

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дозиметрия и защита от излучений

название дисциплины

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Приборы и методы контроля качества и диагностики

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-7	Способен проводить контроль качества выпускаемой оптической продукции	<p><i>Знать:</i> структуру современной системы величин, применяемых в ядерной и нейтронной физике; основные значения нормируемых пределов доз для персонала и населения; нормы и правила радиационной безопасности; структуру современной системы величин, применяемых в радиационной защите и безопасности</p> <p><i>Уметь:</i> выполнять расчеты по оценке мощностей доз и радиационной обстановки; выполнять расчеты по оценке мощностей доз и радиационной обстановки, выбирать необходимые способы защиты от излучений и оценивать параметры защиты, пользоваться дозиметрической аппаратурой и методиками радиационного контроля</p> <p><i>Владеть:</i> навыками анализа радиационной обстановки при проведении различных работ с источниками ионизирующего излучения; навыками элементарных расчетов основных характеристик полей излучений и дозиметрических величин для источников простой геометрии (точечный, линейный, поверхностный и объёмный)</p>

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части. Индекс дисциплины Б.03.10

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: атомная физика, ядерная физика, теория переноса излучения, методы и приборы физических измерений

Дисциплина изучается на 3 курсе в бсеместре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетных единиц (з.е.), 72 академических часов.

3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	6	№
	Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с преподавателем		
Аудиторные занятия (всего)	48	-
В том числе:		
лекции (лекции в интерактивной форме)	16	-
практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)	16	-
лабораторные занятия	16	-
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
зачет	0	-
экзамен	-	-
Самостоятельная работа обучающихся		
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	24	-
В том числе:		

<i>Подготовка к выполнению лабораторной работы, оформлению отчета</i>	-	-
<i>Подготовка индивидуального домашнего задания</i>	8	-
<i>Подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (в течение семестра)</i>	8	-
<i>Подготовка к зачету (Проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий и обязательной литературы)</i>	8	-
Всего (часы):	72	
Всего (зачетные единицы):	2	

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Лек	Сем/Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Ионизирующее излучение	3	4	-	2	Тест №1
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	2	4	2	2	
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	1	-	2	-	
2.	Дозиметрия облучения человека	5	12	-	4	Тест №2
2.1.	Базовые дозиметрические величины	2	6	2	-	

2.2.	Биологическое действие излучений	2	6	2	4	
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	1	-	-	-	
3.	Защита от ионизирующих излучений	4	18	-	8	-
3.1.	Геометрия источников излучения	2	4	-	-	-
3.2.	Защита от гамма-излучения	1	6	-	4	
3.3.	Защита от нейтронов	1	8	-	4	
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников	5	-	-	7	Инд. дом. задание (разд. 1-4)
4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	1	-	-	2	-
4.2.	Физические основы дозиметрии	2	-	-	2	
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	1	-	2	2	
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	1	-	2	1	-
	Всего:	16	16	16	24	

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся, Внеауд – внеаудиторные занятия.

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ионизирующее излучение	
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	Современная структура системы величин в радиационной защите и безопасности. Характеристики радионуклидов и источников излучения. Спонтанные ядерные превращения и излучения, сопутствующие ядерным превращениям: конверсионное излучение, характеристическое излучение, излучение электронов Оже, запаздывающее нейтронное излучение, внутреннее образование электрон-позитронных пар. Ядерные реакции. Энергетические спектры излучения при ядерных превращениях. Характеристики радионуклидных источников, активность, период полураспада и константа распада. Закон радиоактивного распада, закон накопления числа радиоактивных ядер для материнского и дочерних радионуклидов. Соотношение между массой и активностью радионуклида. Спектры излучения источников. Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения. Поток, плотность потока, флюенс частиц и энергии, интенсивность излучения. Поля точечных источников излучения.
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Непосредственно и косвенно ионизирующие излучения. Первичные взаимодействия фотонов, нейтронов, тяжелых заряженных частиц и электронов с атомами и молекулами. Передача энергии излучения веществу. Ионизационные и радиационные потери энергии электронов. Потери

		энергии тяжелых заряженных частиц. Энергия, переданная мишени.
2.	Дозиметрия облучения человека	
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Керма, экспозиционная доза, поглощенная доза, их связь с потоковыми характеристиками. Гамма-постоянные радионуклидов и гамма-эквиваленты источников сложного нуклидного состава. Расчет базовых дозиметрических величин для точечного изотропного источника.
2.2.	Биологическое действие излучений	Биологические эффекты у человека. Детерминированные, стохастические и генетические эффекты. Эквидозиметрические величины. Характеристика качества излучения для оценки рисков. Коэффициенты относительной биологической эффективности для детерминированных эффектов в отдельных органах и тканях и взвешивающие коэффициенты излучения для стохастических эффектов. Поглощенная доза в органе, ОБЭ-взвешенная доза и эквивалентная доза в органе и ткани. Величины, устанавливающие требования к состоянию радиационной безопасности. Характеристики вероятности возникновения стохастических эффектов, взвешивающий коэффициент для органов и тканей. Эффективная доза и коллективная эффективная доза. Величины для демонстрации соответствия требованиям радиационной безопасности. Эквивалент дозы, амбиентный и индивидуальный эквивалент дозы, доза эффективная ожидаемая. Характеристика качества излучения – коэффициент качества излучения и дозовый коэффициент ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения.
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	Радиометрия радиоактивных газов и аэрозолей. Образование и свойства радиоактивных газов и аэрозолей. Контроль радиоактивных газов и аэрозолей в помещениях, радиоактивных выбросах и сбросах. Образование искусственных аэрозолей при работе АЭС. Внутреннее облучение. Биокинетика радионуклидов в теле человека. Камерная модель.

