

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Устройства детектирования излучений

**Код модуля**  
1152886(1)

**Модуль**  
Методы и средства радиационной безопасности

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Васянович Максим Евгеньевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	УрФУ

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- **Васянович Максим Евгеньевич, Доцент, экспериментальной физики**

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Устройства детектирования излучений**

1.	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	4	
2.	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Лабораторные занятия	
3.	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	
4.	<b>Текущая аттестация</b>	Коллоквиум	1
		Отчет по лабораторным работам	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Устройства детектирования излучений**

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

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ПК-6 -Способность проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике	З-1 - Определять принципы и методы расчета и проектирования новых продуктов и систем в соответствии с техническими заданиями, в том числе, с использованием стандартных средств автоматизации проектирования П-1 - Осуществлять современные методы расчета и проектирования приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации У-2 - Оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Коллоквиум Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен

	У-3 - Рассчитывать и проектировать новые продукты и системы с использованием стандартных средств автоматизации	
ПК-10 -Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты	<p>З-1 - Определять основные физические процессы, лежащие в основе функционирования физических установок</p> <p>З-2 - Определять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов</p> <p>З-3 - Понимать нормы и правила ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности</p> <p>З-4 - Определять методы защиты от ионизирующих излучений</p> <p>П-1 - Иметь навыки эксплуатации физических установок, проведения испытаний и устранения типичных неисправностей и сбоев в работе физических установок</p> <p>П-3 - Применять требования промышленной и экологической безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии</p> <p>У-1 - Эксплуатировать стандартные физические установки и приборы, находить типичные неисправности и сбои в работе, проводить испытания и ремонт физических установок</p> <p>У-3 - Обеспечивать проведение работ с соблюдением требований, норм, правил эксплуатационной и ремонтной документации по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, охраны труда и трудовой дисциплины</p> <p>У-4 - Обеспечивать работы с источниками ионизирующих излучений</p>	<p>Коллоквиум</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Экзамен</p>

### 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

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум</i>	2,8	70
<i>активная работа на занятиях</i>	2,8	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.4</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>отчет по лабораторным работам</i>	2,16	50
<i>подготовка и выполнение работ</i>	2,16	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

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

## 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).

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
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. Изучение характеристик газоразрядного счетчика
  2. Изучение характеристик полупроводникового детектора
  3. Изучение характеристик сцинтилляционного детектора
  4. Изучение характеристик газового пропорционального детектора
- 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. Коллоквиум**

Примерный перечень тем

1. Основные характеристики детекторов, принцип детектирования ионизирующего излучения

2. Ионизационный метод детектирования и основные виды детекторов (принцип детектирования, газовые детекторы, твердотельные детекторы)

3. Сцинтилляционный метод детектирования (принцип детектирования, сцинтилляционные кристаллы и их характеристики, ФЭУ и его характеристики)

4. Ситуационные задачи по спектрометрии

Примерные задания

1. Описать физический процесс, который лежит в основе действия полупроводникового детектора.

2. Перечислить основные характеристики детекторов ионизирующего излучения.

3. Дать определение термину "мертвое время".

4. Описать физические процессы, которые препятствуют полному сбору носителей заряда на электродах ионизационной камеры.

5. Представить функцию отклика для полупроводникового детектора при регистрации гамма-излучения от заданного радионуклида.

6. Перечислить способы снижения индукционного эффекта в ионизационных камерах.

7. Сформулировать условия, для которых наилучшим образом подходит жидкосцинтилляционный метод детектирования ионизирующего излучения.

8. Описать способы, которыми можно остановить процессы образования электронной лавины в газоразрядных счетчиках.

9. Дать определение термину "одноэлектронный режим работы ФЭУ".

10. Перечислить способы увеличения удельного электросопротивления в полупроводниковых детекторах.

11. Описать конструктивное исполнение полупроводникового детектора, который наилучшим образом подходит для регистрации гамма-излучения с энергией в диапазоне от 5 до 105 кэВ.

12. Перечислить детекторы, которые наилучшим образом подходят для регистрации высокоинтенсивного бета-излучения.

13. Дать пояснение для чего в неорганические сцинтилляторы добавляют щелочные галогениды.

14. Перечислить основные эффекты, которые влияют на энергетическое разрешение детектора.

15. Перечислить основные компоненты сцинтилляционного детектора.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Отчет по лабораторным работам**

Примерный перечень тем

1. Изучение характеристик газоразрядного счетчика



2. Изучение характеристик полупроводникового детектора
3. Изучение характеристик сцинтилляционного детектора
4. Изучение характеристик газового пропорционального детектора

Примерные задания

Построить счетную характеристику ГС и по ней определить основные параметры используемого счетчика: напряжение начала счета, протяженность и наклон плато, рабочее напряжение. Сравнить полученные результаты с паспортными значениями и объяснить возможные различия.

Вычислить разрешающее время, полученное методом двух источников, оценить статистическую погрешность результата. Сопоставить значение разрешающего времени с величиной, измеренной по осциллографу.

Объяснить механизмы регистрации заряженных частиц в p-n переходе. Изучить особенности формирования импульса на выходе детектора и основные причины, определяющие энергетическое разрешение ПБД.

