

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.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 13.06.2024

**8. Учебный год: 2027/2028**

**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, типонаминалы 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.	Знать: технические возможности информационно-управляющих систем автоматизации ядерных измерений.  Уметь: эффективно использовать электронные компоненты для построения измерительной аппаратуры;  Владеть: основами грамотного использования современной электронной элементной базы для построения спектрометрической аппаратуры.

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 *
<b>1. Практические занятия</b>			-
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 распределения.		4		6		10
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	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ.
7	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
8	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – 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](http://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.І, 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.І, 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 Apilo-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/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/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, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 313а

## 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
- Выбор оптимальной полосы пропускания в соответствии с формой сигнала с детектора
  - Интегрирование сигнала
  - Изменение напряжения питания усилителя
  - Экранирование
11. Формирование логических сигналов с детекторов
- Логический сигнал формируется с помощью ограничителей амплитуды на диодах
  - Логический сигнал формируется на линиях задержки
  - Логический сигнал формируется с помощью пороговых схем – интегральных дискриминаторов
  - Логический сигнал формируется с помощью дифференцирующей цепочки
12. Схемы точной временной привязки к моменту прохождения частицы через детектор
- Схемы с фиксированным порогом по переднему фронту
  - С помощью дифференцирования
  - С помощью интегрирования
  - Формирователи со следящим порогом
13. Методы совпадений, антисовпадений, используемые в физической аппаратуре
- Метод совпадения во времени логических сигналов с детекторов с помощью задержки сигналов относительно друг друга
  - Организация совпадений с помощью последовательных резисторов, управляемых тактовым генератором
  - Организация совпадений с помощью осциллографа
14. Измерение амплитуды импульсных сигналов
- Путем интегрирования на интегрирующей цепочке и измерения вольтметром
  - Путем преобразования амплитуды импульсного сигнала в заряд на емкости, а затем в длительность прямоугольного сигнала при разряде емкости
  - С помощью интегрального дискриминатора
  - С помощью дифференциального дискриминатора
15. Измерение коротких временных интервалов
- Метод прямого кодирования старт - стоп
  - Метод преобразования коротких временных интервалов ( $\sim$  нс) в длинные (мкс) с последующей оцифровкой
  - С помощью интегрирующего усилителя
  - С помощью зарядо-чувствительного усилителя
16. Кремниевые фотоумножители. Основные преимущества перед ФЭУ
- Большой коэффициент усиления
  - Высокая эффективность, нечувствительность к магнитному полю, низкое напряжение питания
  - Малые шумы
  - Радиационная стойкость
17. Области применения ФЭУ
- В сцинтилляционной методике
  - Регистрация одиночных фотонов
  - Работа в области регистрации ультрафиолетового излучения
  - Работа в области высоких температур
18. Область применения зарядо-чувствительного усилителя.
- ППД
  - Газовые детекторы
  - ФЭУ
  - 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 САМАС
- 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

### ПК-3

Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов

### ПК-6

Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств

#### Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) Тестовые задания с выбором ответов

#### 1. В каких случаях для подавления фона применяется метод амплитудной дискриминации:

- а) для защиты от космического излучения
- б) для подавления собственных шумов детектора
- в) в тех случаях, когда амплитуда сигнала от исследуемого эффекта заметно превышает амплитуду фонового сигнала**
- г) для защиты от лабораторного излучения.

#### 2. Что является принципиально неустранимым источником погрешности результата ядерно-физического эксперимента (измерения):

- а) погрешность, вносимая электронной аппаратурой

- б) быстродействие электронной аппаратуры
- в) нелинейности характеристик функциональных элементов электроники
- г) **статистический характер регистрируемых процессов.**

**3. В чем преимущество цифровых методов обработки в ядерной электронике перед аналоговыми:**

- а) в большей надежности
- б) **в более высокой точности**
- в) в более высоком быстродействии
- г) в более простых схемотехнических решениях.

**4. Чем может быть представлен детектор на эквивалентной электрической схеме:**

- а) генератором напряжения
- б) **генератором тока**
- в) источником э.д.с.
- г) тем или другим в зависимости от параметров внешней цепи нагрузки.