		Формирование доз внутреннего облучения. Определение ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения. Счетчики облучения человека (СИЧ)
3.	Защита от ионизирующих излучений	
3.1.	Геометрия источников излучения	Протяженные источники излучения с равномерно распределенной активностью: линейный, кольцевой, дисковый, цилиндрический полый источник (боковые стенки которого являются источниками), цилиндрический объемный непоглощающий источник, полубесконечное пространство с равномерно распределенной мощностью, бесконечное пространство с равномерно распределенной удельной мощностью. Характеристики полей излучения, создаваемые протяженными источниками излучения.
3.2.	Защита от гамма-излучения	Классификация защит. Расчет дозовых характеристик за защитой для обеспечения безопасной работы персонала. Геометрия широкого и узкого пучка излучения. Факторы накопления рассеянного излучения для гетерогенных и гомогенных сред. Формула Бродера. Аналитическая формула Тэйлора. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения. Универсальные таблицы Н.Гусева, расчет защиты по слоям половинного ослабления. Расчет защиты от немонотонных источников излучения методом конкурирующих линий.
3.3.	Защита от нейтронов	Дозовый состав нейтронов в защите. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации. Использование концепции сечения выведения для расчета мощностей доз быстрых нейтронов за гетерогенной защитой. Вторичное гамма-излучение в защите. Использование номограмм для расчета защиты от нейтронов.
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников	

4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	Стратегия и тактика обеспечения радиационной безопасности. Принцип ALARA. Требования нормативных документов к организации и проведению радиационного контроля.
4.2.	Физические основы дозиметрии	Дозиметрические детекторы. <i>Ионизационные</i> : универсальная характеристика ионизационной камеры, конденсаторные камеры, газоразрядные счетчики, полостные ионизационные камеры. <i>Сцинтилляционные</i> : дозиметрические характеристики сцинтилляторов, токовый и счетчиковый режимы сцинтилляционного дозиметра, ФЭУ. <i>Фотографические</i> : фотохимическое действие излучения, индивидуальный фотоконтроль, компенсация энергетической зависимости чувствительности. <i>Полупроводниковые</i> : носители электрических зарядов в полупроводниковом дозиметре, <i>p-n</i> -переход, дозиметрические характеристики полупроводниковых детекторов. Дозиметрия нейтронного излучения: особенности дозиметрии нейтронов на АЭС, методы дозиметрии на основе эффекта замедления нейтронов, индивидуальные альбедные дозиметры нейтронов.
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	Приборы и комплексы индивидуального дозиметрического контроля с дозиметрами-накопителями. Электронные прямопоказывающие дозиметры для индивидуального контроля. Носимые портативные дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры. Системы индивидуального и группового дозиметрического контроля.
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	Естественные источники ионизирующих излучений. Техногенно измененный радиационный фон. Мировая статистика облучения профессиональных работников. Международные организации МКРЗ, НКДАР ООН, МАГАТЭ.

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ионизирующее излучение	2
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	Радиометрические величины. Характеристики источников ионизирующего излучения. Характеристики поля излучения.
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	-
2.	Дозиметрия облучения человека	6
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Базовые дозиметрические величины. Характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Передача энергии и поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. Дозовые характеристики излучения. Фотонное излучение источников со сложным спектральным составом и источников с материнскими и дочерними радионуклидами. Бета-излучение изотропных источников.
2.2.	Биологическое действие излучений	Эквидозиметрические величины Величины для оценки рисков развития эффектов излучения. Величины для определения требований к состоянию радиационной безопасности. Величины для демонстрации соответствия требованиям обеспечения радиационной безопасности.
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	-
3.	Защита от ионизирующих излучений	6
3.1.	Геометрия источников излучения	Поле излучения точечных и протяженных источников без защиты
3.2.	Защита от гамма-излучения	Защита от гамма-излучения
3.3.	Защита от нейтронов	Защита от нейтронов
4.	Дозиметрия ионизирующих	-

	излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников	
4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	-
4.2.	Физические основы дозиметрии	-
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	-
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	-

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Тексты лекций (конспекты лекций)
2. Учебные и методические пособия, учебники, [1-14]
3. Лабораторные практикумы (сборник лабораторных работ) [3]
4. Банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных (в т.ч. сборник задач) [2]

(метод. кабинет на кафедре ядерной физики (ауд. 2-113, 2-111), библиотечный фонд ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.	Ионизирующее излучение	ПК-7	Тест №1
2.	Дозиметрия облучения человека	ПК-7	Тест №2
3.	Защита от ионизирующих излучений	ПК-7	Инд. дом. задание (разд. 1-4)

4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и персонала	ПК-7	
Промежуточный контроль			
	Зачет	ПК-7	Вопросы к зачету
Всего: 4			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Современная система дозиметрических величин (базовые физические величины, нормируемые величины, операционные величины).
2. Характеристики радиоактивных ядер (радиоактивность, время жизни ядерного состояния, постоянная распада, период полураспада).
3. Три вида бета-распада и сопутствующее излучение.
4. Источники нейтронов (деление ядер тепловыми нейтронами, спонтанно делящиеся трансурановые элементы, ядерные реакции, ускорители заряженных частиц).
5. Поток, плотность потока и флюенс для частиц и энергии. Плотность потока точечного изотропного источника. Соотношения между плотностью потока, флюенсом и потоком. Интенсивность излучения.
6. Линейная передача энергии заряженными частицами. Дельта-электроны.
7. Взаимодействие тяжёлых заряженных частиц с веществом. Ионизационные и радиационные потери энергии.
8. Взаимодействие электронов с веществом. Ионизационные и радиационные потери энергии.
9. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом. Макроскопическое и микроскопическое сечения взаимодействия нейтронов.
10. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом. Упругое и неупругое рассеяние.
11. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом. Радиационный захват. Расщепление с вылетом заряженных частиц.
12. Поглощенная и экспозиционная дозы, единицы их измерения. Соотношение между ними в условиях электронного равновесия. Единица измерения экспозиционной дозы рентген.
13. Электронное равновесие. Условия, при которых выполняется электронное равновесие. Соотношение между кермой и поглощенной дозой в условиях электронного равновесия.
14. Воздушная керма и экспозиционная доза гамма-излучения. Единицы их измерения. Соотношение между ними.
15. Керма-постоянная Γ_K и ионизационная постоянная Γ_X . Расчет доз с помощью Γ_K и Γ_X .

