

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 / Титова Л.В./
13.06.2025г.

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 13.06.2025

8. Учебный год: 2028/2029

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 * |
|--------------------------------|---|---|--|
| 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 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 | 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.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: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses) |
| 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
- 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 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 τ РС-нагрузки детектора для получения наилучшего временного разрешения:

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

ω – 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 RL-, RC- и RLC-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 RL-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

ω – 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,

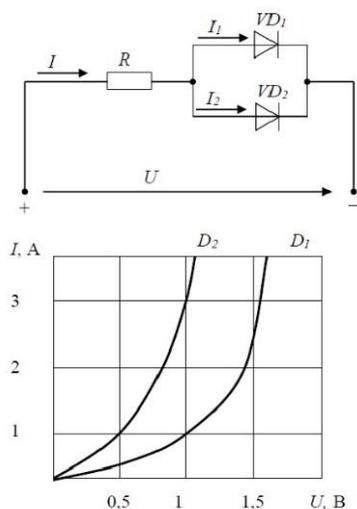
2. квантование по уровню его отсчётов

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 $R = U_R / I = 0,25 \text{ Ом}$

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 демультиплексирования 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 γ -квантов с энергиями от нескольких кэВ до нескольких МэВ), если средняя энергия, расходуемая частицей на образование одной пары носителей $\omega = 2,9 \text{ эВ}$, емкость нагрузки детектора $C_H = 100 \text{ пФ}$, энергия ионизирующей частицы $E = 1 \text{ МэВ}$.

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

где, e – заряд электрона,

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

E – энергия частицы

ω – 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 $U_{\text{диф.}} = U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}} = 4 \text{ мВ}$

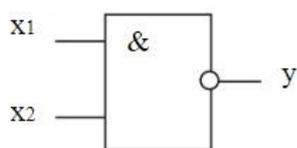
- синфазный сигнал определяется по формуле $U_{\text{синф.}} = (U_{\text{вх1}} + U_{\text{вх2}})/2 = 0,543 \text{ В}$

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;

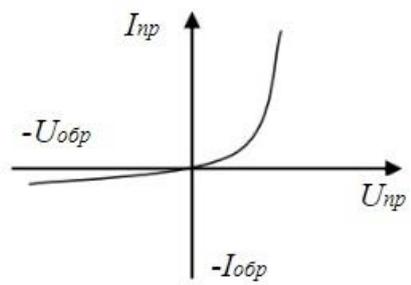
- демультиплексор используется для распределения в требуемой последовательности по нескольким выходам сигналов с одного информационного входа, в частности, для передачи информации по одной линии от нескольких установленных на ней датчиков

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