**5. Что является первичной величиной, несущей информацию об энергии частиц:**

- а) амплитуда импульса напряжения
- б) амплитуда импульса тока
- в) **заряд, созданный частицей в детекторе**
- г) длительность импульса напряжения.

**6. Чем ограничивается возможность разделения двух близколежащих энергетических линий спектра:**

- а) **значением энергетического разрешения детектора**
- б) точностью градуировки спектрометра
- в) амплитудой сигнала детектора
- г) длительностью сигнала детектора.

**7. Какие детекторы обладают самым высоким энергетическим разрешением (для одной и той же энергии частицы):**

- а) сцинтилляционные
- б) **полупроводниковые**
- в) газонаполненные пропорциональные
- г) ионизационные камеры.

**8. Что характеризует параметр временное разрешение детектора:**

- а) предельную скорость регистрации частиц
- б) максимальную длительность сигнала детектора
- в) максимальную амплитуду сигнала детектора
- г) **точность определения момента регистрации частицы.**

**9. Каковы в общем случае, условия выбора постоянной времени  $\tau$  РС-нагрузки детектора для получения наилучшего временного разрешения:**

- а)  $\tau$  больше длительности импульса тока детектора  $t_{и}$
- б)  $\tau$  меньше длительности импульса тока детектора  $t_{и}$**
- в)  $\tau$  равна длительности импульса тока детектора  $t_{и}$

**10. Каким способом можно наиболее эффективно ограничить влияние наложения импульсов:**

- а) подбором полосы пропускания усилителя спектрометрического тракта
- б) включением в спектрометрический тракт режектора наложений**
- в) проведением измерений при малой частоте поступления событий
- г) подбором коэффициента усиления усилителя спектрометрического тракта

**11. Какую функцию будет выполнять дифференциальный дискриминатор, имеющий независимые регулировки порогов, если значение верхнего порога  $U_{в}$  будет меньше значение нижнего порога  $U_{н}$ :**

- а) не будет реагировать на входные сигналы**
- б) будет работать как дифференциальный дискриминатор, регистрируя сигналы с амплитудой  $A$ , удовлетворяющей условию  $U_{н} < A < U_{в}$
- в) будет работать как интегральный дискриминатор с порогом  $U_{н}$
- г) будет работать как интегральный дискриминатор с порогом  $U_{в}$

**12. Что нужно сделать для того, чтобы двоичный асинхронный счетчик работал не в режиме сложения, а в режиме вычитания:**

- а) изменить полярность входных сигналов
- б) изменить связи между триггерами счетчика**
- в) проделать обе операции
- г) использовать инверсный выход

**13. Укажите назначение аналого-цифрового преобразователя (АЦП):**

- а) для преобразования кодов
- б) для преобразования цифрового кода  $N$  в пропорциональное аналоговое значение напряжения  $u(N)$
- в) для преобразования постоянного напряжения, заданного на тактовом интервале, в двоичный код**
- г) для преобразования информации из последовательной во времени формы представления в параллельную форму

14. Выберите из приведенных ниже значений минимально необходимые значения опорных напряжений  $\pm V_{ref}$  для преобразования аналого-цифровым преобразователем (АЦП) синусоидального напряжения  $u_{ex}(t) = 1,41 \sin \omega t$  :

а)  $V_{ref} = \pm 1 \text{ В}$

б)  $V_{ref} = \pm 2 \text{ В}$

в)  $V_{ref} = \pm 3 \text{ В}$

г)  $V_{ref} = \pm 4 \text{ В}$

15. Укажите, как изменится выходной код аналого-цифрового преобразователя (АЦП) при неизменном входном напряжении  $u_{ex}$  и опорных напряжениях  $V_{ref+} = 2 \text{ В}$  и  $V_{ref-} = -2 \text{ В}$ , если установить  $V_{ref-} = 0$  :

а) его значение уменьшится в 2 раза

б) не изменится

в) его значение увеличится в 2 раза

г) сменится на инверсный.

