

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

"Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-технического
факультета СарФТИ НИЯУ МИФИ

_____ А.К.Чернышев

"..." _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиационная безопасность

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность): 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Фундаментальная и прикладная физика

Квалификация (степень) выпускника бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Автор _____ к.т. н. Е.Ю. Тарасова

Рецензент _____ к.ф.-м. н. С.В. Воронцов

Зав. кафедрой ЯРФ _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Руководитель ОПП _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ
(актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г)

Программа актуализирована на заседании кафедры
Ядерной и радиационной физики
от 30.08.21 протокол №1

г. Саров, 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у будущих специалистов современного представления о радиационной безопасности как о разделе прикладной ядерной физики, изучающей пути обеспечения состояния защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Задачи дисциплины:

- формирование системных знаний в области обеспечения радиационной безопасности;
- закрепление базовых навыков обеспечения радиационной безопасности персонала в ситуациях планируемого и аварийного облучения;
- научиться применять полученные знания в практической деятельности.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

"Радиационная безопасность" читается в 7 семестре обучения по ООП.

"Радиационная безопасность" - теоретический курс, призванный заложить основы знаний о радиационной безопасности, принципах нормирования облучения и защиты от излучений. Изучение курса основано на базе дисциплин "Общая физика", "Ядерная физика".

2. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В совокупности с другими дисциплинами базовой части ФГОС ВО дисциплина "Радиационная безопасность" направлена на формирование следующих компетенций бакалавра прикладных математики и физики:

- Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов (**УК-8**);
- Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования (**ПК-1**);
- Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (**ПК-2**);
- способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области ядерной и радиационной физики с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов (**ПК-8.1**);
- способен к участию в проведении измерений, выполнении экспериментов на ядерно- и электрофизических установках – источниках излучения, высоковольтном и измерительном оборудовании (**ПК-8.2**).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать

- **З-УК-8** Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте
- **З-ПК-1** Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования

- **З-ПК-2** Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.
- **З-ПК-8.1** знать нормы и правила ядерной и радиационной безопасности
- **З-ПК-8.2** знать порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ,

В том числе:

- основные рекомендации и требования по обеспечению радиационной безопасности международных организаций;
- структуру национальной системы радиационной безопасности;
- нормы и основные правила обеспечения радиационной безопасности;
- основные пути обеспечения радиационной безопасности;
- условия формирования радиационной обстановки при проведении работ с источниками ионизирующих излучений;
- систему нормативных документов в области обеспечения радиационной безопасности;
- радиационные последствия деятельности предприятия (в том числе при возникновении аварий).

Уметь

- **У-УК-8** Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте
- **У-ПК-1** Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования.
- **У-ПК-2** Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области
- **У-ПК-8.1** уметь проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений
- **У-ПК-8.2** уметь создавать математические модели процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках

В том числе:

- использовать нормы радиационной безопасности и основные санитарные правила при работе с источниками ионизирующих излучений;
- оценивать соответствие радиационной обстановки требованиям норм радиационной безопасности;
- представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления, доклада, информационного обзора.

Владеть

- **В-УК-8** Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте
 - **В-ПК-1** Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.
 - **В-ПК-2** Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения в задач избранной предметной области
 - **В-ПК-8.1** владеть навыками проведения экспериментов на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных
 - **В-ПК-8.2** владеть навыками обработки результатов исследований
- В том числе:**
- знаниями о закономерностях взаимодействия ионизирующих излучений с человеком;
 - терминологией в области радиационной безопасности;

- навыками основ расчета защиты от излучения;
- методами расчета дозиметрических характеристик

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (144 часа), из них аудиторных 16 часов - лекции, 32 часа - практики, включая интерактивную форму обучения – 8 часов, 60 часов - СРС.

3.1 СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия/ семинары	Самостоятельная работа			
Тема 1. Цели и задачи радиационной безопасности. Мониторинг облучения природными источниками излучения в окружающей среде.	1	2					
Тема 2. Радиационные величины и единицы измерения	2	2	2	5	Устный опрос		
Тема 3. Система дозиметрических величин в радиационном контроле	3		4				
Тема 4. Биологическое действие ионизирующего излучения. Индукция детерминированных и стохастических эффектов.	4-6	2	5	10	Устный опрос, участие в дискуссии	Контрольная работа	10
Тема 5. Формирование дозы внешнего и внутреннего облучения. Методы контроля.	7	2		4			
Тема 6. Современная система радиационной защиты человека. Типы ситуаций облучения. Категории облучения. Идентификация облученных лиц. (Публикация 103 МКРЗ).	8	2	2		Участие в дискуссии		
Тема 7. Общие принципы ограничения облучения. Ограничение профессионального облучения. Нормы радиационной безопасности.	9	2	3	5	Устный опрос, решение задач		
Тема 8. Источники облучения персонала. Организация работ с ИИИ. Санитарные правила обеспечения радиационной безопасно-	10-11	2	4	5	Устный опрос, участие в дискуссии		

сти							
Тема 9. Международная шкала ядерных событий. Критерии воздействия на людей и окружающую среду. Радиологическая эквивалентность радионуклидов.	12		2	5	Устный опрос		
Тема 10. Методы расчета дозиметрических характеристик	13		4	6	Устный опрос		
	14		2	10		Контрольная работа	10
Тема 11. Приборное обеспечение радиационного контроля	15	2					
Обсуждение рефератов	16-17		4	10	Участие в дискуссии		
Работа в семестре:							
Посещаемость	1-17						5
Дискуссии	4-6, 8, 10-11						5
Контрольные работы	6,14						20
Рефераты	16-17						20
Экзамен							50
Итоги за семестр		16	32	60			100

3.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Цели и задачи радиационной безопасности. Мониторинг облучения природными источниками излучения в окружающей среде.

