



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан физического факультета  
Н.М. Буднев  
«17» апреля 2024 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**Наименование дисциплины (модуля)**

Б1.В.05 Радиационная физика и дозиметрия

**Направления подготовки**

03.04.02. Физика

**Направленности (профили) подготовки**

Медицинская физика

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
**Протокол №** 7  
от «26» марта 2024 г.  
**Зав. кафедрой:** д.ф.-м.н., профессор  
А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание

- I. Цели и задачи дисциплины (модуля)
- II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
- III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
- IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)
  - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов
  - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
  - 4.3 Содержание учебного материала
    - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
    - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
  - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
  - 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - а) перечень литературы
  - б) периодические издания
  - в) список авторских методических разработок г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
  - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
  - 6.2. Программное обеспечение:
  - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Цели** Сформировать у студентов понимание тех физических процессов, которые связаны с взаимодействием ионизирующих излучений с веществом и человеком в частности.

Формирование профессиональной компетентности в соответствии с развитием у учащихся качеств личности безопасного типа, осваивающей основы защиты человека и общества от современного комплекса опасных факторов.

**Задачи** Студент должен знать и уметь, в результате изучения курса, процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, влияние этих излучений на человека. Иметь представление о квантовой механике, ядерной физике, оптике и спектроскопии.

Изучить и освоить основы здорового образа жизни, обеспечивающего полноценное безопасное существование и реализацию способностей и запросов личности в повседневной жизни;

ознакомиться с опасностями, угрожающими человеку в современной повседневной жизни, в опасных и чрезвычайных ситуациях природного, социального и техногенного характера;

изучить и освоить методы и приемы защиты, позволяющие минимизировать возможный ущерб личности и обществу в возможных опасных и чрезвычайных ситуациях, в условиях гражданской обороны;

изучить и освоить основы медицинских знаний и правил оказания первой медицинской помощи в опасных и чрезвычайных ситуациях;

изучить в комплексе современные проблемы безопасности жизни и жизнедеятельности, формирующие у учащихся адекватную современному уровню знаний картину мира, целостное миропонимание и научное мировоззрение, а также социально-значимую ценностную ориентацию личности.

## II. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла Б.3. Дозиметрия ионизирующих излучений является самостоятельным разделом прикладной **ядерной физики**. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом охватывает широкий круг физических процессов, рассмотренных ранее в курсах **ядерной физики, квантовой механики, оптики и спектроскопии**. Процессы, происходящие при действии ионизирующих излучений на человека, рассматриваются в разделе **биофизика**.

Знания, полученные студентами после изучения дисциплины “Физика взаимодействия частиц и излучения с веществом”, используются далее при изучении дисциплин “Технология материалов электронной техники”, “Процессы микро- и нанотехнологии”, “Физика полупроводников”, “Физика полупроводниковых приборов”, “Микроэлектроника”.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**Общекультурные компетенции (ОК):**

**Профессиональные компетенции (ПК):** ПК-1

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ПК-1</i> Способен управлять качеством физических и технических аспектов лучевой терапии</p> <p><i>ПК-2</i> Способен реализовывать дозиметрическое обеспечение лучевой диагностики</p>	<p>ИДК<sub>ПК1.1</sub> Способен управлять качеством физических аспектов лучевой терапии</p> <p>ИДК<sub>ПК1.2</sub> Способен управлять качеством технических аспектов лучевой терапии</p> <p>ИДК<sub>ПК2.1</sub> Способен реализовывать дозиметрическое обеспечение лучевой диагностики</p>	<p>Знать: основные физические процессы взаимодействия фоновых и нейтронных излучений с веществом; основные физические процессы взаимодействия заряженных частиц с веществом;</p> <p>Уметь: Оценивать опасные и опасные дозы радиации проводить теоретические расчеты поглощенной дозы</p> <p>Владеть: методами теоретического расчета и экспериментальной оценки поглощенной дозы ионизирующих излучений</p>

