

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 / Титова Л.В./  
13.06.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.01 Ядерная электроника**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

14.04.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**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 13.06.2024

**8. Учебный год:** 2024/2025

**Семестр(ы):** 2

**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:**

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1.В.ДВ (Дисциплины по выбору).

**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-5	Способен осуществлять контроль, организацию и планирование безопасной эксплуатации тепло- и электрооборудования, трубопроводов, парогенераторов АЭС, а также основных фондов реакторного отделения АЭС.	ПК-5.6	Знает процессы в электронных компонентах, цепях и устройствах, понимает принципиальные возможности и ограничения электронных устройств, методов исследований и измерений, применяющихся физиками экспериментаторами, работающими в области ядерной физики и физики элементарных частиц.	<p>знать: процессы в электронных компонентах, цепях и устройствах, понимание принципиальных возможностей и ограничений электронных устройств, методы исследований и измерений, применяющиеся физиками экспериментаторами, работающими в области ядерной физики и физики элементарных частиц;</p> <p>уметь: выбирать метод измерений и обработки экспериментальных результатов при планировании эксперимента для проведения исследований излучений различных радиоактивных источников и частиц высокой энергии</p> <p>владеть (иметь навык(и)): практически навыками применять на практике общие методы измерений и обработки экспериментальных результатов, используемых при проведении исследований излучений радиоактивных источников и частиц высокой энергии.</p>

		ПК-5.8	Владеет практическими навыками выбора схемотехнических решений и расчета параметров и режимов работы элементов схемы для решения конкретных задач.	<p>знать: современную электронную базу построения исследовательских и измерительных систем, применяющихся физиками - экспериментаторами, работающими в области ядерной физики и физики элементарных частиц.</p> <p>уметь: использовать общие методы построения систем измерений и обработки экспериментальных результатов и применять их для исследования излучений радиоактивных источников и частиц высокой энергии.</p> <p>владеть (иметь навыки): практическими навыками выбора схемотехнических решений и расчета параметров и режимов работы элементов схемы для решения конкретных задач</p>
--	--	--------	--	---

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

**Форма промежуточной аттестации - экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		56	
в том числе:	лекции	18	18
	практические	38	38
	лабораторные		
Самостоятельная работа		52	52
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль		36	36
Форма промежуточной аттестации		Экзамен	Экзамен
Итого:		144	144

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
	<b>1. Лекции</b>		-

1.1	Шумы амплитудного спектрометрического тракта и борьба с ними.	Диспропорция при потерях энергии частицами в детекторах. Шумовые факторы в устройствах детектирования на примере ППД. Усилитель — активный четырехполюсник и его шумовые составляющие. Шумовые характеристики тракта регистрации излучения. Шумы в начале измерительного тракта.	-
1.2	Нелинейные методы выделения и отбора детекторных сигналов.	Общие положения и некоторые замечания. Виды сигналов и сфера их применения. Нелинейный метод — унифицированный вариант выделения информации с детекторных устройств. Дискриминация — основа нелинейного метода и ее виды. Ограничение — базовая нелинейная операция получения сигналов. Техника ограничения сигналов и ее основные разновидности. Селекция — форма нелинейной обработки и выделения сигналов. Реализация нелинейных методов в структурах электронной техники.	-
1.3	Нелинейные методы и электронные средства их реализации при амплитудном анализе	Требования к дискриминации при амплитудном анализе. Интегральный дискриминатор — структура и сфера применения. Дифференциальный дискриминатор — структура, ее состав и особенности. Электронные средства дискриминации и варианты их исполнения. Требования к дискриминации при временном анализе. Быстрый дискриминатор по фронту входного сигнала. Формирователь временной отметки по пересечению нуля. Быстрый дискриминатор по постоянной части сигнала. Повышение возможностей быстрых дискриминаторов и расширение сферы их	-