Природная радиоактивность. Природа ионизирующих излучений, их основные источники и проникающая способность. Радиоактивные ряды урана и тория. Радон и его опасность (Публикация 115 МКРЗ). Природный радиационный фон и техногенные добавки к фону. Культура безопасности. Основы государственной политики в области радиационной безопасности.

Тема 2. Радиационные величины и единицы измерения.

Основные понятия и определения источников и полей ионизирующих излучений. Величины и единицы измерения ионизирующих излучений. Активность радионуклида и единицы ее измерения.

Тема 3. Система дозиметрических величин в радиационном контроле.

Физические и нормируемые величины. Операционные величины для контроля внешнего облучения. Применение нормируемых и операционных величин для количественного определения воздействия ионизирующего излучения на человека. Рекомендуемые операционные величины (совместная публикация МКРЕ и МКРЗ, 2017).

Тема 4. Биологическое действие ионизирующего излучения. Индукция детерминированных и стохастических эффектов.

Механизм действия излучения на человека. Детерминированные и стохастические эффекты. Соматические и генетические последствия облучения. Беспороговая концепция. Клинические последствия острого облучения.

Тема 5. Формирование дозы внешнего и внутреннего облучения. Методы контроля.

Моделирование процессов облучения. Характеристики аэрозольных частиц. Модель процессов внутреннего облучения. Прямые и косвенные биофизические методы контроля внутреннего облучения. Контроль внешнего облучения. Неопределенность контроля дозы облучения.

Тема 6. Современная система радиационной защиты человека. Типы ситуаций облучения. Категории облучения. Идентификация облученных лиц. (Публикация 103 МКРЗ).

Три типа ситуаций облучения: планируемое, аварийное и существующее облучение. Три категории облучения: профессиональное облучение, облучение населения и медицинское облучение пациентов. Персонал, население и пациенты. Принципы радиационной безопасности: обоснование, оптимизация защиты и применение предела дозы. Радиационный риск.

Тема 7. Общие принципы ограничения облучения. Ограничение профессионального облучения. Нормы радиационной безопасности.

Принципы радиационной безопасности. Ограничение профессионального облучения в нормальных условиях. Система мер защиты: зонирование, условия труда, средства индивидуальной защиты, мониторинг рабочего места, оценка облучения. Граничные дозы и предел дозы. Нормы радиационной безопасности. Ограничение облучения в условиях планируемого повышенного облучения.

Тема 8. Источники облучения персонала. Организация работ с ИИИ. Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности

Факторы радиационной опасности при работе с радионуклидными источниками ионизирующего излучения, радиоактивными веществами, при эксплуатации исследовательских ядерных установок и электрофизических установок, генерирующих ионизирующее излучение. Лицензирование деятельности. Требования к администрации и к персоналу. Требования размещению радиационного объекта и к помещениям. Требования в системах обеспечения радиационной безопасности. Организация радиационного контроля. Основные локальные нормативные документы по обеспечению радиационной безопасности.

Тема 9. Международная шкала ядерных событий. Критерии воздействия на людей и окружающую среду. Радиологическая эквивалентность радионуклидов.

Общее описание шкалы ИНЕС. Классификация ядерных событий. Принципы выбора критериев в ИНЕС. Классификация событий по воздействию на людей и окружающую среду. Активность выброса. Радиологическая эквивалентность радионуклидов. Критерии оценки по уровню облучения. Критерии воздействия на радиологические барьеры на крупных установках.

Тема 10. Методы расчета дозиметрических характеристик.

Определение мощности эффективной, поглощенной и эквивалентной доз по результатам измерения экспозиционной дозы. Определение мощности эквивалентной дозы в хрусталике глаза и в коже при известной активности источника. Расчет допустимого времени работы. Расчет необходимой толщины защиты для обеспечения заданной кратности ослабления дозы внешнего гамма-излучения.

Тема 11. Приборное обеспечение радиационного контроля.

Методы и технические средства радиационного контроля. Дозиметрический контроль профессионального облучения. Контроль радиационной обстановки. Основные типы средств измерений ионизирующего излучения. Обеспечение единства измерений при проведении радиационного контроля.

3.3. ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Цель практических занятий – закрепить основные (базовые) понятия изучаемой темы, приобрести навыки дискуссии и решения типовых задач по изучаемой теме.

