения			
8.	Проектные требования к эффективности защиты			
9.	Инженерный анализ системы "источник-защита"			
10.	Типы компоновок биологической защиты			
11.	Биологическая защита персонала и принципы нормирования уровней излучения			
12.	Алгоритм расчета радиационной защиты корпуса реактора, методика расчета радиационного тепловыделения			
13.	Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в			

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	защите			
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов к зачету Пункт 20.2

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Перечень практических заданий:

1. Во сколько раз увеличивается поглощенная доза в воздухе за счет рассеянного излучения при прохождении фотонов точечного изотропного источника с энергией 1 МэВ через защитный барьер из воды толщиной 28,4 см? Источник и детектор расположены на одной нормали к барьеру с противоположных сторон вплотную к защите. Использовать: а) таблицы, б) формулу Тейлора.

2. Рассчитать кратность ослабления интенсивности фотонов с энергией 0,5 МэВ от точечного изотропного источника в гетерогенной среде, состоящей из 3,1 см железа и 1,18 см свинца. Источник и детектор расположены на одной нормали к барьеру с противоположных сторон вплотную к защите.

3. В опытах по определению энергетического распределения фотонов в бесконечной водной среде детектор помещали на расстоянии 31,8 см от точечного изотропного источника активностью 1 Ки. Определить мощность поглощенной дозы в точке расположения детектора (мкГр/ч).

4. С точечным изотропным источником (энергия 0,8 МэВ) работали 6 ч в неделю без защиты. При этом оператор получал предельно допустимую недельную дозу. Объем работ увеличился до 30 ч в неделю. Какая толщина бетонной защиты необходима, чтобы доза не превышала прежней величины?

5. Плотность потока быстрых нейтронов с  $E = 14$  МэВ от точечного изотропного источника составляет  $5 \cdot 10^6$  нейт/см<sup>2</sup>с. Следует ослабить эту плотность потока экраном из воды до ДПП. Для  $E_n = 14$  МэВ  $s_H = 0,69$  барн,  $s_O = 1,5$  барн.

6. За защитой из воды толщиной 80 см в бесконечной геометрии от нейтронов плоского мононаправленного источника спектра деления обеспечивается ДМД. Определить, какую толщину защиты из воды надо добавить, чтобы сохранить прежнюю мощность дозы за защитой, если мощность источника возросла на порядок.

7. Точечный изотропный источник нейтронов с энергией 14,9 МэВ и мощностью 109 н/с находится вблизи стальной защиты толщиной 60 см. Найти за защитой мощность эквивалентной дозы от быстрых нейтронов и полную мощность эквивалентной дозы.  $E_{пор} = 2$  МэВ.

8. Рассчитать отношение доз от нейтронного и гамма-излучения точечного изотропного источника  $^{239}\text{Pu}$ - $\alpha$ -Be с мощностью 107 н/с в воде на расстоянии 80 см от источника. Считать, что на 1 нейтрон испускается 3 гамма-кванта с  $E \approx 4$  МэВ а средняя энергия нейтронов – 4,5 МэВ.

9. При определении сечения выведения нейтронов для железной пластины и точечного изотропного источника нейтронов с энергией 14 МэВ провели 2 измерения: а) определили плотность потока тепловых нейтр. в воде  $j_1 = 170$  нейт/см<sup>2</sup>с. Источник располагался на расстоянии 10 см от бака с водой, детектор в воде на расстоянии 1 м от источника. б) определили плотность потока тепловых нейтр.  $j_2 = 50$  нейт/см<sup>2</sup>с в воде в той же точке, но воздушный зазор между источником и водой был заполнен железной пластиной толщиной 10 см. Определить из проведенных измерений микроскопическое  $\sigma_{rem}$  для железа.

10. Рассчитать защиту из железа в бесконечной геометрии, ослабляющую в 6000 раз поглощенную дозу в воздухе от точечного изотропного источника с энергией 5 МэВ.

11. В пункт, находящийся на расстоянии 190 км от завода, на автомашине транспортируется точечный изотропный источник 1 Ки с эффективной энергией гамма-излучения 1.5 МэВ и гамма-эквивалентом 3 мг-экв Ra на 1 мКи. Источник находится на расстоянии 0,7 м от сопровождающего лица. Средняя скорость автомобиля 50 км/ч. Определить толщину стенки свинцового контейнера, где находится источник, если доза при перевозке не должна превышать дневной дозы для персонала при шестидневной рабочей неделе.