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 85 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через электронную информационно-образовательную среду факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися					
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация	Конт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Раздел 1 Радиоактивность и источники ионизирующих излучений	1	44		9	9		6	20	Решение задач
2	Раздел 2 Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом	1	45		9	9		7	20	Опрос
3	Раздел 3 Нормы радиационной безопасности	1	45		9	9		7	20	Опрос
4	Раздел 4 Основные методы регистрации ионизирующих излучений	1	46		9	9	1	7	20	Решение задач
	Экзамен	1								тестирование
	<b>Итого часов</b>		<b>180</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>80</b>	



#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Разделы 1,2, 3, 4	Решение домашних задач	В течение семестра	20	Задачи и упражнения	1-3
2	Разделы 1,2, 3, 4	Подготовка к опросу	После завершения лекций по данным разделам	20	Опрос	1-3
3	Разделы 1,2, 3, 4	Подготовка кратких докладов	После завершения лекций по данным разделам	20	Доклад	1-3
4	Подготовка к экзамену	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра	20	Экзамен	1-3
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>80</b>		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) (указать при наличии)						

## 4.3. Содержание учебного материала

### Раздел 1 Радиоактивность и источники ионизирующих излучений

- 1.1 Введение** Краткая история развития дозиметрии и защиты от действий ионизирующих излучений начиная с открытия рентгеновских лучей и радиоактивности. Задачи и цели дозиметрии.
- 1.2 Радиоактивность** Энергия связи нуклонов в ядре. Дефект масс. Виды радиоактивности. Слабые взаимодействия.  $\beta$  - распад.  $\beta^+$  - распад и К-захват. Нарушение P – инвариантности при слабых взаимодействиях. Нарушение CP-инвариантности. Сильные взаимодействия. Взаимодействия нуклонов. Элементы квантовой хромодинамика. Кварки и глюоны. Схемы распада радионуклидов. Энергия ядерной реакции.
- 1.3 Источники ионизирующего излучения** Основные параметры источников. Активность. Источники фотонного излучения: Изотопные источники фотонов. Керма - постоянная. Рентгеновское излучение. Синхротронное излучение. Источники нейтронов: Изотопные источники нейтронов. Источники нейтронов на основе ускорителей протонов и дейтронов. Нейтронные фабрики. Ядерные и термоядерные реакторы как источники нейтронов. Ядерные и термоядерные взрывы как источники нейтронов. Источники электронов и позитронов: Изотопные  $\beta^-$  и  $\beta^+$  источники излучения. Ускорители электронов. Изотопные  $\alpha$ -источники.

### Раздел 2 Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом

- 2.1. Взаимодействие фотонов с веществом.** Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Образование электрон-позитронных пар. Аннигиляция. Понятие связанных частиц в паре. Квантовая телепортация. Закон ослабления узкого пучка. Сечение рассеяния. Коэффициент ослабления. Коэффициенты передачи и поглощения энергии. Эффективный атомный номер вещества.
- 2.2. Взаимодействие нейтронов с веществом.** Упругое рассеяние: потенциально упругое рассеяние, упругое рассеяние через составное ядро. Неупругое рассеяние: неупругое рассеяние через прямые ядерные реакции, неупругое рассеяние через составное ядро. Радиационный захват. Захват нейтрона с последующим испусканием заряженных частиц и нейтронов. Реакции  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ ,  ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$ . Вынужденное деление ядер. Классификация нейтронов по энергиям. Бор-нейтрон захватная терапия.
- 2.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.** Ионизационные потери. Формула Бете. Радиационные потери. Переходное излучение. Свечение Вавилова-Черенкова. Торможение заряженных частиц. Тормозная способность вещества. Линейная передача энергии (ЛПЭ). Электронное торможение. Формула Бете. Ядерное торможение. Пробег заряженной частицы. Связь пробега с ЛПЭ. Соотношение между пробегами для различных заряженных частиц. Торможение быстрых электронов. Тормозные потери. Структура трека заряженной частицы. Распределение средней поглощенной энергии в треке. Область первичной ионизации. "Шуба"  $\delta$ (дельта) - электронов. Дискретность поглощенной энергии в треке. Структура трека быстрого электрона. Шпоры, бобы, сплошные треки.