Номер недели	Номер раздела или темы	Наименование и краткое содержание занятия	Цель и характер занятия	Количество часов очная форма обучения
1	1	Радиофобия и реальность. Радон и его опасность	Дискуссия на тему. Обсуждение вопросов	2
2	2	Активность радионуклида и единицы ее измерения. Закон радиоактивного распада.	Приобретение навыков решения задач.	2
3	3	Экспозиционная и поглощенная доза излучения. Единицы измерения (в системе СИ и внесистемные). Радиевый гамма-эквивалент. Керма-эквивалент. Связь мощности дозы с активностью гамма-источника. Эффективная и эквивалентная доза облучения. Взвешивающие коэффициенты. Расчет эквивалентной и эффективной дозы.	Приобретение навыков решения задач.	2
4-6	4	Биологическое действие ионизирующего излучения. Индукция детерминированных и стохастических эффектов.	Интерактивная форма обучения. Дискуссия на тему "Теория окислительного стресса".	2
	4	Соматические и генетические последствия облучения. Порог действия радиации. Радиационный риск для населения и персонала. Дозовая матрица.	Интерактивная форма обучения. Дискуссия на тему "Применение дозовой матрицы в практической работе по обеспечения радиационной безопасности персонала"	2
6	2, 4	Контрольная работа №1.	Текущий контроль.	2
7	5	Формирование дозы внешнего и внутреннего облучения. Методы контроля.	Приобретение навыков решения задач	2
8	6	Современная система радиаци-	Обсуждение вопросов,	2

		онной защиты человека. Типы ситуаций облучения. Категории облучения. Идентификация облученных лиц. (Публикация 103 МКРЗ).	Дискуссия на тему "Эволюция нормирования в Публикациях МКРЗ: от 26 до 103"	
9	7	Общие принципы ограничения облучения. Ограничение профессионального облучения. Нормы радиационной безопасности.	Обсуждение вопросов. Приобретение навыков решения задач	2
10-11	8	Источники облучения персонала. Организация работ с ИИИ. Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности	Обсуждение вопросов. Дискуссия на тему.	4
12	9	Международная шкала ядерных событий. Критерии воздействия на людей и окружающую среду. Радиологическая эквивалентность радионуклидов.	Дискуссия на тему "Применение шкалы для реальных ядерных событий"	2
13	10	Методы расчета дозиметрических характеристик	Приобретение навыков решения задач	2
14	5, 7, 10	Контрольная работа №2.	Текущий контроль.	2
15	11	Приборное обеспечение радиационного контроля	Обсуждение вопросов	2
16	1-12	Обсуждение отдельных вопросов курса в форме обсуждения рефератов	Приобретение навыков выступления, ведения научной дискуссии.	2

3.4. Интерактивные формы, используемые в реализации дисциплины

Раздел дисциплины (тема)	Интерактивная форма	Кол-во часов	Методы и средства контроля
Раздел 1, 4, 6, 8, 9. Практические занятия.	1. Дискуссия 2. Анализ конкретных ситуаций	8	Оценка активности участия студента

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

4.1 ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- самостоятельный поиск литературы по разделам и темам курса;
- изучение литературы и подготовка к семинарскому занятию, проводимому в форме дискуссии;
- подготовка рефератов по темам, предложенным преподавателем;
- обсуждение рефератов на семинарских занятиях;
- подготовка к экзамену.

4.2 ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Проверка контрольных работ

Проверка рефератов, сданных преподавателю в письменной форме.

5. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Текущий и итоговый контроль знаний студентов:

- посещаемость лекций, семинарских и практических занятий
- активность на всех видах занятий
- выполнение 2 контрольных работ
- написание реферата
- сдача экзамена по предложенным вопросам.

5.1. ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе изучения дисциплины "Радиационная безопасность" студент должен выполнить две контрольные работы (6 и 14 недели семестра), состоящие из одного теоретического вопроса и двух расчетных задач (Контрольная работа №1) и двух задач (Контрольная работа №2) (Приложения 1, 2). Первый вопрос относится к основным терминам и понятиям дисциплины, второй вопрос касается теоретических основ дозиметрии. Первая задача предполагает вычисление одной из основных величин радиационной безопасности, вторая задача предполагает проведение инженерного расчета радиационной защиты от источника ионизирующего излучения.

5.2. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

- 5.2.1. Культура безопасности
- 5.2.2. Безопасность при транспортировании радиоактивных материалов
- 5.2.3. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами
- 5.2.4. Радиоактивные аэрозоли. Модели поступления радиоактивных веществ в организм
- 5.2.5. Химические методы дозиметрии
- 5.2.6. Применение радиоизотопов в медицине.
- 5.2.7. Термолюминесцентные детекторы в практике индивидуального контроля
- 5.2.8. Дезактивация поверхностей оборудования
- 5.2.9. Международные основные нормы безопасности
- 5.2.10. Принцип ALARA

5.3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

- 5.3.1 Активность радионуклида и единицы ее измерения. Закон радиоактивного распада.
- 5.3.2 Радиевый гамма-эквивалент. Керма-эквивалент. Связь мощности дозы с активностью гамма-источника.
- 5.3.3 Физические и нормируемые величины.
- 5.3.4 Операционные величины для контроля внешнего облучения. Применение нормируемых и операционных величин для количественного определения воздействия ионизирующего излучения на человека.
- 5.3.5 Механизм действия излучения на человека. Детерминированные и стохастические эффекты.
- 5.3.6 Соматические и генетические последствия облучения. Беспороговая концепция. Клинические последствия острого облучения.
- 5.3.7 Три типа ситуаций облучения и три категории облучения.
- 5.3.8 Принципы радиационной безопасности.