16. Детерминированные биологические эффекты. ОБЭ-взвешенная доза. Единицы измерения ОБЭ-взвешенной дозы.
17. Стохастические биологические эффекты. Биологические эффекты, которые относятся к категории стохастических эффектов. Латентный период.
18. Эквивалентная доза в органе или ткани. Взвешивающие радиационные коэффициенты.
19. Поглощенная доза в органе или ткани и единицы ее измерения.
20. Эффективная доза внешнего облучения. Тканевые взвешивающие коэффициенты.
21. Цель радиационной безопасности. Цель радиационной защиты работников атомной отрасли. Принцип ALARA.
22. Сцинтилляционный метод дозиметрии. Виды сцинтилляторов.
23. Чувствительность сцинтилляционного дозиметра в токовом и счетчиковом режимах. «Ход с жесткостью» сцинтилляционных детекторов, способы его устранения.
24. Характеристики сцинтилляционного детектора. Процессы, происходящие в сцинтилляторе и фотоумножителе (ФЭУ). Конверсионные эффективности сцинтиллятора и фотокатода, коэффициент размножения ФЭУ, коэффициент вторичной эмиссии динодов.
25. Наперстковые и конденсаторные камеры.
26. Газоразрядные и пропорциональные счетчики, их характеристики, конструкции и механизм протекания тока в них.
27. Дозиметрия нейтронного излучения: особенности дозиметрии нейтронов на АЭС.
28. Методы дозиметрии на основе эффекта замедления нейтронов, индивидуальные альбедные дозиметры нейтронов.
29. Поле излучения, создаваемое линейным источником с равномерно распределенной активностью (определение плотности потока в произвольной точке от линейного источника).
30. Поле излучения, создаваемое цилиндрическим полым источником, стенки которого являются источниками ионизирующего излучения (определение плотности потока в точке, находящейся на оси цилиндра).
31. Поле излучения, создаваемое дисковым излучающим источником с равномерно распределенной активностью (определение плотности потока в точке, находящейся на перпендикуляре к центру дискового источника).
32. Взаимодействие нейтронов с биологической тканью. Формирование поглощённой дозы нейтронов в ткани.
33. Расчет защиты от нейтронов с помощью сечения выведения.
34. Основные источники и уровни облучения персонала и населения. Естественные источники ионизирующих излучений. Техногенно измененный радиационный фон.

35.Мировая статистика облучения профессиональных работников.
Международные организации МКРЗ, НКДАР ООН, МАГАТЭ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Студент считается допущенным к сдаче зачета при условии выполнения им программы дисциплины получения за работу в течение семестра не менее 35 баллов согласно рейтинговой системе по результатам выполненного индивидуального домашнего задания и тестов. На зачете студентам предлагается ответить на два теоретических вопроса и решить одну задачу из разных разделов программы.

в) описание шкалы оценивания:

Ответ студента на зачете согласно рейтинговой системе оценивается в интервале 20–40 баллов. Для сдачи зачета необходимо набрать суммарно не менее 60 баллов. Оценка за зачет выставляется в соответствии с таблицей:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

6.2.2. Рейтинговый тест №1.

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Радиоактивность – это

А) превращение стабильных ядер в нестабильные под действием внешнего излучения.

Б) ядерное превращение с изменением только энергетического состояния ядра.

В) самопроизвольное превращение нестабильных ядер атома, сопровождающееся испусканием излучения (корпускулярного или гамма-излучения).

1. Единица активности в системе СИ

А) Беккерель

Б) Кюри

В) Зиверт

2. Излучение, состоящее из незаряженных частиц, способных создавать непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения.

А) Непосредственно ионизирующее излучение

Б) Косвенно ионизирующее излучение

3. Защита от ионизирующего излучения – это ...

А) состояние защищенности настоящего и будущих поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Б) комплекс физических, технических и организационных мероприятий, направленных на снижение уровня излучения на заданном объекте, в заданной точке или области пространства до заданной величины.

В) определение радиационной обстановки в технологических помещениях АЭС, выбор материалов защиты, толщины стен помещений с оборудованием контуров.

4. Корпускулярное ионизирующее излучение.

А) альфа (α), гамма (γ) - излучение

Б) гамма (γ), бета (β) - излучение

В) альфа (α), бета (β) – излучение

5. Характеристики источников ионизирующего излучения

А) активность, период полураспада, постоянная распада, выход частиц

Б) поток частиц, плотность потока частиц, флюенс, линейный коэффициент ослабления, линейная передача энергии, фактор накопления

В) активность, период полураспада, фактор накопления

6. Характеристики полей ионизирующего излучения

- А) активность, период полураспада, постоянная распада, выход частиц**
Б) поток частиц, плотность потока частиц, флюенс, линейный коэффициент ослабления, линейная передача энергии, фактор накопления
В) активность, период полураспада, фактор накопления

7. Активность радионуклида в источнике (образце) – это....

- А) отношение числа dN_0 спонтанных (самопроизвольных) ядерных превращений, происходящих в источнике (образце), к массе этого источника (образца) dm .
Б) отношение числа ионизирующих частиц dN , проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения dS этой сферы.
В) отношение числа dN_0 спонтанных (самопроизвольных) ядерных превращений, происходящих в источнике (образце) за интервал времени dt , к этому интервалу.

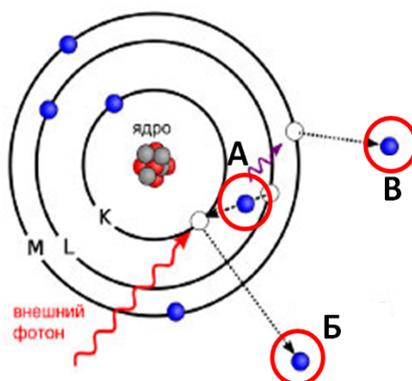
8. Определить период полураспада $T_{1/2}$ и постоянную распада λ радионуклида, если за сутки его активность уменьшилась на 75 %.

- А) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ сут}$;**
Б) $\lambda = 1,6 \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ с}$;
В) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ час}$;

9. Защита расстоянием от ионизирующего излучения: ...