		применения.	
1.4	Методы совпадений и антисовпадений, и электронные средства их обеспечения.	Сфера применения методов совпадений и антисовпадений. Основные положения методов совпадений и антисовпадений. Структура базовых средств реализации метода совпадений. Схемы антисовпадений, их организация и типовые структуры. Основные параметры схем совпадений и антисовпадений. Экспериментальные исследования на современном этапе и тенденция развития средств отбора событий.	-
1.5	Методы и техника измерения интенсивности излучения.	Задачи измерения средней частоты поступления событий. Измерение средней частоты поступления событий аналоговым методом. Цифровые измерители скорости счета событий. Счетный метод — база для экспериментальных исследований. Техника его реализации. Задачи и роль мониторингового канала. Живое и мертвое время при регистрации событий. Унифицированные методики регистрации счетной информации.	-

1.6	Амплитудный анализ: основные параметры и базовые электронные средства.	Назначение и роль амплитудного анализа. Типовой измерительный тракт для амплитудного анализа. Основные характеристики амплитудного спектрометрического тракта. Аналого-цифровое преобразование типа «амплитуда — время — код» ( $A-T-C$ ). Преобразование амплитуды сигнала в длительность ( $A-T$ ). Преобразование длительности интервала в цифровой код ( $T-C$ ). Аналого-цифровое преобразование методом поразрядного взвешивания. Непосредственное аналого-цифровое преобразование в форме прямого кодирования. Аналоговые процессоры — составная часть прецизионных измерений	-
1.7	Базовые направления во временном анализе и его электронные средства.	Типовой вариант измерительного тракта для временного анализа. Основные методы измерения длительности интервалов времени. Методические аспекты временного анализа микросекундного диапазона. Электронные средства измерения интервалов времени микросекундного диапазона. Наносекундный временной анализ и его электронные средства. Косвенные методы измерения интервалов времени в наносекундной области. Измерители интервалов типа «время — амплитуда» ( $t-A$ ) и их разновидности. Измерители типа «время — амплитуда — время — код» ( $t-A-T-C$ ) и их варианты. Цифровые измерители интервалов нониусного типа. Интерполяционные измерители наносекундных интервалов времени	-
1.8	Развитие базовых направлений спектрометрии ядерных излучений.	Основные модификации амплитудного мультифакторного анализа. Своеобразие форм временного мультифакторного анализа. Многодетекторные измерения — одна из форм амплитудного или временного мультифакторного анализа. Особенности многодетекторного временного анализа наносекундного диапазона. Мультикайлерный анализ в измерении интенсивности излучений. Измерительный тракт с оцифровщиком сигналов детекторных устройств.	-
1.9	Долговременные и прецизионные измерения, методы и техника их обеспечения.	Долговременные измерения и стабильность параметров спектрометрического тракта. Прецизионная спектрометрия и некоторые аспекты ее реализации. Стабилизация тракта измерений полупроводникового спектрометра энергий. Сцинтилляционный спектрометр энергий и особенности стабилизации его тракта. Стабилизация параметров временного спектрометра высокого разрешения. Стабилизация тракта путем сравнения его задержки с эталоном.	-
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала.	Эквивалентная схема детектора. Выбор нагрузочного резистора. Согласование детектора с входными параметрами усилителя. Оптимальное согласование. Работа детектора на высокочастотный кабель.	-
2.2	Усилители в детекторах элементарных частиц.	Классификация усилителей в зависимости от задачи, решаемой детектором. Токовые усилители, усилители напряжения, зарядочувствительные усилители.	-

2.3	Формирование сигнала с детектора.	Аналоговая обработка формы сигнала. Укорачивание сигнала. Приведение сигнала с детектора к стандартной логической форме. Формирователи, дискриминаторы	-
2.4	Метод совпадений и антисовпадений.	Классические схемы совпадений и антисовпадений. Способы повышения временного разрешения схем совпадений.	-
2.5	Временные измерения.	Способы измерения коротких временных интервалов. Метод время-амплитуда-цифра	-
2.6	Амплитудные распределения.	Способы измерения амплитуды импульсных сигналов. Одноканальные амплитудные анализаторы.	-
2.7	Преобразование амплитуда-код.	Способы преобразования амплитуды импульсного сигнала в цифровой двоичный код. Преобразователи параллельного типа.	-