- 5.3.9 Ограничение профессионального облучения в нормальных условиях. Система мер защиты: зонирование, условия труда, средства индивидуальной защиты, мониторинг рабочего места, оценка облучения.
- 5.3.10 Нормы радиационной безопасности. Ограничение облучения в условиях планируемого повышенного облучения.
- 5.3.11 Факторы радиационной опасности при работе с радионуклидными источниками ионизирующего излучения, радиоактивными веществами, при эксплуатации исследовательских ядерных установок и электрофизических установок, генерирующих ионизирующее излучение.
- 5.3.12 Открытый и закрытый источники ионизирующего излучения.
- 5.3.13 Зона наблюдения и санитарно-защитная зона.
- 5.3.14 Категорирование радиационных объектов.
- 5.3.15 Лицензирование деятельности.
- 5.3.16 Требования к администрации и к персоналу. Права и обязанности.
- 5.3.17 Требования размещению радиационного объекта и к помещениям.
- 5.3.18 Требования к системам обеспечения радиационной безопасности. Организация радиационного контроля. Основные локальные нормативные документы по обеспечению радиационной безопасности.
- 5.3.19 Классификация ядерных событий. Принципы выбора критериев в ИНЕС.
- 5.3.20 Ликвидация последствий радиационных событий.
- 5.3.21 Планируемое повышенное облучение.
- 5.3.22 Средства индивидуальной защиты.
- 5.3.23 Средства коллективной защиты.
- 5.3.24 Классификация радиоактивных отходов
- 5.3.25 Законодательная и нормативная база в области обеспечения радиационной безопасности.
- 5.3.26 Защита от радиоактивных веществ, образующихся в воздухе.
- 5.3.27 Модель процессов внутреннего облучения. Прямые и косвенные биофизические методы контроля внутреннего облучения.
- 5.3.28 Контроль внешнего облучения.
- 5.3.29 Категории облучаемых лиц.
- 5.3.30 Основные дозовые пределы.
- 5.3.31 Контрольные уровни факторов радиационной опасности.
- 5.3.32 Государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности

5.4. УРОВЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса, консультирования студентов, проверки выполнения ими контрольной работы и реферата.

Формой промежуточной аттестации является экзамен, который проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билетов.

Оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:

- работы в семестре:

- оценки за посещаемость занятий;
- оценка за участие в дискуссиях
- оценки за контрольные работы (две);
- оценка за реферат;

и - оценки знаний в ходе экзамена.

Ориентировочное распределение баллов по видам работы:

- посещаемость занятий – 5 баллов
- участие в дискуссиях – 5 баллов
- контрольные работы – 30 баллов
- реферат – 10 баллов
- экзамен – 50 баллов
- Итого – 100 баллов

Оценка знаний по 100-бальной шкале в соответствии с критериями СарФТИ НИЯУ МИФИ реализуется следующим образом

Количество баллов	Оценка (ECTS)	
90 - 100	A	"Отлично" – содержание курса освоено полностью, без пробелов; практические навыки работы сформированы; все учебные задания выполнены с высоким баллом
85 - 89	B	"Очень хорошо" – содержание курса освоено полностью; практические навыки работы в основном сформированы; все учебные задания выполнены с высоким баллом
75 - 84	C	"Хорошо" – содержание курса освоено полностью, без пробелов; некоторые практические навыки работы сформированы недостаточно; все учебные задания выполнены с качеством, которое не оценивалось минимальным количеством баллов; некоторые задания выполнены с ошибками
65 - 74	D	"Удовлетворительно" - содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы в основном сформированы; большинство учебных заданий выполнено, но с ошибками
60 - 64	E	"Посредственно" - содержание курса освоено частично; многие задания не выполнены или их качество оценено минимальным количеством баллов
Ниже 60	F	"Неудовлетворительно" – очень слабые знания, недостаточные для понимания курса