### Перечень вопросов входного контроля:

1. Какие реакции называют экзоэнергетическими, а какие эндоэнергетическими? Что происходит с массами и кинетическими энергиями частиц в этих реакциях?
2. Дать определение физического смысла макроскопического сечения. Как оно связано с микроскопическим сечением?
3. Назовите макроскопические коэффициенты взаимодействия частиц с веществом и объясните их физический смысл.
4. Какие взаимодействия испытывают заряженные частицы при движении в веществе?
5. Как влияет упругое рассеяние на траектории легких и тяжелых заряженных частиц в веществе?
6. Какое излучение называется тормозным излучением?
7. Как (и почему) интенсивность тормозного излучения зависит от массы частицы?
8. Что такое тормозная способность вещества?
9. В чем различие тормозных способностей легких и тяжелых заряженных частиц?
10. Изобразить графически потери энергии на столкновения и излучение для электронов. Что такое критическая энергия?
11. Чем отличается ЛПЭ от тормозной способности вещества?
12. В чем заключается эффект аннигиляции?
13. Назовите основные механизмы ядерной реакции.
14. Почему заряженные частицы с одной энергией, пройдя в веществе одинаковый путь, имеют разную энергию?
15. Назовите основные процессы взаимодействия фотонов с веществом. Как зависят сечения этих процессов от атомного номера вещества?
16. Назовите процессы взаимодействия нейтронов с веществом.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при аттестации

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	Зачтено
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач	
Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	Незачтено

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету:

1. Классификация возможных последствий воздействия ионизирующих излучений на человека.
2. Механизм воздействия ионизирующего излучения на живые организмы. Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения. Международные организации, специализирующиеся в области радиационной защиты и их функции.

3. Основные эффекты воздействия облучения на людей. Механизмы воздействия излучения на людей (пути воздействия).

4. Естественные источники ионизирующих излучений.

5. Основные определения, устанавливаемые нормативной документацией: активность, доза поглощенная, доза экспозиционная, доза эквивалентная, взвешивающие коэффициенты, предел дозы, население, риск радиационный, загрязнение радиоактивное, дезактивация, отходы радиоактивные, санитарно-защитная зона, зона наблюдения.

6. Системные и внесистемные единицы измерений в области радиационной безопасности и защиты.

7. Основные нормативные требования, устанавливаемые НРБ-99/2009.

8. Требования, устанавливаемые ОСПОРБ-99/2010 для радиационно-опасных объектов.

9. Требования к выполнению работ с открытыми источниками излучения, согласно ОСПОРБ-99/2010.

10. Классификация РАО, устанавливаемая ОСПОРБ-99/2010.

11. Характеристики взаимодействия гамма-излучения с веществом. Закон ослабления рентгеновского и гамма-излучения.

12. Принцип работы ионизационной камеры, вольт-амперная характеристика ионизационной камеры.

13. Типы ионизационных камер. Конструкция ионизационной камеры.

14. Пропорциональные счетчики и счетчики Гейгера-Мюллера.

15. Временные характеристики работы газового счетчика.

16. Основные принципы люминесцентного метода регистрации ИИ.

17. Схема сцинтилляционного метода регистрации ИИ. Требования к сцинтилляторам.

18. Принципы регистрации ионизирующих излучений с помощью полупроводниковых детекторов. Требования к полупроводниковым детекторам.

19. Трековые детекторы и их назначение

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при аттестации

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	Зачтено
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач	
Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	Незачтено

## Пример контрольно-измерительного материала (КИМ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
ядерной физики  
\_\_\_\_\_ Титова Л. В.

Направление подготовки:

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Дисциплина: Б1.В.ДВ.01.02 Защита от ионизирующих излучений

Вид контроля: Зачет

### Контрольно-измерительный материал №1

1. Характеристики взаимодействия гамма-излучения с веществом. Закон ослабления рентгеновского и гамма-излучения
2. Точечный изотропный источник нейтронов с энергией 14,9 МэВ и мощностью 109 н/с находится вблизи стальной защиты толщиной 60 см. Найти за защитой мощность эквивалентной дозы от быстрых нейтронов и полную мощность эквивалентной дозы.  $E_{пор} = 2 \text{ МэВ}$ .

Преподаватель \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_  
подпись расшифровка подписи