

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Дозиметрия внешнего облучения

Код модуля
1152885(1)

Модуль
Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Пустоваров Владимир Алексеевич	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	экспериментальной физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Пустоваров Владимир Алексеевич, Профессор, экспериментальной физики

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Дозиметрия внешнего облучения

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Коллоквиум	1
		Домашняя работа	2
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Дозиметрия внешнего облучения

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-4 -Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	З-1 - Объяснить физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий П-2 - Иметь практические навыки анализа и обобщения результатов выполненных научно-технических исследований и разработок У-3 - Производить сравнительный анализ	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен
ПК-8 -Способность к анализу технических и расчетно-теоретических	З-1 - Определять требования и основные правила для разработки технических условий, стандартов и	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа

<p>разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p>	<p>технических описаний установок, материалов и изделий З-3 - Объяснять нормы и правила промышленной, радиационной, экологической и ядерной безопасности П-1 - Иметь навыки анализа технических и расчетно-теоретических разработок, учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам У-1 - Проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам У-3 - Систематизировать и структурировать информацию, работать с различными источниками информации</p>	<p>Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен</p>
<p>ПК-9 -Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение</p>	<p>З-1 - Определять современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области П-1 - Иметь навыки экспертной оценки предлагаемых решений или проектов У-2 - Анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p>	<p>Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен</p>
<p>ПК-10 -Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты</p>	<p>З-1 - Определять основные физические процессы, лежащие в основе функционирования физических установок П-2 - Иметь навыки расчета современных физических установок У-3 - Обеспечивать проведение работ с соблюдением требований, норм, правил</p>	<p>Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен</p>

	эксплуатационной и ремонтной документации по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, охраны труда и трудовой дисциплины	
ПК-11 -Способен решать инженерно-физические задачи с помощью пакетов прикладных программ	З-1 - Сформулировать инженерно- физические задачи по направлению деятельности П-1 - Иметь практический опыт решения инженерно-физических задач с помощью современных программных средств в своей профессиональной деятельности У-1 - Оценивать возможность решения инженерно-физических задач в своей профессиональной деятельности	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	1,16	30
<i>домашняя работа</i>	1,16	30
<i>контрольная работа</i>	1,16	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.4		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	1,16	50
<i>отчет по лабораторным работам</i>	1,16	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)

5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания	Нет результата
----	---	--	----------------

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Исследование законов ослабления фотонного излучения в веществе
 2. Дозиметрия фотонного излучения с помощью газоразрядных счетчиков
 3. Дозиметрия бета-излучения
 4. Сцинтилляционный метод дозиметрии
 5. Термолюминесцентный метод дозиметрии
 6. Дозиметрия нейтронного излучения
 7. Определение энергетической чувствительности детекторов ИИ
 8. Оценка радиационной безопасности
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Контрольная работа предусматривает решение задач на основе материала, изложенного в лекционном курсе. Магистрант должен показать умение работать со справочными данными, показать умение в применении основных понятий дозиметрии, их использовании в практических расчетах дозовых нагрузок.

Примерные задания

1. Стабильный нуклид Р 31 массой 7 г облучается потоком тепловых нейтронов плотностью $\phi=1013$ т. нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ в течение 60 суток.

- Определить наведённую активность образовавшегося радионуклида Р 32 через 7 суток после облучения, пренебрегая поглощением нейтронов в источнике и выгоранием атомов фосфора.

- Определить время, за которое активность снизится до минимально значимой активности, установленной НРБ-1999/2009.

- Сразу после прекращения облучения радионуклид помещен в бокс со смотровым свинцовым стеклом. С источником с помощью манипуляторов работает оператор (персонал группы А) на расстоянии 40 см.

Бета излучение полностью поглощается в материале источника. Определить толщину свинцового стекла, необходимую для защиты оператора от тормозного излучения источника. Принять, что персонал работает полный рабочий день.

2. Образец металлического алюминия облучается пучком моноэнергетических электронов 10 МэВ. Флюенс $\Phi = 1016$ электронов/см². Размер образца 5х5х5 мм³. Какова поглощенная доза? Необходимые данные взять из справочника.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Тематика коллоквиумов соответствует наименованию проводимых лабораторных работ

Примерные задания

1. Международная система единиц СИ и внесистемные единицы измерения дозовых характеристик.
2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.
3. Взаимодействие фотонного излучения с веществом.
4. Взаимодействие нейтронов с веществом,
5. Нормирование уровней облучения. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.
6. Классификация методов дозиметрии.
7. Ионизационные методы дозиметрии.
8. Люминесцентные методы дозиметрии.
9. Методы регистрации нейтронов.
10. Сравнение параметров индивидуальных дозиметров различного типа.
11. Аварийная дозиметрия.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Домашняя работа предусматривает решение задач по темам разделов Р3, Р4, Р6 на основе рекомендованных методических указаний.