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ, ФГОС ВО по направлению 03.03.01 Прикладная математика и физика реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия по проблемным вопросам, обсуждение рефератов и др.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, готовятся к тестированию, готовят рефераты. В процессе подготовки студенты используют специализированные программные продукты: юридические информационно-справочные системы (Консультант-Плюс, Гарант), информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы и веб-представительства организаций, предприятий и учреждений, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации 2007 года Международной комиссии по радиационной защите.
2. СанПиН 2.6.1.2523 – 09 НРБ-99/2009 "Нормы радиационной безопасности"
3. СП 2.6.1.2612 – 10 ОСПОРБ 99/2010 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности"
4. СП 2.6.1.2216 -07 СП СЗЗ и ЗН- 2007 "Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ"
5. СанПиН 2.6.1.2573 – 2010 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ"
6. "ИНЕС. Руководство для пользователей международной шкалы ядерных и радиологических событий" 2010 г.
7. Ю.Н. Тарасенко "Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения". М: изд-во: техносфера. 2013г.
8. Б. П. Голубев "Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений" Для студентов ВУЗов; М.: Энергоатомиздат, 2005.
9. В.И. Иванов "Курс дозиметрии" Для студентов ВУЗов; -М.: Энергоатомиздат, 2004.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения"
2. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ "О санитарно - эпидемиологическом благополучии населения"
3. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии"
4. Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ "Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
5. Федеральный закон от 26.06.2008 №102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений"
6. СанПиН 2.6.1.1281-03 "Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ).
7. СанПиН 2.6.1.07-03 СПП ПУАП-03. "Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности"
8. СанПиН 2.6.1.3289-15 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками, генерирующими рентгеновское излучение при ускоряющем напряжении до 150 КВ"
9. Публикация 115 МКРЗ. Заявление по радону. 2010 г.
10. Совместная публикация МКРЕ и МКРЗ "Операционные величины для внешнего облучения", 2017 г.
11. Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов "Защита от ионизирующих излучений" Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов -2е изд М.: Атомиздат, 1980. - 461 с.
12. В.И. Иванов, В.А. Климанов, В.П. Машкович "Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений" Учеб. пособие для вузов; 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1992.-256с.: ил.
13. В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева "Защита от ионизирующих излучений" Справочник, 4-е изд., перераб. И доп., М.: Энергоатомиздат, 1995. 496 с.
14. Н.С. Бабаев, В.Ф. Демин, Л.А. Ильин, В.А. Книжников, И.И. Кузьмин, В.А. Легасов, Ю.В. Сивинцев "Ядерная энергетика, человек и окружающая среда". (Под ред. акад. А.П.Александрова). Москва, Энергоиздат, 1981, с. 286.
15. Ю.И.Брегадзе, Э.К.Степанов, В.П.Ярина "Прикладная метрология ионизирующих излучений"; - М.: Энергоатомиздат, 1990. 264 с.
16. В.П. Машкович, А.М. Панченко "Основы радиационной безопасности", Москва, Энергоатомиздат, 1990
17. В.А. Кутьков, Б.В. Поленов, В.А. Черкашин "Радиационная безопасность и радиационный контроль" (в двух томах), Обнинск, НОУ "ЦИПК" ,2008

18. В.Ф. Козлов. "Справочник по радиационной безопасности". Энергоатомиздат, 1999
19. "Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений". Под общ.ред. В.И.Гришмановского. Т.1. Организация и методы контроля. М.: Атомиздат, 1980. 272 с.
20. "Дозиметрический и радиометрический контроль. Радиометрия проб". Под общ. ред. В.И.Гришмановского. М.: Энергоиздат, 1981. 208 с.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)

Изучение дисциплины "Радиационная безопасность" предполагает освоение материалов лекций, систематическую работу студентов в ходе проведения семинарских занятий, решение контрольных и тестовых заданий, подготовку рефератов. На самостоятельную работу студентов при изучении дисциплины "Радиационная безопасность" отводится 94 часа. 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 разделе 7 рабочей программы "Радиационная безопасность". По каждой из тем следует сначала прочитать конспект и рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в изучаемой теме. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных поисковых системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных на лекциях.

Одной из задач преподавателя является выработка у студентов осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для их дальнейшей работы по специальности. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от факторов, влияющих на организацию учебного процесса
- активное участие студентов в учебном процессе
- проведение практических занятий, позволяющих приобрести навыки решения конкретных вопросов обеспечения радиационной безопасности
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия, индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

На лекциях раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, ставятся акценты на наиболее сложных положениях изучаемого материала. Материалы лекции используются студентами для подготовки к семинарским занятиям.

Целью семинарского занятия является рассмотрение основных и наиболее проблемных вопросов в рамках темы занятия.

Подготовка рефератов предусмотрена для закрепления и расширения знаний, приобретенных в результате изучения дисциплины. Рефераты выполняются студентами в письменном виде во внеаудиторное время. Реферат должен носить творческий характер. При его оценке учитывается обоснованность выводов. В реферате студент должен полно и всесторонне рас-

смотреть все аспекты выбранной темы, четко сформулировать и аргументировать свою позицию по исследуемому вопросу.

