

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 /Кадменский С.Г./
30.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.12 Ядерная электроника**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

к.ф.-м.н. Гаврилов Геннадий Евгеньевич, ассистент Сабуров Анатолий Николаевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021,
РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022,
протокол №6.

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- дать студентам представление о современной электронной базе построения исследовательских и измерительных систем, применяющихся физиками - экспериментаторами, работающими в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

Задачи учебной дисциплины:

- освоение студентами наиболее общих методов построения встроенных управляющих систем на базе микроконтроллеров и их применение для исследования излучений радиоактивных источников и частиц высокой энергии.

- выработать физический подход к процессам в электронных компонентах, цепях и устройствах, понимание принципиальных возможностей и ограничений электронных устройств.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина относится к части цикла Б1.В.ОД (Часть, формируемая участниками образовательных отношений).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов.	ПК-3.4	Измеряет параметры образцов материалов и компонент, выбирает типы, типономиналы и типоразмеры компонент, отвечающие функциональным, конструктивным и эксплуатационным требованиям.	Знать: особенности сигналов детекторов ионизирующих излучений; базовые принципы построения спектрометрической измерительной аппаратуры для ядерно-физических измерений; Уметь: грамотно проводить ядерно-физические измерения и объяснять результаты измерений. Владеть: знаниями особенностей функционирования электронных устройств, используемых для автоматизации ядерно-физических измерений.
		ПК-3.5	Уметь выработать требования к точности измерений, осуществлять контроль.	

ПК-6	Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств.	ПК-6.1	Знает элементную базу и принципы работы современных приборов, устройств и систем, используемых в практической деятельности.	<p>Знать: технические возможности информационно-управляющих систем автоматизации ядерных измерений.</p> <p>Уметь: эффективно использовать электронные компоненты для построения измерительной аппаратуры;</p> <p>Владеть: основами грамотного использования современной электронной элементной базы для построения спектрометрической аппаратуры.</p>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.— 4/144.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		8 семестр
Аудиторные занятия	52	52
в том числе:	лекции	
	практические	52
	лабораторные	
Самостоятельная работа	92	92
в том числе: курсовая работа (проект)		
Контроль		
Форма промежуточной аттестации	Зачет	Зачет
Итого:	144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Практические занятия			-
1.1	Введение.	Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала. Эквивалентная схема детектора. Выбор нагрузочного резистора.	-
1.2	Связь детектора с электронной аппаратурой.	Согласование детектора с входными параметрами усилителя. Оптимальное согласование. Работа детектора на высокочастотный кабель.	-
1.3	Усилители в детекторах элементарных частиц.	Классификация усилителей в зависимости от задачи, решаемой детектором. Токовые усилители, усилители напряжения, зарядочувствительные усилители.	-
1.4	Шумы, наводки.	Типы и источники шумов и наводок. Способы и рекомендации борьбы с шумами и наводками. Оптимальная фильтрация, экранирование.	-
1.5	Формирование сигнала с детектора.	Аналоговая обработка формы сигнала. Укорачивание сигнала. Приведение сигнала с детектора к стандартной логической форме. Формирователи, дискриминаторы. NIM - стандарт.	-

1.6	Метод совпадений и антисовпадений.	Классические схемы совпадений и антисовпадений. Способы повышения временного разрешения схем совпадений. Использование стандартных интегральных схем. Программируемые логические матрицы.	-
1.7	Временные измерения.	Способы измерения коротких временных интервалов. Метод время-амплитуда-цифра. Метод нониуса. Стандартные ВЦП.	-
1.8	Амплитудные распределения.	Способы измерения амплитуды импульсных сигналов. Одноканальные амплитудные анализаторы. Принципы построения многоканальных амплитудных анализаторов	-
1.9	Преобразование амплитуда-код.	Способы преобразования амплитуды импульсного сигнала в цифровой двоичный код. Преобразователи параллельного типа. АЦП в стандарте КАМАК.	-
1.10	Конвейерный режим накопления информации.	Современные многоканальные системы регистрации событий, работающие в конвейерном режиме. (Pipe-line).	
1.11	Цифровая регистрация событий.	Базовые логические элементы. Цифровые логические схемы. Схемы с открытым коллектором.	
1.12	Быстродействующие логические элементы.	Быстродействующие схемы с ненасыщенными ключами. Серия 500. Помехоустойчивость цифровых схем.	
1.13	Триггеры на интегральных схемах.	Типы триггеров. Способы повышения быстродействия.	
1.14	Двоичные счётчики, регистры.	Типы двоичных счётчиков, используемых в системах оцифровки информации в детекторах. Буферные регистры в модулях КАМАК.	
1.15	Стандарты NIM, CAMAC.	Принципы построения, различие в назначении систем NIM, CAMAC. Напряжения питания, логические уровни сигналов, элементная база.	
1.16	Микропроцессоры и микро-ЭВМ.	Принципы построения специализированных процессоров для задач физического эксперимента. Микроконтроллеры.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Введение.		2		4		6
2	Связь детектора с электронной аппаратурой.		2		4		6
3	Усилители в детекторах элементарных частиц.		2		6		8
4	Шумы, наводки.		2		6		8
5	Формирование сигнала с детектора.		2		6		8
6	Метод совпадений и антисовпадений.		2		6		8
7	Временные измерения.		4		6		10
8	Амплитудные		4		6		10