- А) с увеличением расстояния уменьшается мощность излучения**
Б) с увеличением расстояния уменьшается гамма-постоянная данного радионуклида
В) с увеличением расстояния от источника уменьшается активность препарата

10. Оже-эффект. Показать на схеме Оже-электрон.



11. Указать соответствующие энергии нейтронов

быстрые нейтроны	1–200 кэВ
------------------	-----------

промежуточные нейтроны	от 200 кэВ до 20 МэВ
надтепловые нейтроны	менее 0,25 эВ
тепловые нейтроны	от 0,25 эВ до 1кэВ

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест считается выполненным при условии правильного решения не менее 60% предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 2 баллами: задания 1-20 – 1 балл каждое (минимум 12 баллов).

6.2.3. Наименование оценочного средства

Рейтинговый тест №2

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Дозиметрические величины, являющиеся непосредственно определяемыми в измерениях величинами, предназначенными для оценки нормируемых величин при радиационном контроле

- А) базовые физические величины
- Б) нормируемые величины
- В) операционные величины**

2. Мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности

- А) Поглощенная доза
- Б) Эквивалентная доза
- В) Эффективная доза**

3. Рассчитать поглощенную и эквивалентную дозы от смешанного источника излучения, если доза от гамма-излучения 1 рад, от бета-излучения – 10 рад, от альфа-излучения – 1 рад и от быстрых нейтронов – 1 рад.

- А) $D=13$ рад, $H=31$ бэр**
- Б) $D=13$ бэр, $H=31$ рад
- В) $D=13$ рад, $H=13$ бэр

4. Керма – это

- А) величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу. Выражается как отношение энергии излучения, поглощённой в данном объёме, к массе вещества в этом объёме.
- Б) сумма начальных кинетических энергий всех заряженных частиц, освобождённых незаряженным ионизирующим излучением (таким**

как фотоны или нейтроны) в образце вещества, отнесённая к массе образца.

В) средняя доля энергии, переданной электронам, которая теряется через тормозное излучение

5. Укажите вид ИИ, коэффициент качества которого имеет наибольшее значение:

- А) нейтронное
- Б) бета-излучение
- В) альфа-излучение**

6. Коэффициент качества излучения зависит от:

- А) массы облучаемого вещества
- Б) вида ионизирующего излучения**
- В) природы облучаемого вещества

7. Относительная биологическая эффективность – это отношение поглощенной дозы образцового излучения D_0 , вызывающего определенный биологический эффект, к поглощенной дозе данного излучения D_x , вызывающего такой же биологический эффект. В качестве образцового излучения на практике принимается

- А) электронное
- Б) рентгеновское**
- В) α -излучение

8. Состояние взаимодействия фотонного излучения с веществом, при котором суммарная кинетическая энергия всех электронов, входящих в рассматриваемый объем вещества, равна суммарной кинетической энергии электронов, покидающих его, называется

- А) фотонным равновесием
- Б) энергетическим равновесием
- В) электронным равновесием**

9. Поглощенная доза в ткани при облучении потоком тепловых нейтронов составляет 100 мкГр. Какими должны быть поглощенные дозы в ткани фотонного и α -излучений для получения эквивалентного биологического эффекта?

- А) 500 мкГр и 25 мкГр**
- Б) 500 мкГр и 100 мкГр
- В) 100 мкГр и 25 мкГр

10. Единица измерения эффективной дозы в СИ

- А) Грей
- Б) Зиверт**
- В) Рентген

11. Чему равна поглощенная доза в биологической ткани при соблюдении электронного равновесия, если экспозиционная доза составляет 1 Р (СИ)?

- А) 0,873 рад
- Б) $8,73 \cdot 10^{-3}$ Дж/кг
- В) 33,85 Гр

12. Расчет мощности экспозиционной дозы X на расстоянии r от данного источника с известной активностью A

А) $X = \frac{A \cdot \Gamma_X}{r^2}$

Б) $X = \frac{r^2 \cdot \Gamma_X}{A}$

В) $X = \frac{A \cdot \Gamma_X}{r}$

13. Легкие человека облучают γ -квантами и тепловыми нейтронами. Поглощенная доза γ -квантов составила 3 мкГр, а нейтронов – 4 мкГр. Чему равна эквивалентная доза в легких?

- А) 83 мкЗв
- Б) 7 мкЗв
- В) 23 мкЗв

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест считается выполненным при условии правильного решения не менее 60% предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

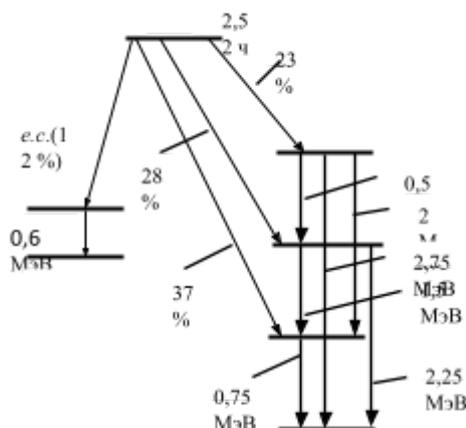
Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 2 баллами: задания 1-20 – 1 балл каждое (минимум 12 баллов).

6.2.4. Индивидуальное домашнее задание (разд. 1-4)

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Вариант № 1 (ДЗ)

№ 1. Рассчитать квантовые выходы всех γ -квантов, испускаемых радионуклидом, схеме распада которого изображена на рис. 1.3. Относительные выходы γ -квантов с разной энергией относятся как: $\eta_1(0,5 \text{ МэВ}) : \eta_2(2 \text{ МэВ}) : \eta_3(2,75 \text{ МэВ}) = 18 : 5 : 7$; $\eta_4(1,5 \text{ МэВ}) : \eta_5(2,25 \text{ МэВ}) = 14 : 5$.