Преподавание дисциплины требует в каждой теме выделить наиболее важные, базовые моменты и сделать акцент на них. Предлагается:

в теме 1 обратить внимание на практическую значимость курса "Радиационная безопасность", отметить специфику изучаемой дисциплины, принципы обучения, дать советы студентам рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины, рекомендации по работе с основной и дополнительной литературой;

в теме 2 обратить внимание на основные понятия, термины курса и их связь с понятиями и терминами курсов "Ядерная физика", "Физика атомного ядра и элементарных частиц", классификацию дозиметрических величин;

В теме 3 следует рассмотреть связь между физическими, операционными и нормируемыми величинами и обратить внимание на соотношение между дозиметрическими величинами в системе СИ и внесистемными единицами. При проведении практического занятия обратить внимание на перевод дозиметрических величин из системы СИ во внесистемные единицы и обратно;

в теме 4 обратить особое внимание на биологические аспекты радиационной безопасности, риск и ущерб в оценке последствий облучения человека. На практическом занятии продолжить изучение концепции приемлемого риска, обратив внимание на индивидуальные и обобщенные риски. Также следует обсудить дозовую матрицу на примере персонала одного из предприятий;

в теме 5 обратить внимание на современные принципы нормирования уровней облучения, преемственность и научную обоснованность требований радиационной безопасности. На лекции следует обратить внимание на отличие современного подхода, отраженного в Публикации 103 МКРЗ, от подхода, основанного на понятиях практики и вмешательства (Публикация 90 МКРЗ), а также на изменениях в оценке биологических эффектов от облучения;

в теме 6 обратить внимание на российский опыт внедрения международных стандартов безопасности и на отражение рекомендаций МКРЗ в национальных нормативных документах; на законодательную базу в области обеспечения радиационной безопасности населения; на основы регулирования радиационной безопасности (паспортизация организаций и территорий, отчетность предприятий по формам государственного статистического наблюдения, государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности);

в теме 7 обратить внимание на основные принципы обеспечения радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений, а также на организацию работ с РВ в открытом виде в зависимости от активности и минимально значимой активности на рабочем месте. Особое внимание необходимо уделить современной системе обращения с РАО (с учетом Федерального закона №190-ФЗ "Об обращении с радиоактивными отходами..." и Постановления Правительства №1069 "О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов";

в теме 8 обратить внимание на факторы радиационной опасности при работе на ИЯУ и ЭФУ, на требования при выборе площадок размещения установок. Особое внимание обратить на систему нормативных документов, обеспечивающих безопасность при эксплуатации ИЯУ и ЭФУ на предприятиях ядерно-оружейного комплекса;

в теме 9 обратить внимание на ядерные аварии при создании ядерного оружия и их причины; рассмотреть радиационные последствия аварий и международную классификацию ядерных событий. Следует на примере конкретных радиационных событиях на ИЯУ и ЭФУ показать примеры использования международной классификации аварий и изучить радиационные последствия;

в теме 10 рассмотреть вопросы взаимодействия излучений с веществом и принципы защиты от излучений. На практическом занятии следует продолжить изучение темы и научить-

ся применять инженерные методы расчета защиты (метод ослабления широкого пучка, метод слоев ослабления, метод номограмм);

в теме 11 обратить внимание принципы регистрации излучений и их реализацию в конкретных методах дозиметрии. Более подробно необходимо изучить методы индивидуальной дозиметрии внешнего и внутреннего облучения и организацию индивидуального контроля персонала (с учетом Руководства по радиационной защите персонала (МАГАТЭ));

в теме 12 рассмотреть вопросы разрешительной деятельности органов государственного контроля, особое внимание уделить порядку получения разрешительных документов (на уровнях организации, подразделения и индивидуальных разрешений).

На практических занятиях на 16 -18 неделях будет проходить обсуждение рефератов. В целях подготовки к экзамену по курсу "Дозиметрия и радиоэкология" студентам следует посоветовать заранее подготовить вопросы по обсуждаемым рефератам, т.к. темы рефератов будут отражены в экзаменационных вопросах.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ, ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 03.03.01 Прикладные математика и физика

Примерные задания для контрольной работы №1

ВАРИАНТ 1

1. Укажите правильное высказывание
 - а) Радиационный риск зависит от состояния здоровья, полученной дозы облучения, места и работы, возраста при облучении
 - б) Радиационный риск зависит от наследственности, местности проживания, возраста при облучении, достигнутого возраста, полученной дозы за все время жизни
 - в) **Радиационный риск зависит от динамики накопления дозы, мощности дозы, типа и энергии излучения, возраста при облучении, достигнутого возраста, пола**
2. В урановой руде содержится примесь чистого ^{206}Pb . Полагая, что весь свинец получился из распада ^{238}U ($T_{1/2} = 4,5 \times 10^9$ лет), определить возраст урановой руды. В 1 г урана содержится 0,3 г свинца. Ответ: $2,8 \times 10^9$ лет
3. Какая часть первоначального количества атомов распадется за время жизни этого изотопа? Ответ: 63,2%

ВАРИАНТ 2

1. Укажите правильное высказывание
 - а) **Эффективная доза – мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности.**
 - б) Эффективная доза – величина дозы, при которой возможно возникновение отдаленных последствий для человека и его потомков
 - в) Эффективная доза – мера риска возникновения радиационно-индуцированного рака в отдельных органах и тканях с учетом их радиочувствительности
2. Определить верхнюю границу возраста Земли, считая, что весь имеющийся на Земле $^{39}_{18}\text{Ar}$ образовался из $^{40}_{19}\text{K}$ ($T_{1/2} = 1,3 \times 10^9$ лет) в результате е-захвата. При радиоактивном распаде $^{40}_{19}\text{K}$ путем е-захвата распадается только 10,67 % ядер. В настоящее время на каждые 300 атомов $^{39}_{18}\text{Ar}$ приходится один атом $^{40}_{19}\text{K}$. Ответ: $1,5 \times 10^{10}$ лет
3. Активность препарата уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найти $T_{1/2}$. Ответ: 5,3 дня