Описать какой вид имеет распределение частиц с энергиями E1 и E2, если эти энергии отличаются на величину больше или меньше энергетического разрешения.

выполнить анализ параметров импульсов с ФЭУ и амплитудного распределения сцинтилляционного детектора.

Выполнить калибровку энергетической шкалы сцинтилляционного детектора.

Выполнить измерение абсолютного и относительного энергетического разрешения детектора для различных энергий  $\gamma$ -излучения.

Выполнить измерение фотоэффективности сцинтилляционного детектора.

Выполнить измерение энергетического разрешения и фотоэффективности сцинтилляционного детектора со сцинтиллятором большого объема.

Выполнить измерение параметров сигнала гелиевого счетчика, работающего в режиме газового усиления при паспортном напряжении питания.

Выполнить измерение амплитудного спектра продуктов реакции и его анализ.

Выполнить измерение коэффициента газового усиления пропорционального счетчика.

LMS-платформа – не предусмотрена

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

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Особенности ионизирующих излучений как объектов измерений. Измеряемые параметры излучений и их связь с параметрами электрического сигнала.

2. Полупроводниковые поверхностно-барьерные и диффузионные детекторы (p-n типа). Схема включения, технологические особенности. Размеры чувствительной области и емкость детектора

3. Упрощенная электрическая модель детектора, процесс формирования электрического сигнала. Режимы работы детектора

4. Газовые ионизационные детекторы: ионизационный эффект и основные процессы в газонаполненной области. ВАХ газового промежутка

5. Форма импульсов тока и напряжения в полупроводниковых детекторах с p-n переходом
6. Ионизационная камера: схема включения, форма импульсов тока и напряжения для плоской ИК
7. Шумы и одноэлектронный режим работы ФЭУ
8. Эффективность регистрации детекторов. Зависимость характеристики от вида излучения, типа и материала используемых детекторов, объема детектора и условий измерения
9. Индукционный эффект и способы его уменьшения: камера с сеткой и цилиндрическая камера
10. Энергетическое разрешение детекторов: физический смысл и экспериментальное определение. Основные причины, влияющие на энергетическое разрешение детекторов. Зависимость характеристики от энергии, размеров и материала детектора
11. Неорганические сцинтилляторы: механизм высвечивания, основные характеристики. Общие требования к сцинтилляторам. Примеры неорганических сцинтилляторов, их свойства
12. Энергетическое разрешение ионизационных камер и определяющие его факторы. Фактор Фано. Предельное энергетическое разрешение ИК
13. Основные методы регистрации ионизирующих излучений с точки зрения передачи и преобразования энергии. Функциональная схема прибора для измерения параметров ИИ
14. Пропорциональный счетчик: принцип работы, схема включения, основные характеристики
15. Функция отклика детектора: физический смысл, зависимость от типа частиц, условий регистрации излучений, энергии, материала и размеров детектора
16. Фотоэлектронный умножитель: составные части, основные характеристики, схема включения и питания
17. Временные характеристики пропорциональных счетчиков
18. Самогасящиеся газоразрядные счетчики: механизм разряда, физические особенности формирования импульса, схема включения
19. Временные характеристики сцинтилляционного детектора. Вклад во временное разрешение детектора сцинтиллятора и ФЭУ
20. Сцинтилляционный детектор: структура, процесс преобразования энергии частицы в электрический сигнал, основные характеристики
21. Особенности регистрации гамма-излучения полупроводниковыми детекторами. Выбор детектора и условий измерения для получения максимальной эффективности регистрации. Вид функции отклика для различных энергий
22. Особенности регистрации заряженных частиц газовыми ионизационными детекторами. Требования к детекторам. Эффективность регистрации тяжелых заряженных частиц и электронов
23. Назначение и схема включения охранных электродов в газовых и полупроводниковых детекторах
24. Влияние флуктуаций первичной ионизации и тепловых шумов на энергетическое разрешение полупроводниковых детекторов
25. Органические сцинтилляторы: механизм высвечивания, основные виды, твердые и жидкие растворы

26. Временные характеристики детекторов: длительность и фронт импульса напряжения, временное разрешение при измерении временных интервалов, мертвое время
27. Влияние обратных токов (токов утечки) и неполного сбора заряда на энергетическое разрешение полупроводниковых детекторов
28. Пороговые счетчики Черенкова: устройство, основные соотношения и характеристики. Области применения
29. Энергетическое разрешение сцинтилляционных детекторов
30. Процесс регистрации частиц в твердотельных детекторах. Требования к материалам твердотельных детекторов. Однородные детекторы, преимущества и недостатки
31. Форма импульсов тока и напряжения в пропорциональных счетчиках
32. Шумы и счетная характеристика ФЭУ
33. Особенности регистрации гамма - излучения сцинтилляционными детекторами: выбор детектора по эффективности регистрации и временным характеристикам. Функция отклика для разных энергий
34. Энергетический эквивалент уровня шума детектора. Способ его измерения на примере полупроводникового детектора
35. Счетчики Черенкова с фокусировкой света: принцип работы, энергетическое и временное разрешение. Области применения
36. Детекторы для регистрации нейтронов: газовые, сцинтилляционные, полупроводниковые. Способы регистрации быстрых и медленных нейтронов
37. Область ограниченной пропорциональности на ВАХ газового промежутка  
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.