16. Укажите назначение цифроаналогового преобразователя (ЦАП):

а) для преобразования информации в аналоговой форме в цифровые коды

б) для преобразования цифрового кода  $N$  в пропорциональное аналоговое значение напряжения  $u(N)$

в) для деления числа или частоты повторения импульсов на заданный коэффициент  $K$

г) для преобразования информации из последовательной во времени формы представления в параллельную форму

1) Тестовые задания без выбора ответов

1. Чему равен заряд, прошедший через выходную цепь детектора, если все заряды, образованные ионизирующей частицей в рабочем веществе детектора, достигают электродов детектора.

Ответ: заряд, прошедший через выходную цепь детектора равен заряду, созданному ионизирующей частицей:  $Q = eN = eE / \omega$ ,

где,  $e$  – заряд электрона,

$N$  - среднее число пар носителей заряда создаваемых частицей в детекторе:  $N = E/\omega$ ,

$E$  – энергия частицы

$\omega$  – средняя энергия, расходуемая частицей на образование одной пары носителей (электрона и иона в газе, электрона и дырки в кристалле).

**2. Чему равен фазовый угол в цепи синусоидального тока, содержащей последовательно соединенные резистор с сопротивлением  $R = 1$  Ом и идеальную индуктивную катушку с сопротивлением  $X_L = \sqrt{3}$  Ом?**

**Ответ:** В R L - , R C - и R L C - цепях углы сдвига фаз зависят от значений параметров элементов ветвей и определяются, в общем случае, по формуле  $\varphi = \arctg(X_L - X_C)/R$ , следовательно в R L - цепи  $\varphi = \arctg(X_L/R) = 60^\circ$

**3. Назначение аналоговых компараторов напряжения на операционных усилителях.**

**Ответ:** *Компаратор напряжения* – устройство сравнения, сопоставления двух напряжений для определения факта и момента их равенства.

**4. Чему равна величина (амплитуда) напряжения U на выходе детектора при измерении заряда Q, образованного ионизирующей частицей в рабочем веществе детектора, путем интегрирования тока детектора на емкости нагрузки детектора  $C_n$**

**Ответ:**  $U = Q / C_n = eE / \omega C_n$

где,  $e$  – заряд электрона,

$N$  - среднее число пар носителей заряда создаваемых частицей в детекторе:  $N = E/\omega$ ,

$E$  – энергия частицы

$\omega$  – средняя энергия, расходуемая частицей на образование одной пары носителей (электрона и иона в газе, электрона и дырки в кристалле)

$C_n$  - емкость нагрузки детектора

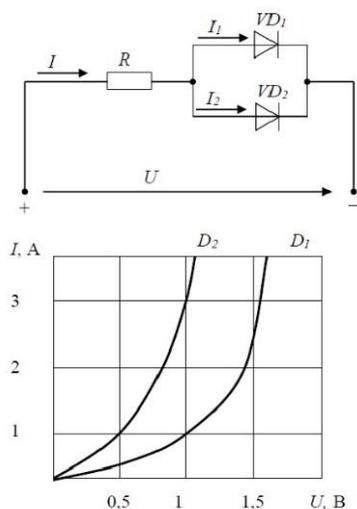
**5. Какие операции и в какой последовательности необходимо выполнить при аналого-цифровом преобразовании?**

- Ответ: 1. дискретизация по времени аналогового сигнала,  
2. квантование по уровню его отсчётов  
3. кодирование квантованных уровней

**6. Какой фундаментальный принцип, явление лежит в основе функционирования оптоэлектронных приборов?**

**Ответ:** явление преобразования электрической энергии в некогерентное электромагнитное излучение оптического диапазона и явление преобразования электромагнитных волн оптического диапазона в электрическую энергию

7. Диоды D1 и D2 имеют вольт-амперные характеристики (ВАХ), изображенные на рисунке.  $U=2В$ ,  $I_1=1А$ . Сопротивление резистора будет равно...