ВАРИАНТ 3

1. Укажите правильное высказывание
 - а) Стохастические эффекты — вредные биологические эффекты излучения, возникающие при высоких дозах облучения
 - б) **Стохастические эффекты — вредные биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога**
 - в) Стохастические эффекты — вредные биологические эффекты излучения, возникающие у облученного человека
2. В организме человека в среднем содержится около 7 Бк радия, 99% которого сосредоточено в костях. Предполагая, что радий равномерно распределен в костях, определить общее число фотонов радия, образующихся за 1 ч в 1 г костей, если их масса равна 7 кг. В среднем на один распад выходит 2,33 фотона. Ответ: 8,4 фотона
3. Скорость счета радиоактивного препарата начали измерять через 5 минут после его приготовления. За 10 минут зарегистрировано 60000 импульсов. Определить скорость счета в момент приготовления препарата, если $T_{1/2} = 30$ минут. Ответ: 7543 имп/мин

4. Атомное ядро висмута $^{214}_{83}\text{Bi}$ в результате ряда радиоактивных превращений превратилось в ядро свинца $^{210}_{82}\text{Pb}$. Какие виды радиоактивных превращений оно испытало?

Ответ: 1 α – распад и 1 β – распад

ВАРИАНТ 4

1. Укажите правильное высказывание

а) Активность – это физическая величина, характеризующая скорость ядерных превращений в единицу времени

б) Активность – это физическая величина, характеризующая число радиоактивных распадов в единицу времени

с) Активность – это физическая величина, описывающая радиоактивный распад

2. В 1 мл морской воды содержится 10^{-15} г ^{222}Rn . ($T_{1/2} = 3,82$ сут.) Какое количество воды имеет активность 10 мКи. Ответ: $6,3 \times 10^3$ л

3. Найти постоянную распада Rn, если известно, что число атомов Rn за сутки уменьшается на 18,2%. Ответ: $2,33 \times 10^{-6}$ с

ВАРИАНТ 5

1. Укажите правильное высказывание

а) В современной системе дозиметрических величин физическая величина – мера воздействия ионизирующего излучения на вещество

б) В современной системе дозиметрических величин физическая величина – непосредственно измеряемая величина экспозиционной дозы

с) В современной системе дозиметрических величин физическая величина – мера риска возникновения последствий от воздействия ионизирующего излучения на человека

2. При археологических раскопках обнаружены деревянные предметы, активность ^{14}C в которых оказалась 10^6 расп/мин на 1 грамм содержащегося в них углерода. В живом дереве происходит 14,5 расп/мин на 1 грамм содержащегося в нем углерода ($T_{1/2} = 5700$ лет). Определить время изготовления этих предметов. Ответ: 3056 лет

3. Чему будет равна мощность воздушной кермы, создаваемой точечным источником ^{56}Mn активностью 3×10^9 Бк на расстоянии 2 м, если его гамма – постоянная равна $2,28 \text{ Р} \times \text{см}^2 / (\text{ч} \times \text{мКи})$. Ответ. 0,4 Гр/ч

ВАРИАНТ 6

1. Укажите правильное высказывание

а) Операционные величины – предназначены для оценки нормируемых величин при радиационном контроле

б) Операционные величины – предназначены для оценки дозы излучения на рабочем месте

с) Операционные величины – предназначены для оценки физических характеристик источника излучения

2. Средняя продолжительность жизни свободного нейтрона 1065 с. Определите период полураспада нейтронов. Ответ: 738 с

3. Измерение скорости счета радионуклида ^{144}Pr ($T_{1/2} = 0,288$ час) начали спустя 7 мин после выделения его из мишени и проводили в течение 10 мин. За это время было зарегистрировано 18342 имп. Определите активность радионуклида ^{144}Pr в момент выделения. Ответ: 50 Бк

Примерные задания для контрольной работы №2**ВАРИАНТ 1**

1. Требуется ли создание защиты, если на рабочем месте персонала от источников ионизирующих излучений мощность эквивалентной дозы составляет 2,5 мкЗв/ч? Доза облучения распределяется в течение года равномерно. В течение года работа проводится в течение 1700 ч. Ответ: нет.
2. Рассчитать кратность ослабления интенсивности фотонного излучения ^{137}Cs ($E=662$ кэВ) в гетерогенной защите, состоящей последовательно из 3,5 см железа и 3 см свинца. Ответ: ~ 100
3. В лаборатории имеются источники ^{65}Zn и ^{226}Ra активностью 67,5 и 10,5 мКи. Какой источник следует использовать в работе для получения максимальной мощности дозы? $\Gamma_{\text{Zn}} = 77,3 \text{ аГр}\times\text{м}^2/(\text{с}\times\text{Бк})$, $\Gamma_{\text{Ra}} = 57,8 \text{ аГр}\times\text{м}^2/(\text{с}\times\text{Бк})$ Ответ: ^{65}Zn