### Раздел 3 Нормы радиационной безопасности



- 3.3 Нормы радиационной безопасности (основные определения)** Виды ионизирующего излучения. Непосредственное и косвенное ионизирующее излучение. Характеристика полей ионизирующих излучений. Сечение взаимодействия. Поглощенная доза. Керма ионизирующего излучения. Эквивалентная доза. Эффективная эквивалентная доза.
- 3.4 Дозовые нагрузки от естественного и техногенного фона.** Естественный радиационный фон и его составляющие. Техногенный радиационный фон и его составляющие. Дозовые нагрузки в медицине.
- 3.5 Нормы радиационной безопасности (Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях).** Соматические и генетические последствия. Пороговые и стохастические эффекты. Категории облучаемых лиц. Система ограничения доз. Предельная доза. Предельно допустимые уровни внешних потоков ионизирующего излучения. Контроль внутреннего облучения. Облучение большими дозами. Острая лучевая болезнь. Средняя продолжительность жизни. Требования к дозам острого облучения.
- 3.6 Биологическое действие ионизирующего излучения.** Стадии воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты. Радиобиологический парадокс. Теория мишени. Кривые выживания для многоударных и многомишенных процессов. Сечение инактивации для тяжелых заряженных частиц. Относительная биологическая эффективность. Активные формы кислорода. Кислородный эффект при облучении различными видами ионизирующего излучения. Химические радиопротекторы. Фотодинамическая терапия.

## **Раздел 4 Основные методы регистрации ионизирующих излучений**

- 4.1.Ионизационный метод дозиметрии.** Ионизационная камера. Эффективность собирания ионов. Свободновоздушные и полостные ионизационные камеры. Газовые счетчики. Пропорциональные счетчики. Счетчики Гейгера. Конденсаторные камеры. Полупроводниковые детекторы.
- 4.2.Химические методы дозиметрии.** Дозиметр Фрикке. Цериевый дозиметр. Пленочные дозиметры. Фотографический метод дозиметрии. Дозиметры на центрах окраски.
- 4.3.Люминесцентные методы дозиметрии.** Сцинтилляционный метод. Одноэлектронный, импульсный и токовый режимы. Органические, неорганические сцинтилляторы и на основе инертных газов. Радиофотолюминесцентные дозиметры. Термолюминесцентный метод. Модель Рэндалла -Уилкинса. Методы определения кинетических параметров. Основные дозиметрические характеристики термолюминесцентных детекторов. Термолюминесцентные методы дозиметрии нейтронов.
- 4.4.Калориметрические методы дозиметрии.** Изотермические калориметры. Квазиadiaбатические калориметры. Дифференциальные калориметры.
- 4.5.Расчетные методы определения доз.** Внедрение радиоактивных нуклидов в организм человека. Источники излучения с определенной геометрией.

### **1.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Фотолюминесцентная спектроскопия: измерения спектров люминесценции твердых тел	8	8	ПК-1	ПК-1
2	3	Измерение поглощенной дозы термолюминесцентным методом с использованием монокристаллического детектора на основе фтористого лития	8	8	ПК-1	ПК-1
3	2	Исследование примесных центров с помощью электронного парамагнитного резонанса	8	8	Тесты	ПК-1
4...	2	Рентгенолюминесценция кристаллов щелочноземельных фторидов	8	8	Тесты	ПК-1

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	гамма-спектроскопии	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-1	Оценка
2...	основы термолюминесцентного метода	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-1	Оценка

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации.

Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на лекционных занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

- 1) Теоретические и экспериментальные основы гамма-спектроскопии.
- 2) Теоретические и экспериментальные основы термолюминесцентного метода регистрации ионизирующих излучений

#### V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

##### а) перечень литературы

###### *основная литература*

1. Егранов А.В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом Учебное пособие Изд-во ИГУ, Иркутск 2013
2. В.И. Иванов. Курс дозиметрии. М. Мир. 1976.
3. И.Г. Гусев и др. Защита от ионизирующих излучений. т. 1. Физические основы защиты от излучений. М. Наука. 1980.
4. И.Б. Кеирим-Маркус. Эквидозиметрия. Л. ИЛ. 1965.
5. А.К. Пикаев. Современная радиационная химия. Основные положения, экспериментальная техника и методы. М. Мир. 1989.
6. В.К. Ляпидевский. Методы детектирования излучений. М. Наука. 1987.
7. М. Франк, В. Штольц. Твердотельные дозиметры ионизирующего излучения. М. Мир. 1979.
8. В.И. Иванов, В.П. Машкович. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующего излучения. М. Наука. 1986.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)
10. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье, Информ-атом, Москва. 2003г.

###### *Дополнительная:*

1. Василенко И.Я. Радиация. Источники, нормирование облучения. Природа, № 4, 10-16, 2001.
2. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита. Учебник/ под ред. Проф. С.А. Куценко, «Фолиант».- Санкт-Петербург, 2004, 530 с.
3. Бяков В.М., Степанов С.В. К механизму первичного биологического действия ионизирующих излучений *Успехи Физических Наук* – 2006, №5.
4. Шевченко В.А. Как оценивать генетический риск облучения. Природа, № 4, 17-22, 2001.
5. Кудряшов Ю.Б. Химическая защита от лучевого поражения. Соревский образовательный журнал. № 6, 21-26, 2000.
6. Мухин К.Н., Патаракин О.О. Экзотические процессы в ядерной физике УФН 2000, № 8 (r008c.pdf)
7. Салимов Р.А. Мощные ускорители электронов для промышленного применения УФН 2000, №2 (r002g.pdf)

8. Егоров О. Наглядный способ регистрации заряженных частиц. Квант, 6, 2001.
9. Костюков Н.С., Муминов М.И., Атраш С.М. и др. Диэлектрики и радиация, в 4-х кн., М., Наука, 2001.
10. Теория излучения релятивистских частиц (под ред. Бордовицына В.А.) М., Физмат лит., 2002, 576 с.
11. Глобус М.Е., Гринев Б.В. Неорганические сцинтилляторы: новые и традиционные материалы Харьков, Акта, 2001, 408 с.
12. Бойко В.И., Скворцов В.А., Фортов В.Е., Шаманин И.В. Взаимодействие импульсных заряженных частиц с веществом, М., Физматлит, 2003, 288 с.

#### **б) периодические издания**

- Radiation Protection Dosimetry Oxford University Press
- Medical Dosimetry Official Journal of the American Association of Medical Dosimetrists Elsevier
- Журнал Медицинская физика

#### **в) список авторских методических разработок**

1. Егранов А.В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом Учебное пособие Изд-во ИГУ, Иркутск 2013

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.nndc.bnl.gov/nndc/nndcinfo.html> The National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, (на этом сервере можно найти данные по сечениям взаимодействия различных видов ионизирующих излучений с веществом и характеристики ядер).
2. <http://nr.v.jinr.ru/nrv/> Объединенный институт ядерных исследований Nuclei and their properties.
3. <http://depni.npi.msu.su/cdfe/> Center for Photonuclear Experimental Data, Moscow State University.

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Перечень оборудования и материалов (на базе Лаборатории физики монокристаллов ИГХ СО РАН):

Для изучения процессов роста кристаллов и разработки методов их получения имеется комплекс ростовых установок типов СЗВН-20, Редмет-10, Редмет-8, а также ряд установок собственного изготовления. Имеющаяся экспериментальная база по выращиванию кристаллов позволяет в широких пределах варьировать условия роста.