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Шумы амплитудного спектрометрического тракта и борьба с ними.	2	4		6	4	16
2	Нелинейные методы выделения и отбора детекторных сигналов.	2	4		6	4	16
3	Нелинейные методы и электронные средства их реализации.	2	4		6	4	16
4	Методы совпадений и антисовпадений, и электронные средства их обеспечения.	2	5		5	4	16
5	Методы и техника измерения интенсивности излучения.	2	5		5	4	16
6	Амплитудный анализ: основные параметры и базовые электронные средства.	2	4		6	4	16
7	Базовые направления во временном анализе и его электронные средства.	2	4		6	4	16
8	Развитие базовых направлений спектрометрии ядерных излучений.	2	4		6	4	16
9	Долговременные и прецизионные измерения, методы и техника их обеспечения.	2	4		6	4	16
	Итого:	18	38		52	36	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	Старосельский В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника" / В.И. Старосельский .— М. : Юрайт, 2011 .— 463 с.
2	Деменков В. Г., Деменков П. В. Начала электронных методов ядерной физики: Учебное пособие.— СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 384 с.:
3	Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro, - Сайт <a href="http://www.microchip.ru">http://www.microchip.ru</a>
4	Однокристалльные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры компании Microchip Technology Incorporated PIC16F8xx, - Сайт <a href="http://www.microchip.ru">http://www.microchip.ru</a>
5	Мелешко Е. А. Быстродействующая импульсная электроника,- ББК 32.973 ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 320 с. <a href="http://knigikachay.ru/bystrodeystvuyuschaya-impul-snaya-elektronika/">http://knigikachay.ru/bystrodeystvuyuschaya-impul-snaya-elektronika/</a> М.:

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Цитович А. П. Ядерная электроника: учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с. ил.
7	Мелешко Е. А. Измерительные генераторы в ядерной электронике / Е.А. Мелешко, А.А. Митин .— М. : Атомиздат, 1981 .— 255 с.
8	Ковальский, Е. Ядерная электроника / Е. Ковальский ; пер. с англ. под ред. И.В. Штраниха .— М. : Атомиздат, 1972 .— 358 с.
9	Басиладзе С. Г. Быстродействующая ядерная электроника / С. Г. Басиладзе .— М. : Энергоиздат, 1982 .— 160 с.
10	Шмидт, Ханс-Ульрих. Измерительная электроника в ядерной физике / Х. Шмидт ; пер. с немецкого Ю.А. Семенова .— М. : Мир, 1989 .— 189,[1] с.
11	Цифровая электроника : практическое руководство : [для студ. физ. фак. нерадиофиз. профиля и студ. фак. компьютер. наук специальностей: 010400 - Физика, 071900 - Информационные системы и технологии] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.И. Захаров, Ю.П. Сбитнев
	.— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011 .— 50 с.

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

№ п/п	Ресурс
12	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ.
13	http://e.lanbook.com
	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:

<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 506П</p>	<p>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 программноуправляемых модульных систем, учебный стенд для изучения цифровой регистрация событий, измерения амплитудных и временных распределений, интерфейсов передачи данных в ЭВМ, учебный стенд для изучения основ компьютерной томографии, учебный стенд для</p>
---	--

	изучения многопараметрических и корреляционных измерений в ядерной физике на базе МК. РС IBM
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31	Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EBX11, тбук ASUS VIVOBOOK 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: <a href="https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/">https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a> )
Аудитория для самостоятельной работы. г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 507П	Специализированная мебель, компьютеры PentiumII, III (10 шт.), объединенные в локальную сеть с возможностью подключения к сети «Интернет».

## 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.	Темы 1-9	ПК-5	ПК-5.6 ПК-5.8	Собеседование, контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Пункт 20.2.1 Вопросы к экзамену

## 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/домашние задания, контрольные работы, 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 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 ( $\sim$  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 экзамену:

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.