	распределения.						
9	Преобразование амплитуда-код.		4		6		10
10	Конвейерный режим накопления информации.		4		6		10
11	Цифровая регистрация событий.		4		6		10
12	Быстродействующие логические элементы.		4		6		10
13	Триггеры на интегральных схемах.		4		6		10
14	Двоичные счётчики, регистры.		4		6		10
15	Стандарты NIM, САМАС.		4		6		10
16	Микропроцессоры и микро-ЭВМ.		4		6		10
	Итого:		52		92		144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения выбираются разделы дисциплины, усвоение которых необходимо для выполнения практических занятий.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал дисциплины, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации и практические занятия. Нельзя оставлять неясные вопросы, следует лучше готовиться к практическим занятиям. Для самостоятельного изучения разделов дисциплины, рекомендованных преподавателем, необходимо иметь учебники из списка основной или дополнительной литературы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Болоздыня А. И. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : учеб. пособие / А.И. Болоздыня, И.М. Ободовский .— Долгопрудный : Интеллект, 2012 .— 204 с.
2	Басиладзе С. Г. Быстродействующая ядерная электроника / С. Г. Басиладзе .— М. : Энергоиздат, 1982 .— 160 с.
3	Е.А. Мелешко. Быстродействующая импульсная электроника / Е.А. Мелешко .— Москва : Физматлит, 2007 .— 317 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Цитович А. П. Ядерная электроника: учеб. пособие для вузов./ А. П. Цитович. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.
5	Мелешко Е.А. Измерительные генераторы в ядерной электронике/ Е.А. Мелешко, А.А. Митин.– М.: Атомиздат, 1981.– 255.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
6	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ.

7	http://e.lanbook.com
8	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.04.02. Ядерная физика и технологии, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ. 2018. – 17 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 506П	Специализированная мебель, учебный стенд для изучения основ программирования цифровых процессоров, учебный стенд для изучения моделирования экспериментальных сигналов и их обработки в реальном масштабе времени с помощью микроконтроллеров, учебный стенд для моделирования цифровой обработки сигналов в измерительных системах физического эксперимента, учебный стенд для изучения автоматизации измерений с помощью ЭВМ и программно-управляемых модульных систем, учебный стенд для изучения цифровой регистрации событий, измерения амплитудных и временных распределений, интерфейсов передачи данных в ЭВМ, учебный стенд для изучения основ компьютерной томографии, учебный стенд для изучения много-параметрических и корреляционных измерений в ядерной физике на базе МК. PC IBM
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 31	Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, тбук ASUS VIVOBOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран на штативе SceenMedia Aplo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)
Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для	Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением

самостоятельной работы г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5	доступа в электронную информационно-образовательную среду университета Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses) Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия: https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/)
----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение.	ПК-3 ПК-6	ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-6.1	Практикоориентированные задания, тестовые задания
2.	Связь детектора с электронной аппаратурой.			
3.	Усилители в детекторах элементарных частиц.			
4.	Шумы, наводки.			
5.	Формирование сигнала с детектора.			
6.	Метод совпадений и антисовпадений.			
7.	Временные измерения.			
8.	Амплитудные распределения.			
9.	Преобразование амплитуда-код.			
10.	Конвейерный режим накопления информации.			
11.	Цифровая регистрация событий.			
12.	Быстродействующие логические элементы.			
13.	Триггеры на интегральных схемах.			
14.	Двоичные счётчики, регистры.			
15.	Стандарты NIM, САМАС.			
16.	Микропроцессоры и микро-ЭВМ.			
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Практикоориентированные задания, тестовые задания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент отвечает на 2 вопроса и дополнительные вопросы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Студент отвечает на 2 вопроса, имеются неточности, нет ответов на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Студент отвечает на 1 вопрос, имеются неточности, отвечает на дополнительные вопросы	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Студент не отвечает ни на вопросы ни на дополнительные вопросы	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Перечень практических заданий

1. Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала.
2. Усилители в детекторах элементарных частиц.
3. Формирование сигнала с детектора.
4. Метод совпадений и антисовпадений.
5. Временные измерения.
6. Амплитудные распределения.
7. Преобразование амплитуда-код.

Перечень заданий для контрольной работы

1. Шумы амплитудного спектрометрического тракта и борьба с ними.
2. Нелинейные методы выделения и отбора детекторных сигналов.
3. Нелинейные методы и электронные средства их реализации при амплитудном анализе
4. Методы совпадений и антисовпадений, и электронные средства их обеспечения.
5. Методы и техника измерения интенсивности излучения.
6. Амплитудный анализ: основные параметры и базовые электронные средства.
- 1.7 Базовые направления во временном анализе и его электронные средства.
- 1.8 Развитие базовых направлений спектрометрии ядерных излучений.
- 1.9 Долговременные и прецизионные измерения, методы и техника их обеспечения.

Тестовые задания

1. Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала.
 - a) Источник тока
 - b) Источник напряжения
 - c) Источник с внутренним сопротивлением 10 – 100 кОм
 - d) Источник фотонов

2. Эквивалентная схема детектора
 - a) Цепь постоянного тока
 - b) Интегрирующая цепочка
 - c) Дифференцирующая цепочка
 - d) Комбинированная интегрирующая - дифференцирующая цепочка
3. Условия передачи импульсного сигнала сигнала с детектора на расстояние при помощи кабеля
 - a) Согласование с волновым сопротивлением кабеля
 - b) Предварительное усиление сигнала
 - c) Усиление и согласование
 - d) Прямая передача с детектора
4. Согласование детектора с входным сопротивлением предусилителя
 - a) Входное сопротивление усилителя всегда больше R_n детектора
 - b) Входное сопротивление усилителя всегда меньше R_n детектора
 - c) Входное сопротивление усилителя зависит от типа усилителя: тока или напряжения
 - d) Входное сопротивление усилителя может быть любым
5. Основные типы усилителей, используемых при работе с детекторами
 - a) Усилители тока
 - b) Усилители напряжения
 - c) Зарядочувствительные усилители
 - d) Тип усилителя определяется условиями работы детектора и типом детектора
6. Работа усилителей в условиях больших нагрузок детектора на пучке
 - a) Необходимо принять меры по формированию аналогового сигнала с целью укорачивания спада (хвоста)
 - b) Необходим усилитель с широкой полосой пропускания
 - c) Необходим усилитель постоянного тока
 - d) Лучше работать без усилителя
7. Преимущество токового усилителя
 - a) Малое входное сопротивление
 - b) Высокая чувствительность
 - c) Хорошее отношение сигнал/шум
 - d) Высокая линейность передачи сигнала
8. Наводки в электронных схемах
 - a) Наводки на электронные схемы обусловлены неграмотным заземлением и наличием источников электромагнитного излучения
 - b) Наводки обусловлены самим детектором
 - c) Наводки связаны с плохим согласованием кабелей
 - d) Наводки обусловлены несогласованной полосой пропускания усилителя
9. Шумы усилителей, происхождение шумов
 - a) Источником шумов в усилителях являются компоненты схемы (резисторы, емкости, транзисторы)
 - b) Шумы обусловлены наличием паразитных обратных связей
 - c) Шумы связаны с плохим заземлением
 - d) Шумы обусловлены плохим экранированием
10. Способы борьбы с шумами в усилителях
 - a) Выбор оптимальной полосы пропускания в соответствии с формой сигнала с детектора
 - b) Интегрирование сигнала
 - c) Изменение напряжения питания усилителя
 - d) Экранирование
11. Формирование логических сигналов с детекторов