Для оптической и магниторезонансной спектроскопии в лаборатории имеется необходимый комплекс спектрометров и спектрофотометров, перекрывающих область от вакуумного ультрафиолета до дальнего инфракрасного излучения:

- спектрофотометр Perkin-Elmer Lambda 950
- спектрометр Perkin-Elmer LS55
- спектрофотометр-спектрометр для вакуумной ультрафиолетовой области 70-400 нм на базе монохроматоров ВМР2 и МДР2 с управлением от персонального компьютера
- спектрометр вакуумного ультрафиолетового излучения кристаллов на базе монохроматора ВМ4 с управлением от персонального компьютера

- спектрометр СДЛ1 ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения
  - спектрофотометры Specord M40, M80
  - импульсный ЭПР спектрометр с Фурье преобразованием E 580 FT/CW (в центре коллективного пользования "Байкальский аналитический центр" ИНЦ СО РАН)
  - ЭПР спектрометр РЭ 1306.
  - оборудование для импульсных измерений спектров люминесценции, при возбуждении импульсными разрядными лампами или импульсами рентгеновского аппарата Мира-2Д.
- Все установки оборудованы криостатами для низкотемпературных измерений.

В последние годы для проведения квантово-химических расчетов используется суперкомпьютер МВС1000. Расчеты проводятся под управлением свободно-распространяемой операционной системы Linux. Основной программой для проведения неэмпирических расчетов является известная некоммерческая программа GAMESS (университет Айова, США) и ее модификация PCGameSS (А Грановский, химический факультет МГУ).

## 6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

## 6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

## VII. Образовательные технологии

Наименование тем занятий с указанием форм/ методов/ технологий обучения:

№ п/п	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы//технологии дистанционного, интерактивного обучения	Количество часов
1	2	3	4	5
1				
2...				
<b>Итого часов:</b>				

## VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

## **Оценочные материалы для входного контроля**

Проводится опрос на первом занятии.

## **Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета**

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно - рейтинговой системе университета (могут быть в виде тестов, ситуационных задач, деловых и ролевых игр, диспутов, тренингов и др. Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций - **Профессиональные компетенции (ПК): ПК-1**

## **Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	2	3	4
1	Проверка решения домашней задачи	Разделы 1,2,3,4	ПК-1
2...	Экзамен, контрольная работа	Разделы 1,2,3,4	ПК-1

## **Примерный список вопросов к экзамену**

1. Виды ионизирующего излучения. Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. Характеристика полей ионизирующих излучений. Сечение взаимодействия.
2. Поглощенная доза и керма ионизирующего излучения.
3. Активность. Виды радиоактивности. Схемы распада радионуклидов.
4. Взаимодействие фотонов с веществом. Комптоновское рассеяние.
5. Рентгеновское излучение. Источники первичного излучения и детекторы рентгеновского излучения.
6. Взаимодействие нейтронов с веществом. Упругое рассеяние. Составное ядро. Прямые ядерные реакции. Неупругое рассеяние.
7. Калориметрические методы дозиметрии.
8. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Радиационные потери. Тормозная способность вещества. Линейная передача энергии (ЛПЭ). Формула Бете. Пробег заряженной частицы. Переходное излучение. Свечение Вавилова-Черенкова.
9. Химические методы дозиметрии. Дозиметр Фрикке. Цериевый дозиметр. Пленочные дозиметры. Фотографический метод.
10. Взаимодействие нейтронов с веществом. Радиационный захват. Захват нейтрона с последующим испусканием заряженных частиц и нейтронов. Реакции  ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ ,  ${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}$ . Вынужденное деление ядер.
11. Принципы химической защиты от лучевого поражения.

12. Эквивалентная доза. Эффективная доза. Система ограничения доз. Предельная доза. Предельно допустимые уровни внешних потоков ионизирующего излучения.
13. Люминесцентные методы дозиметрии. Сцинтилляционный метод
14. Люминесценция веществ и ее разновидности. Схемы квантовых переходов при различных видах люминесценции. Основные физические характеристики люминесценции.
15. Свечение Вавилова-Черенкова.

### Примерный список задач к экзамену

**Задача 1.** Активность  $^{60}\text{Co}$  с периодом полураспада 5.27 лет составляет 1 ГБк. Рассчитать число радиоактивных атомов этого препарата через 5 лет.

**Задача 2.** Определить активность 1 г  $^{226}\text{Ra}$ , период полураспада которого 1600 лет.

**Задача 3.** В воздухе на высоте уровня моря за счет космического излучения в среднем образуется 2 пары ионов в  $1\text{ см}^3$  в 1 с. Определить поглощенную дозу в воздухе за год, если на образование одной пары ионов затрачивается энергия 33.85 эВ. Плотность воздуха принять равной  $1.29 \cdot 10^{-3}\text{ г/см}^3$ .