- № 2. Персонал гр. А работает с препаратом, являющимся чистым β -излучателем со средней энергией β -частиц 0,7 МэВ. Допустимо ли работать с этим препаратом по 10 часов в неделю в течение года, если плотность потока на руки составляет $800 \beta\text{-част.}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$?
- № 3. По трубам прокачивается газ ^{131}I , который адсорбируется в цилиндрической колонке (диаметр 1 м, высота 0,2 м) до удельной активности 80 Бк/л. Определить мощность воздушной кермы фотонов на оси колонки на расстоянии 1 м от ее поверхности, считая, что цилиндрическая колонка полностью и равномерно заполнена ^{131}I . Ослаблением излучения в воздухе, стенках труб и колонке пренебречь.
- № 4. Рассчитать толщину защиты из железа, ослабляющую по поглощенной дозе в воздухе в 25 раз γ -излучение находящихся в одной точке двух точечных изотропных источников с энергиями испускаемых фотонов 0,4 и 2 МэВ, если керма-эквивалент нуклида с энергией 0,4 МэВ в четыре раза превышает керма-эквивалент нуклида с энергией 2 МэВ. Для тех же условий найти толщину защиты для кратности ослабления 1000.

Вариант № 5 (ДЗ)

- № 1. Найти величину кермы в воздухе, создаваемую источником ^{51}Cr за 4 часа, если в начальный момент времени плотность потока γ -квантов в точке наблюдения составляла $2 \cdot 10^4 \text{ л}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.
- № 2. На каком расстоянии от точечного изотропного источника ^{137}Cs , имеющего активность 10^8 Бк следует работать оператору, чтобы не был превышен годовой дозовый предел (для персонала гр..А)? Работа осуществляется 36 часов в неделю в геометрии ИЗО.
- № 3. Труба (диаметр 0,25 м, длина 6 м) использовалась ранее для нефтеперегонки. Мощность воздушной кермы, измеренная на расстоянии 1 м от торца трубы вдоль центральной оси, равна 10 мкГр/ч. Определить адсорбированную поверхностную активность и массу ^{226}Ra , находящегося в равновесии с дочерними продуктами распада.
- № 4. Защита из воды толщиной 25 см обеспечивает допустимые условия работы с точечным изотропным источником ^{60}Co . На сколько сантиметров надо увеличить водную защиту, если активность источника увеличится в 10 раз?

Вариант № 6 (ДЗ)

№ 1. Нарисовать схему распада радионуклида, если испускаются следующие γ -кванты и β -частицы:

$$\varepsilon_{\beta_1} = 0,3 \text{ МэВ}, \eta_{\beta_1} = 20 \%; \varepsilon_{\beta_2} = 0,5 \text{ МэВ}, \eta_{\beta_2} = 30 \%;$$

$$\varepsilon_{\beta_3} = 1,0 \text{ МэВ}, \eta_{\beta_3} = 50 \%; \varepsilon_{\gamma_1} = 0,2 \text{ МэВ}, \eta_{\gamma_1} = 10 \%;$$

$$\varepsilon_{\gamma_2} = 0,7 \text{ МэВ}, \eta_{\gamma_2} = 10 \%; \varepsilon_{\gamma_3} = 0,5 \text{ МэВ}, \eta_{\gamma_3} = 40 \%;$$

$$\varepsilon_{\gamma_4} = 1,1 \text{ МэВ}, \eta_{\gamma_4} = 100 \%.$$

№ 2. На каком расстоянии следует работать с точечным изотропным источником ^{51}Cr активностью 10^{12} Бк, чтобы за 8 часов облучения воздушная керма фотонов не превысила 0,5 Гр?

№ 3. На внутреннюю поверхность полого цилиндра (диаметр 0,2 м, высота 0,2 м) тонким слоем нанесен радиоактивный источник с общим керма-эквивалентом $4 \cdot 10^6$ нГр·м²/с. Определить мощность воздушной кермы в середине этого цилиндра.

№ 4. Для работы с точечным изотропным источником ^{65}Zn используется защита из свинца толщиной 2,95 см, которая обеспечивает допустимые условия облучения персонала при работе 1 час в день. Какую толщину свинцовой защиты следует добавить, чтобы с источником можно было работать 10 часов в день? Аннигиляционное излучение ^{65}Zn не учитывать.

Вариант № 10 (ДЗ)

№ 1. Активность точечного изотропного источника ^{65}Zn составляет 10^9 Бк. Оператор (персонал гр.А) работает с этим источником по 4 часа в день в течение недели, находясь на расстоянии 1 м от источника. Определить эффективную дозу за неделю. Облучение считать передне-задним, изменением активности источника в течение недели можно пренебречь.

№ 2. Определить мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1,2 м от источника, керма-эквивалент которого равен 4,5 нГр·м²/с.

№ 3. Труба, имеющая диаметр 3,6 см, проходит вдоль стены на протяжении 4 м. Определить мощность воздушной кермы на расстоянии 2 м от середины трубы перпендикулярно к стене, если по трубе протекает радиоактивный раствор ^{137}Cs с удельной активностью $5 \cdot 10^4$ Бк/л. Поглощение и рассеяние γ -квантов в растворе, стенах трубы и в воздухе не учитывать.

№ 4. Требуется заказать контейнер для хранения точечного изотропного источника ^{60}Co активностью $5 \cdot 10^{10}$ Бк. Мощность воздушной кермы на поверхности контейнера не должна превышать 90 нГр/с. Рассчитать необходимую толщину защитной стенки контейнера, предполагая, что материал сейфа а) железный; б) свинцовый. Источник и детектор находятся на одной прямой, перпендикулярно поверхности стенки, на расстоянии 50

см друг от друга.

Вариант № 15 (ДЗ)

- № 1. На каком расстоянии от точечного изотропного источника ^{60}Co , имеющего активность 10^8 Бк следует работать оператору, чтобы не был превышен годовой дозовый предел (для персонала гр..А)? Работа осуществляется 36 часов в неделю в геометрии ПЗ.
- № 2. Аэрозоли коррозионного происхождения ^{60}Co (70 %) и ^{58}Co (30 %) через органы дыхания поступили в организм работника за год в количестве 5 мкг. Чему равна ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения, если поступившие аэрозоли относятся к группе «М»?
- № 3. Объемная активность ^{60}Co в водяном паре, протекающем по трубопроводу диаметром 10 см, в момент остановки реактора составляет 10^3 Бк/л. Трубопровод расположен по окружности радиусом 3 м. Чему равна мощность воздушной кермы в центре круга?
- № 4. Точечный изотропный источник ^{60}Co , имеющий активность $8 \cdot 10^7$ Бк, находится за защитой из железа толщиной 7,1 см. На каком расстоянии от источника должен работать персонал гр. А 30 часов в неделю, чтобы не превышались допустимые уровни облучения? Считать, что облучение в передне-задней геометрии, доза равномерно распределяется по году.