Примерные задания

1. Расчет защиты от точечного источника гамма-излучения

В лаборатории имеются точечные источники гамма-излучения: ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ¹⁵⁵Eu, ⁶⁵Zn.

По паспорту все источники изготовлены 11 июня 2008 года, активность каждого источника равна 0.1 мКи.

Какой источник следует использовать, чтобы получить максимальное значение мощности экспозиционной дозы на расстоянии 1 метр.

Задачу решить двумя способами:

- с применением ионизационной гамма-постоянной нуклидов;

- с применением коэффициента передачи энергии и расчетом плотности потока гамма-квантов.

2. Расчет защиты от точечного источника нейтронов

Имеется точечный изотропный (Pu-Be) – источник нейтронов, испускающий $W=2 \cdot 10^7$ быстрых нейтр. /сек.

Определить расстояние, на котором может работать полный рабочий день персонал группы А без применения защиты.

Необходимые данные для расчета взять из справочника и НРБ-99/2009.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Домашняя работа предусматривает решение задач по темам разделов Р3, Р4, Р6 на основе рекомендованных методических указаний.

Примерные задания

1. Расчет защиты от тормозного излучения β -источника

Имеется источник β -излучения ^{32}P активностью $A=2$ Кюри. β -частицы полностью поглощаются в материале источника.

Расстояние до рабочего места оператора (персонал группы А) составляет 40 см.

Определить толщину защиты от тормозного излучения, если материал защиты – свинец, а оператор работает с источником полный рабочий день и других работ с источниками ионизирующих излучений не проводит.

2. Расчет защиты от объемного источника с применением номограмм

Цилиндрическая бочка (высота $H=1.28$ м, радиус $R=0.32$ м) наполнена водным раствором продуктов деления с общим гамма-эквивалентом 62000 г-экв Ra. Эффективная энергия гамма-излучения 0.76 МэВ.

Определить толщину защиты из бетона в радиальном направлении, если оператор (персонал группы А) находится на расстоянии 1,6 м от оси бочки в плоскости, проходящей через ее центр. Оператор работает полный рабочий день и других работ с источниками ионизирующих излучений не проводит.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.5. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Отчет должен быть предоставлен по выполненным работам, перечисленным в п. 5.1.2. Примерные задания перечислены в методическом пособии по выполнению лабораторных работ. Для лаб. работ №1 и 3 задания показаны ниже, они могут корректироваться ведущим преподавателем.

Примерные задания

Задание к главе 1. Исследование законов ослабления фотонного излучения в веществе

Цель работы: экспериментальное исследование законов ослабления фотонного излучения при прохождении его через материалы с различными порядковыми атомными номерами.

Задание

1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации прибора и подготовить его к работе.

2. Осуществить геометрию «узкого» пучка и провести измерение фона I_0 и начальное значение числа импульсов от источника (в обоих случаях пластины поглотителей отсутствуют). При этом время измерения фона должно быть не менее 100 с, время измерения числа импульсов с применением источника — не менее 30 с.

3. В геометрии «узкого» пучка определить число импульсов I_i при различных толщинах d_i двух видов поглотителей, рекомендованных преподавателем (пластины располагать вплотную к источнику).

4. Осуществить геометрию «широкого» пучка и провести аналогичные п. 2 и п. 3 измерения числа импульсов (пластины располагать вплотную к детектору). При этом время измерения фона должно быть не менее 100 с, время измерения числа импульсов с применением источника — не менее 30 с.

Обратить внимание, что в геометрии «узкого» и «широкого» пучков значения фона отличаются.

На каждой кривой ослабления необходимо получить не менее 8–10 точек. При малой толщине поглотителя наблюдается наибольшее отклонение от законов, определяемых (1.14) и (1.15) (см. гл. 1), поэтому рекомендуется по возможности (зависит от толщины имеющихся пластин) половину точек (5–6) на кривой ослабления получить на начальном участке кривой.

Задание к главе 3. Термолюминесцентный метод дозиметрии

Цель работы: практическое ознакомление с термолюминесцентным методом измерения дозы фотонного излучения, овладение методикой выполнения измерений, приобретение навыков работы с прибором ДВГ.

Задание

1. Ознакомиться с описанием прибора ДВГ-02ТМ и с прикладным программным обеспечением (см. приложение 3.1 «Установка дозиметрическая термолюминесцентная ДВГ-02ТМ. Инструкция по эксплуатации»), подготовить прибор к работе.