**Задача 4.** Микроскопическое сечение взаимодействие фотонов с энергией 1 МэВ для свинца равно  $2.34 \cdot 10^{-23}\text{ см}^2$ . Определить линейный и массовый коэффициенты ослабления фотонов, если плотность свинца  $11.34\text{ г/см}^3$ .

**Задача 5.** В бесконечной, воздушной среде помещен точечный изотропный источник  $^{137}\text{Cs}$ , испускающий  $10^9$  фотонов/с. Найти плотность потока нерассеянных фотонов на расстоянии 100 м от источника, если линейный коэффициент ослабления фотонов  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе составляет  $9.95 \cdot 10^{-5}\text{ см}^{-1}$ .

**Задача 6.** Изотопный источник  $^{60}\text{Co}$  представляет собой бесконечно тонкую прямую линию с удельной активностью  $10^5$  Бк/м. Определить керму в воздухе за 1 час на расстоянии 1 м от источника, если керма постоянная для изотопа  $^{60}\text{Co}$  равна  $84.23\text{ аГр м}^2/(\text{с Бк})$ .

**Задача 7.** Показать, что для персонала при 36-часовой рабочей неделе при работе без защиты и равномерном распределении дозы погоду предельно допустимые керма эквиваленты радионуклидного источника с большим периодом полураспада ( $T_{1/2} \gg 1$  год  $k_e$  в нГр.м<sup>2</sup>/с, время работы с препаратом в день  $t$  в часах и расстояние от рабочего места до источника  $r$  в метрах связаны между собой соотношением  $k_e t/r^2 < 40$ .

**Задача 8.** На расстоянии 0.3 м от точечного источника  $^{60}\text{Co}$  мощность воздушной кермы, обусловленная гамма-излучением, составляет  $1 \cdot 10^{-7}\text{ Гр/с}$ . На каком расстоянии от источника можно работать, чтобы доза облучения не превышала предельно допустимой величины при 36-часовой рабочей неделе и равномерном распределении дозы по году?

**Задача 9.** Ядро  $^7\text{Li}$  захватывает медленный нейтрон и испускает  $\alpha$ -квант. Чему равна энергия  $\alpha$ -кванта ?

Дефект масс  $\Delta = M - A$

$^8\text{Li}$  20946,65 keV

$^7\text{Li}$  14908,14 keV

n 8071,316 keV

**Задача 10.** Ядро  ${}^1\text{H}$  захватывает медленный нейтрон и испускает  $\gamma$ -квант. Чему равна энергия  $\gamma$ -кванта ?

Дефект масс  $\Delta = M - A$   
 ${}^1\text{H}$  7288,969 keV  
 ${}^2\text{H}$  13135,720 keV  
n 8071,316 keV

**Задача 11.** В результате комптоновского рассеяния на свободном покоящемся электроне длина волны фотона с энергией увеличилась в  $\alpha$  раз. Найти кинетическую энергию электрона отдачи.

**Задача 12.** Фотон рентгеновского излучения с энергией  $E_\gamma$  в результате комптоновского рассеяния на свободном покоящемся электроне отклонился от первоначального направления на угол  $\theta$ . Определить кинетическую энергию  $E_e$  и импульс  $p_e$  электрона отдачи. Показать на основе геометрических соображений, что импульс электрона по абсолютной величине окажется больше импульса падающего фотона, если фотон отклонится от первоначального направления на угол  $\theta = \frac{\pi}{2}$ .

**Задача 13.** Определить длину волны  $\lambda_k$ , при которой энергия светового кванта равна энергии покоя электрона. Такая длина волны называется комптоновской длиной для электрона

**Разработчик:**



(подпись)

(занимаемая должность)

профессор, д.ф.м.н.

(инициалы, фамилия)

Е.А.Раджабов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 "физика"

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7, зав. кафедрой



д.ф.-м.н. А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**