ВАРИАНТ 2

- a. Определить, будет ли превышен годовой предел дозы, если работник в течение года 10 часов работал с закрытым источником ионизирующего излучения, создающим на рабочем месте мощность экспозиционной дозы 2 Р/час. Ответ: да.
- b. Рассчитать защиту из свинца и бетона от излучения ^{60}Co (1,25 МэВ), создающего мощность экспозиционной дозы на рабочем месте 140 мР/ч, если допустимая мощность эквивалентной дозы – 11 мкЗв/ч. Ответ: 8.45 см, 54,5 см.
- c. В лаборатории используется источник ^{60}Co активностью 44 мКи. Сколько часов в день можно работать без защиты, если расстояние от источника до рабочего места – 3 м. Допустимая годовая эффективная доза (при работе 250 дней в году) – 20 мЗв. $\Gamma_{\text{Co}} = 84,6 \text{ аГр}\times\text{м}^2/(\text{с}\times\text{Бк})$. Ответ: $\sim 1,5$ час (1 ч 27 мин)

ВАРИАНТ 3

1. Определить мощность воздушной кермы и мощность экспозиционной дозы на рас
2. Рассчитать толщину защиты из бетона, ослабляющую поглощенную дозу в воздухе в 1000 раз от комбинированного источника ^{60}Co и ^{137}Cs , если керма-эквивалент ^{137}Cs в 4 раза больше керма-эквивалента ^{60}Co . Ответ: 63 см.
3. Определить допустимое время работы в день с источником ^{54}Mn , при котором эквивалентная доза на кисти рук не превысит допустимые пределы для персонал гр. А. Плотность потока фотонов на кисти рук на рабочем месте составляет 10^7 квант/($\text{см}^2\times\text{мин}$). Ответ: 0,7 час

ВАРИАНТ 4

1. Определить гамма-эквивалент, соответствующий активности 6 мКи ^{24}Na , если его гамма-постоянная $18,13 \text{ Р}\times\text{см}^2/(\text{ч}\times\text{мКи})$. Ответ: 12,95 мг-экв. Ra
2. Определить толщину защиты из бетона для обеспечения безопасной работы на расстоянии 1 м с источником фотонного излучения с мощностью дозы 280 мР/ч. Состав источ-

ника 0,1 МэВ – 19%, 0,5 МэВ – 5%, 0,7 МэВ – 63%, 1,5 МэВ – 3%, 2,2 МэВ – 10%. Ответ: 53,3 см

3. При работе с материалами, загрязненными ^{90}Sr (средняя энергия 0,6 МэВ), плотность потока β -частиц с поверхности составила 10^4 част./см² × мин. Сколько часов в день можно работать, чтобы доза на кисти рук не превысила предел дозы 500 мЗв. Годовой фонд рабочего времени – 1700 часов. Ответ: 1,3 ч

ВАРИАНТ 5

1. Определить экспозиционную и эквивалентную дозу, создаваемую источником 20 г-экв. Ra за время 30 минут на расстоянии 1 м. Ответ 8,4 Р, 79,8 мГр

2. Рассчитать толщину защиты из бетона, ослабляющую поглощенную дозу в воздухе в 20 раз от комбинированного источника ^{60}Co и ^{137}Cs , если керма-эквивалент ^{137}Cs в 4 раза больше керма-эквивалента ^{60}Co . Ответ: 30 см

3. Плотность потока тепловых нейтронов в изотропной геометрии облучения 5×10^4 нейтр/(см²×с). Мощность амбиентной дозы в помещении 0,5 мЗв/ч. Сколько времени можно работать в этом помещении, чтобы доза не превысила 1 мЗв? Ответ: 0,9 ч

ВАРИАНТ 6

1. Определить активность ^{60}Co , которая была бы эквивалентна по мощности экспозиционной дозы 1 мКи Ra. $\Gamma_{\text{Co}} = 84,6 \text{ аГр} \times \text{м}^2 / (\text{с} \times \text{Бк})$. $\Gamma_{\text{Ra}} = 8,4 \text{ Р} \times \text{см}^2 / (\text{ч} \times \text{мКи})$. Ответ: 0,65 мКи

2. Какая свинцовая защита необходима для источника цезия-137 с мощностью дозы 390 мкЗв/ч на расстоянии от него в 5 метрах, чтобы уменьшить мощность дозы до допустимых значений. Ответ: 0,3 см

3. На рабочем месте находятся два источника ^{60}Co активностью 10^5 Бк и ^{137}Cs активностью 10^6 . Расстояние до источников 1 м. Размеры источников значительно меньше расстояния до них. Эффективная доза облучения за время работы не должна превышать 1 мЗв. Геометрия облучения изотропная. Определить время работы с источниками. Ответ: 1 ч.

Лист регистрации изменений

Номер изме- нения	Номера листов			Основание для внесения изменений	Подпись	Расшифровка
	замененных	новых	аннулирован- ных			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10						
11						
12						
13						