Вариант № 20

- № 1. Источник ^{51}Cr имеет активность 10^8 Бк. Найти флюенс фотонов на расстоянии 50 см за год.
- № 2. Мощность поглощенной дозы изотропного фотонного излучения с энергией 2 МэВ в воздухе в условиях электронного равновесия заряженных частиц равна 15 мГр/ч. Определить соответствующую ей мощность эффективной дозы.
- № 3. Рассчитать толщину железного экрана при работе с источником ^{137}Cs , если необходимо снизить интенсивность γ -излучения в $1,25 \cdot 10^4$ раз. Решить задачу с использованием слоев ослабления.
- № 4. Определить кратность ослабления плотности потока нейтронов с $E_n > 2$ МэВ плоского мононаправленного источника нейтронов спектра деления в железной пластине толщиной 40 см.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Домашнее задание считается выполненным при условии решения всех 4 предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 20 баллами: каждое задание, в зависимости от степени решения задачи, оценивается от 5 до 3 баллов каждое.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	12	20
	Оценочное средство № 1.1 (Тест 1)	12	20
	Контрольная точка № 2	24	40
	Оценочное средство № 2.1 (Тест 1)	12	20
	Оценочное средство № 2.2 (Индивидуальное домашнее задание)	12	20
Промежуточный	Зачет	24	40
	Вопросы к зачету	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать **5 баллов**.

Штрафы: за несвоевременную сдачу/выполнение индивидуальных домашних заданий. Максимальная оценка может быть снижена на 1 балл – за каждое просроченное занятие, на 2 балла – за несвоевременное выполнение

индивидуального домашнего задания/теста, на 1 балл на зачете – за каждое пропущенное лекционное занятие.

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Тесты по разделам проводятся на лекционных занятиях и включают вопросы по предыдущему разделу.

Индивидуальное домашнее задание выполняется студентом дома в рамках самостоятельной работы.

Устный опрос в виде дискуссии проводится на каждом лекционном занятии совместно и затрагивает, как правило, тему прошлолекционного занятия.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде *зачета*, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на *зачете* для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

	<i>Карта наличия в библиотеке</i>
а) основная литература	
1. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.	<i>30 шт.</i>
2. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. – Обнинск: ИАТЭ, 2012.	<i>80 шт.</i>
3. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник лабораторных работ по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. Издание 2-е, дополненное и переработанное. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. – 132 с.	<i>50 шт.</i>

б) дополнительная литература

4. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная безопасность персонала атомных станций. – М. – Обнинск: Атомтехэнерго, 2003. 100 шт.
5. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Обеспечение радиационной безопасности персонала при эксплуатации АЭС. – М.– Обнинск: Концерн «Росэнергоатом»-ИАТЭ, 2007. 20 шт.
6. В.А. Кутьков, В.В. Ткаченко, В.П. Романцов и др. «Основы радиационного контроля на АЭС». Учебное пособие. Концерн «Росэнергоатом» - ИАТЭ, Москва-Обнинск, 2008 (имеется в библиотеке ИАТЭ) 50 шт.
7. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. – М: Физматлит, 2004.
8. Иванов В.И. Курс дозиметрии. – М.: Энергоатомиздат, 1988. 144 шт.
9. Голубев Б.П. Дозиметрия и радиационная безопасность на АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 216 с. 95 шт.
10. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1999. 50 шт.
11. В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева «Защита от ионизирующих излучений». Энергоатомиздат, Москва, 1995.
12. Егоров Ю.А., Носков А.А. Радиационная безопасность на АЭС. Учебное пособие для вузов. /Под общ. ред. Н.А.Доллежала. – М.: Энергоиздат, 1986. 152 с. 6 шт.
13. Нормы радиационной безопасности (НРБ - 99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09. Москва, 2009.
14. Романцова И.В. Радиоактивные аэрозоли. – Обнинск: ИАТЭ, 2005.

8. Перечень ресурсов* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>

<http://kuperbook.biblioclub.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://library.mephi.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины в аудитории (активные и интерактивные формы): лекции, консультации, индивидуальные работы, контрольные работы, зачет, в том числе активные формы: проблемная лекция, лекция по готовому конспекту, мозговой штурм, решение типовых задач, занятия по решению проблемных и творческих задач, контрольно-корректирующие занятия. Зачет выставляется после защиты индивидуальных домашних заданий и сдачи контрольных работ.

По освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Для записи конспектов лекций у обучающегося должна быть тетрадь желательного большого формата, так как в конспектах по дисциплине обязательно присутствуют рисунки, графики и чертежи. Эти элементы должны быть выполнены так, чтобы все детали были хорошо видны. Обычно лекция - это самое краткое изложение материала по данному вопросу. Если при записи конспекта вы что-то не успели записать – оставьте место, чтобы дописать потом. Конспект лекций необходимо проработать перед следующей лекцией, поставив вопросы там, где встречаются непонятные места. Ответы на эти вопросы следует найти в рекомендованной литературе или выяснить на консультации у преподавателя. Конспект лекций необходимо дополнять вставками, особенно по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение. По организации самостоятельной работы Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа предполагает: чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; работу с Интернет-источниками.

Выполнение индивидуальных заданий, подготовку к сдаче зачета.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы

Образовательные технологии, применяемые при организации внеаудиторной

самостоятельной работы:

1. Самостоятельная работа с книгой и конспектом лекций.
2. Самостоятельная работа с Internet-ресурсами.
3. Самостоятельная работа по выполнению домашних работ.
4. Самостоятельная работа при подготовке к контрольным работам.
5. Самостоятельная работа при подготовке к зачету.