**Ответ:** По графику ВАХ для диода D1 определяем напряжение на нем  $U_{D1} = 1В$  при заданном токе  $I_1 = 1А$ . Затем по графику ВАХ для диода D2 определяем ток  $I_2 = 3А$ , учитывая что, напряжение на диодах  $D_1$  и  $D_2$  одно и то же. Диоды  $D_1$  и  $D_2$  включены параллельно, следовательно, суммарный ток в контуре  $I = I_1 + I_2 = 4А$ . Падение напряжения на резисторе  $R$  составит  $U_R = U - U_{D1} = 1В$ .

По закону Ома  $R = U_R / I = 0,25 Ом$

8. Укажите задачу для решения которой используется соответственно: шифратор и дешифратор.

**Ответ:** - **шифратор** используется для преобразования десятичных чисел в двоичные или в двоично-десятичный код, например, в микрокалькуляторах, в которых нажатие десятичных клавиш вызывает генерацию соответствующих двоичных кодов;

- **дешифратор** используется для демultipлексирования данных и адресной логики в запоминающих устройствах, а также для преобразования двоично-десятичного кода в десятичный с целью управления индикаторными и печатающими устройствами;

9. Определить амплитуду сигнала на выходе полупроводникового детектора (ППД) большого объема (для регистрации  $\gamma$ -квантов с энергиями от нескольких кэВ до нескольких МэВ), если средняя энергия, расходуемая частицей на образование одной пары носителей  $\omega = 2,9 эВ$ , емкость нагрузки детектора  $C_n = 100 пФ$ , энергия ионизирующей частицы  $E = 1 МэВ$ .

**Ответ:**  $U = Q / C_n = eE / \omega C_n = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^6) / 2,9 \cdot 100 \cdot 10^{-12} = 0,5 мВ$

где,  $e$  – заряд электрона,

$N$  - среднее число пар носителей заряда создаваемых частицей в детекторе:  $N = E/\omega$ ,

$E$  – энергия частицы

$\omega$  – средняя энергия, расходуемая частицей на образование одной пары носителей (электрона и иона в газе, электрона и дырки в кристалле)

$C_n$  - емкость нагрузки детектора

**10. Определите значения дифференциального  $U_{\text{диф.}}$  и синфазного  $U_{\text{синф.}}$  сигналов при подаче на инвертирующий вход ОУ напряжения  $U_{\text{вх1}} = 0,545 \text{ В}$ , а на неинвертирующий вход ОУ напряжения  $U_{\text{вх2}} = 0,541 \text{ В}$ .**

**Ответ:** - дифференциальный сигнал равен разности входных напряжений  $U_{\text{диф.}} = U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}} = 4 \text{ мВ}$

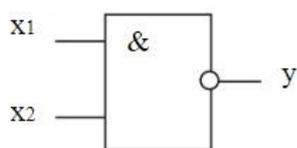
- синфазный сигнал определяется по формуле  $U_{\text{синф.}} = (U_{\text{вх1}} + U_{\text{вх2}})/2 = 0,543 \text{ В}$

**11. Укажите задачу для решения которой используется соответственно: мультиплексор и демультиплексор.**

**Ответ:** - мультиплексор используется для коммутации в заданном порядке сигналов, поступающих с нескольких входных шин на одну выходную;

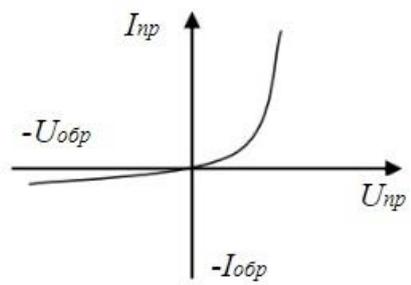
- демультиплексор используется для распределения в требуемой последовательности по нескольким выходам сигналов с одного информационного входа, в частности, для передачи информации по одной линии от нескольких установленных на ней датчиков

**12. Какую логическую операцию выполняет элемент, условное обозначение которого изображено на рисунке**



**Ответ:** функцию Шеннона (операция И-НЕ)

**13. На рисунке изображена вольт-амперная характеристика...**



**Ответ:** выпрямительного диода