2. Провести подготовку ТЛ-детекторов для облучения (ТЛD-500 К, ДТГ-4). С этой целью провести измерение светосуммы (дозы) до облучения для каждого детектора с применением прибора ДВГ-02 ТМ. Таким образом, детекторы будут отожжены, и вся накопленная в них дозиметрическая информация будет стерта.

3. Поместить 3 кассеты с ТЛ-детекторами перед гамма-источником известной активности на фиксированное расстояние (40, 80, 120 см) или использовать разные типы гамма-источников известной активности, помещая детекторы перед ними на одинаковое расстояние. Провести облучение в течение 60 минут (фиксировать время облучения и расстояние!).

4. Поместить другие 2 кассеты с ТЛ-детекторами перед β -источником на расстоянии 10 см. Провести облучение в течение 30 минут.

5. С применением прибора ДВГ-02 ТМ произвести считывание значений накопленных величин светосуммы и эквивалента дозы $H_p(10)$ для каждого облученного ТЛ-детектора. Калибровочные коэффициенты для каждого типа детекторов, задаваемые в программе, получить у преподавателя.

6. Сравнить экспериментальные значения эквивалентной дозы $H_p(10)$ гамма-излучения с рассчитанной величиной. Для расчетов использовать данные табл. П1, с. 92, а также учитывать следующее.

Мощность эквивалентной дозы \dot{H} (Зв/с) на расстоянии R рассчитывается по формуле:

$$\dot{H} = \frac{\Gamma_H \cdot A}{R^2}, \quad (3)$$

где Γ_H — гамма-постоянная для мощности эквивалентной дозы (аЗв · м²/с · Бк); R — расстояние от источника до точки измерения (м).

Мощность воздушной кермы \dot{K} (Гр/с) на расстоянии R рассчитывается по формуле

$$\dot{K} = \frac{\Gamma_K \cdot A}{R^2}, \quad (4)$$

где Γ_K — керма-постоянная (аГр · м²/с · Бк); R — расстояние от источника до точки измерения (м).

Активность источника (Бк) на момент измерения определяется по формуле:

$$A = A_0 \cdot e^{\left(\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}\right)}, \quad (5)$$

где A_0 — паспортная активность источника на момент его изготовления, Бк; $T_{1/2}$ — период полураспада, годы; t — время, прошедшее с момента изготовления источника до измерения, годы.

Таблица III

Характеристики используемых источников гамма-излучения

Радио- нуклид	E_γ , МэВ	Керма- постоянная Γ_k , аГр · м ² /(с · Бк)	Гамма-постоянная для мощности эквивалентной дозы Γ_H (аЗв · м ² /с · Бк)	$T_{1/2}$
²⁴¹ Am	0,060	0,77	0,85	432 года
¹³⁷ Cs	0,661	21,4	23,7	30,17 лет
⁶⁰ Co	1,25	84,6	94,0	5,27 лет

7. Сделать выводы о соответствии экспериментальной $H_p(10)$ и рассчитанной дозы облучения. Рассчитать погрешность измерения, объяснить расхождения. Сделать выводы о возможности регистрации β -излучения разными типами ТЛ-детекторов и их относительной чувствительности к β -излучению.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Единица измерения поглощенной дозы в системе СИ и внесистемная единица
2. Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ, внесистемная единица
3. Единица измерения эквивалентной дозы в системе СИ
4. Единица измерения эффективной дозы в системе СИ
5. Какова связь активности источника и мощности экспозиционной дозы, создаваемой источником гамма-излучения на заданном расстоянии?
6. Что характеризует фактор накопления при регистрации гамма-излучения
7. Как зависит отношение радиационных и ионизационных потерь энергии электронов в среде?
8. Какой механизм взаимодействия фотонного излучения с веществом доминирует, если используется нуклид Am-241 ($E=59$ кэВ), а вещество имеет высокий Zэфф?
9. Как обеспечивается эффективная защита от гамма-излучения?
10. От чего зависит сечение упругого рассеяния нейтронов при фиксированном угле рассеяния?
11. Каков согласно НРБ-99 основной предел эффективной дозы для персонала группы А?
12. Как обеспечивается эффективная защита от излучения рентгеновской трубки?
13. Какие материалы используют при проектировании эффективной защиты от электронов?

14. Какие материалы используют при проектировании эффективной защиты от нейтронов с широким энергетическим спектром?

15. Что такое энергетическая зависимость чувствительности?

16. Какова основная характеристика сцинтилляционного детектора широкого применения?

17. В каком диапазоне изменяется и что характеризует взвешивающий коэффициент WR для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы?

18. Возможно ли применение газоразрядных счетчиков для регистрации нейтронов?

19. От каких параметров зависит фактор накопления?

20. Могут ли значения эффективной дозы и эквивалентной дозы совпадать?

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.