Для достаточного освоения теоретического материала по дисциплине «Дозиметрия и защита от излучений», подготовке к зачету, студенты должны:

- ознакомиться с перечнем вопросов, относящихся к каждой теме и изучить их по конспекту лекций с учетом заметок в собственном конспекте лекций;
- выбрать источник из списка литературы, если по данной теме недостаточно материала в конспекте лекций;
- проверить полученные теоретические знания на основе результатов выполненного домашнего задания, контрольных работ.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Чтение лекций сопровождается слайд-презентациями, разработанными в среде Microsoft Office PowerPoint.

10.1. Перечень информационных технологий

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;
- использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).
- Программное средство *Mathcad, Matlab, Statistica* и т.п.

10.3. Перечень информационных справочных систем

- Консультант Плюс – Справочно-правовая система (разработчик ЗАО

«Консультант Плюс»).

– National Nuclear Data Center (<http://www.nndc.bnl.gov>)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

11.1. Лекционная аудитория, оснащенная следующим оборудованием: компьютер, мультимедийный проектор, экран.

11.2. Слайд-лекции по всем разделам дисциплины. Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами, указанными в разделе 7 данной рабочей программы.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для эффективной реализации целей и задач ФГОС ВПО, для воплощения компетентностного подхода в преподавании используются следующие образовательные технологии и методы обучения.

При чтении лекций используется технология проблемного обучения (последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешая которые студенты активно усваивают знания). Курс построен на принципах системного подхода к отбору программного материала и определению последовательности его изучения студентами, что предусматривает глубокое изучение предметов за счет объединения занятий в блоки, т.е. реализуется технология концентрированного обучения. Для представления теоретического материала используются активные методы обучения. Лекции проводятся в традиционной и нетрадиционной форме. Все лекции представляют собой лекции – визуализации, с использованием мультимедийного проектора. Часть лекционного материала представляется в виде лекции-беседы, что позволяет концентрировать внимание студентов на особо значимых (важных) моментах учебного материала.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практически е занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Ионизирующее излучение		7	
1.1.	Введение.	Лекция	2	Лекция-беседа, Лекция-дискуссия
		Семинар	4	метод проектов,

	Источники ионизирующего излучения			рефлексия
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Лекция	1	Лекция-беседа, Лекция-дискуссия
		Семинар	-	-
2.	Дозиметрия облучения человека		17	
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Лекция	2	Лекция-беседа
		Семинар	6	метод проектов, рефлексия
2.2.	Биологическое действие излучений	Лекция	2	Лекция-дискуссия, Просмотр и обсуждение видеофильмов
		Семинар	6	метод проектов, рефлексия
2.3	Основы дозиметрии внутреннего облучения	Лекция	1	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	-	-
3.	Защита от ионизирующих излучений		22	
3.1	Геометрия источников излучения	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	4	Проблемный семинар
3.2	Защита от гамма-излучения	Лекция	1	Лекционно-практическое занятие
		Семинар	6	метод проектов, рефлексия
3.3	Защита от нейтронов	Лекция	1	Лекционно-практическое занятие
		Семинар	8	метод проектов, рефлексия
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни		5	

	облучения населения и работников			
4.1	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	Лекция	1	Лекция-беседа
		Семинар	-	-
4.2	Физические основы дозиметрии	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	-	-
4.3	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	Лекция	1	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	-	-
4.4	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	Лекция	1	Лекция-беседа
		Семинар	-	-

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы самостоятельной работы

1. Современная система дозиметрических величин[1, 4, 5] (2 час)
2. Нормы радиационной безопасности[1, 4, 5] (2, час)
3. Методы дозиметрии ионизирующих излучений[1, 4, 5] (5 час)
4. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения[1, 10] (4 час)
5. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов[1, 10] (4 час)

12.3. Краткий терминологический словарь

Активность А - мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Единицей активности является беккерель (Бк). внесистемная единица активности кюри (Ки) равна $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Аэрозоль - дисперсная система с газообразной средой и с твердой, жидкой или смешанной дисперсной фазой.

Аэрозоль радиоактивный - аэрозоль, в дисперсную фазу которого входят радионуклиды.

Аэродинамический диаметр частицы аэрозоля – это диаметр частицы с плотностью, равной 1 г/см³, имеющей ту же скорость осаждения в воздухе при нормальных условиях, что и у данной частицы.

Беккерель (Бк, беккерель) - единица *активности*.

Величина нормируемая - величина, являющаяся мерой ущерба (вреда) от воздействия ионизирующего излучения на человека и его потомков.

Величина операционная - величина, однозначно определяемая через физические характеристики поля излучения в точке или че-рез физико-химические характеристики аэрозоля в точке, максимально возможно приближенная в стандартных условиях облучения к величине, нормируемой в целях ограничения облучения, и предназначенная для консервативной оценки этой величины при дозиметрическом контроле.

Вещество тканезквивалентное - вещество, имеющее массовый химический состав, эквивалентный составу мягкой биологической ткани: 76,2 % -кислород, 11,1 % - углерод, 10,1 % - водород и 2,6 % - азот.

Грей (Гр, грей) - наименование единиц ряда дозиметрических величин: единица *поглощенной дозы*; единица *кермы*.

Группа критическая - группа лиц из населения, однородная по одному или нескольким признакам - полу, возрасту, социальным или профессиональным условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника излучения.

Доза индивидуальная эффективная (эквивалентная в органе или ткани) – эффективная доза (эквивалентная доза в органе или ткани), которая была бы получена стандартным работником, если бы он находился в тех же производственных условиях и выполнял те же работы с источником, что и данный индивид. Значение индивидуальной дозы приписывается индивиду по результатам дозиметрического контроля.

Доза эквивалентная в органе или ткани (эквивалентная доза) $H_{T,R}$ - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения W_R . Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Доза эффективная E - величина, используемая как мера ущерба от возникновения отдаленных последствий облучения человека, учитывающая распределение эквивалентной дозы в теле стандартного человека и радиочувствительность его органов и тканей. Она равна сумме произведений эквивалентных доз в органах и тканях стандартного человека на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица эффективной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная коллективная S - мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения, равная сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв).