- a) Логический сигнал формируется с помощью ограничителей амплитуды на диодах
 - b) Логический сигнал формируется на линиях задержки
 - c) Логический сигнал формируется с помощью пороговых схем – интегральных дискриминаторов
 - d) Логический сигнал формируется с помощью дифференцирующей цепочки
12. Схемы точной временной привязки к моменту прохождения частицы через детектор
- a) Схемы с фиксированным порогом по переднему фронту
 - b) С помощью дифференцирования
 - c) С помощью интегрирования
 - d) Формирователи со следящим порогом
13. Методы совпадений, антисовпадений, используемые в физической аппаратуре
- a) Метод совпадения во времени логических сигналов с детекторов с помощью задержки сигналов относительно друг друга
 - b) Организация совпадений с помощью последовательных резисторов, управляемых тактовым генератором
 - c) Организация совпадений с помощью осциллографа
14. Измерение амплитуды импульсных сигналов
- a) Путем интегрирования на интегрирующей цепочке и измерения вольтметром
 - b) Путем преобразования амплитуды импульсного сигнала в заряд на емкости, а затем в длительность прямоугольного сигнала при разряде емкости
 - c) С помощью интегрального дискриминатора
 - d) С помощью дифференциального дискриминатора
15. Измерение коротких временных интервалов
- a) Метод прямого кодирования старт - стоп
 - b) Метод преобразования коротких временных интервалов (~ нс) в длинные (мкс) с последующей оцифровкой
 - c) С помощью интегрирующего усилителя
 - d) С помощью зарядо-чувствительного усилителя
16. Кремниевые фотоумножители. Основные преимущества перед ФЭУ
- a) Большой коэффициент усиления
 - b) Высокая эффективность, нечувствительность к магнитному полю, низкое напряжение питания
 - c) Малые шумы
 - d) Радиационная стойкость
17. Области применения ФЭУ
- a) В сцинтилляционной методике
 - b) Регистрация одиночных фотонов
 - c) Работа в области регистрации ультрафиолетового излучения
 - d) Работа в области высоких температур
18. Область применения зарядо-чувствительного усилителя.
- a) ППД
 - b) Газовые детекторы
 - c) ФЭУ
 - d) SiPM
19. Область применения физической аппаратуры в стандарте NIM
- a) Преобразование аналоговой информации в цифровой двоичный код
 - b) Организация быстрой логики для отбора полезных событий
 - c) Быстрая обработка цифровой информации в триггерных системах отбора полезных событий
 - d) Организация связи физической аппаратуры с ЭВМ
20. Область применения физической аппаратуры в стандарте CAMAC

- a) Работа с наносекундными логическими сигналами (усиление, формирование, логика)
- b) Преобразование аналоговой информации в цифровой двоичный код и связь с ЭВМ
- c) Усиление сигналов с детектора
- d) Организация триггерных систем отбора полезных событий высокого уровня

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по экзаменационным билетам

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент отвечает на 2 вопроса и дополнительные вопросы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Студент отвечает на 2 вопроса, имеются неточности, нет ответов на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Студент отвечает на 1 вопрос, имеются неточности, отвечает на дополнительные вопросы	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Студент не отвечает ни на вопросы ни на дополнительные вопросы	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. Шумы амплитудного спектрометрического тракта и борьба с ними.
2. Источники радиоактивного излучения и их виды.
3. Нелинейные методы выделения и отбора детекторных сигналов.
4. Источники радиоактивного излучения и их виды.
5. Долговременные и прецизионные измерения, методы и техника их обеспечения.
6. Детекторы и их сигналы.
7. Нелинейные методы выделения и отбора детекторных сигналов.
8. Детекторы и их сигналы.
9. Развитие базовых направлений спектрометрии ядерных излучений.
10. Линейные методы обработки сигналов детекторов.
11. Базовые направления во временном анализе и его электронные средства.
12. Источники радиоактивного излучения и их виды.
13. Нелинейные методы и электронные средства их реализации.
14. Источники радиоактивного излучения и их виды.
15. Амплитудный анализ: основные параметры и базовые электронные средства.
16. Линейные методы обработки сигналов детекторов.
17. Методы совпадений и антисовпадений, и электронные средства их обеспечения.

18. Линейные схемы и техника получения и отбора детекторных сигналов.
19. Методы и техника измерения интенсивности излучения.
20. Линейные схемы и техника получения и отбора детекторных сигналов.
21. Методы и техника измерения интенсивности излучения.
22. Линейные схемы и техника получения и отбора детекторных сигналов
23. Методы и техника измерения интенсивности излучения.
24. Линейные схемы и техника получения и отбора детекторных сигналов.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом дисциплины (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики.	Достаточный уровень	Зачтено
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.	–	Не зачтено