Доза эквивалентная ожидаемая при внутреннем облучении $H_T(\tau)$ - доза за время τ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм стандартного человека. Значение τ следует принять равным 50 годам для взрослых и $(70-t_0)$ для детей (лиц моложе 20 лет). Единица ожидаемой эквивалентной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная ожидаемая при внутреннем облучении $E(\tau)$ - величина, используемая как мера ущерба от возникновения отдаленных последствий внутреннего облучения человека, учитывающая распределение эквивалентной дозы в теле стандартного человека и радиочувствительность его органов и тканей. Она равна сумме произведений ожидаемых эквивалентных доз в органах и тканях стандартного человека на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица ожидаемой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная (эквивалентная) годовая - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм стандартного человека радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Зиверт (Зв, зиверт) - наименование единиц ряда дозиметрических величин: - единица эквивалентной и эквивалентной ожидаемой дозы облучения органа или ткани; - единица эффективной и эффективной ожидаемой дозы облучения; - единица эквивалента дозы.

Излучение ионизирующее - излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Различают два вида ионизирующего излучения – непосредственной и косвенно ионизирующие излучения:

- *непосредственно (прямо) ионизирующее излучение* - излучение, состоящее из заряженных частиц, способных ионизировать среду;
- *косвенно ионизирующее излучение* - излучение, состоящее из незаряженных частиц и фотонов, способных создавать непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения.

Источник ионизирующего излучения (источник) - радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которое распространяется действие Норм.

Источник (устройство), генерирующий ионизирующее излучение - электрофизическое устройство (рентгеновский аппарат, ускоритель, генератор и т.д.), в котором ионизирующее излучение возникает за счет изменения скорости заряженных частиц, их аннигиляции или ядерных реакций.

Источник радионуклидный закрытый - источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан. Закрытые источники являются основными источниками внешнего облучения работников в производственных условиях.

Источник излучения техногенный - источник ионизирующего излучения, специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности.

Источник радионуклидный открытый - источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду. В условиях профессионального облучения является источником загрязнения производственной среды радионуклидами и рассматривается как источник внутреннего излучения. Основным путем облучения работников такими источниками является утечка их содержимого и поступление в органы дыхания в виде аэрозолей или газов вместе с вдыхаемым воздухом.

Источник излучения природный - источник ионизирующего излучения природного происхождения.

Керм, K – отношение суммы начальных кинетических энергий dE_k всех заряженных ионизирующих частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе dm вещества в этом объеме. Единица кермы – грей (Гр).

Коэффициенты взвешивающие для излучения W_R – регламентированные значения отношения поглощенной дозы $D_{T,0}$ образцового излучения в органе T и поглощенной дозы $D_{T,R}$ излучения R в том же органе, при которых наблюдается одна и та же степень тяжести или вероятность возникновения вредного эффекта облучения органа стандартного человека. Взвешивающие коэффициенты при внешнем облучении относятся к излучению, падающему на поверхность тела, а в случае внутреннего облучения - к излучению, испускаемому при ядерном превращении радионуклидов в органе или ткани. В качестве образцового принимается любое излучение с малым значением ЛПЭ включая рентгеновское и гамма-излучение любой энергии.

Коэффициенты взвешивающие для органов и тканей W_T - множители эквивалентной дозы в органах и тканях стандартного человека, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей стандартного человека в возникновении стохастических эффектов облучения.

Коэффициента качества излучения $Q(L)$ - величина, которая учитывает повреждения биологической ткани, возникающие вследствие микроскопического распределения поглощенной энергии в точке взаимодействия излучения с веществом. Коэффициент качества излучения является функцией полной линейной передачи энергии излучения в воде, L .

Мощность дозы - доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

Облучение внешнее - облучение органов и тканей человека в результате воздействия излучения, падающего на тело.

Облучение внутреннее - облучение органов и тканей человека в результате поступления радионуклидов в организм человека.

Облучение планируемое повышенное - планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

Облучение профессиональное - облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Объект радиационный - организация, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения

Передача энергии излучения линейная полная (ЛПЭ) L - отношение средней энергии, переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl , к длине этого пути

Единица ЛПЭ - кэВ/мкм. Если не определяется иное, через ЛПЭ (L) обозначают полную передачу энергии заряженной частицей воде.

Плотность потока частиц - флюенс за единицу времени. Единица плотности потока частиц - част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

Риск радиационный - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Спектрометр (счетчик) излучения человека (СИЧ) - спектрометрическая или радиометрическая установка, предназначенная - для идентификации γ -излучающих радионуклидов, находящихся в отдельном органе или во всем теле человека; - для определения активности радионуклидов, находящихся в теле человека.

Фантом шаровой МКРЕ – шар диаметром 30 см из тканеэквивалентного материала плотностью 1 г/см³.

Флюенс частиц - отношение числа частиц, проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения этой сферы. Единица флюенса - част./см².

Человек стандартный – гипотетический индивид, характеристики которого используются для оценки дозы излучения и определены МКРЗ. Стандартный человек является кавказоидом по антропологической классификации и жителем Западной Европы или Северной Америки по образу жизни и уровню потребления.

Эквивалент дозы H– произведение поглощенной дозы в точке на средний коэффициент качества излучения, воздействующего на биологическую ткань в данной точке.

Эквивалент дозы амбиентный (амбиентная доза) H*(d) – эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине d (мм) от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения, идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленном и однородном. Эквивалент амбиентной дозы используется для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома.

Эквивалент дозы индивидуальный $H_p(d)$ – эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине d (мм) под рассматриваемой точкой на теле.

Эффекты излучения детерминированные - клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше - тяжесть эффекта зависит от дозы.

Эффекты излучения стохастические - вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение

Программу составила:

_____ О.П. Александрова, доцент отделения ЯФиТ, к.ф.-м.н.

Рецензент:

_____ А.В. Нахабов, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ(О)