

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физико-технической информатики**



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРОНИКА СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

**Направление: 03.03.02 Физика
Направленность (профиль): Физическая информатика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	108	32	32		20	18	4			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 70 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Ответственный за образовательную программу
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель курса – ознакомление с основными типами регистрирующих систем в экспериментальных установках по физике высоких энергий, принципами проектирования электроники этих систем и анализом метрологических характеристик таких систем. Дисциплина нацелена на формирование у выпускника компетенции ПК-1, ПК-2.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК-2 Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК - 2.1. Проводит научные исследования в избранной области в соответствии с профилем подготовки и в зависимости от специфики объекта исследования с помощью современной приборной базы.</p> <p>ПК – 2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основы анализа электрических сигналов; современное состояние технологий регистрации элементарных частиц.</p> <p>Уметь анализировать электронные системы детекторов элементарных частиц, оптимизировать их параметры; работать с программным обеспечением по моделированию и проектированию электронных модулей.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электроника систем регистрации элементарных частиц» реализуется в осеннем семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика. Курс реализуется кафедрой физико-технической информатики. Для освоения курса необходима предварительная подготовка студентов по следующим разделам математики и физики:

- Основы математического анализа;
- Основы функционального анализа;

- Радиоэлектроника.

Дисциплина даёт студенту необходимые знания, навыки и инструментарий для выполнения исследований в экспериментальной физике элементарных частиц.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		32	32		20	18	4			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 70 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, консультации, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: задания на лабораторных работах;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачётные единицы.

- лекционные занятия – 32 часа;
- лабораторные занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 20 часов;
- промежуточная аттестация (самостоятельная подготовка к экзамену, консультации и экзамен) – 24 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекционные занятия, лабораторные занятия, консультации, экзамен) составляет 70 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)						Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации	
				Лекции	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
1.	Введение.	1	4	2	2				
2.	Анализ электрических сигналов.	2-3	10	4	4		2		
3.	Линейные системы	4	8	2	4		2		
4.	Элементы аналоговой электроники	5-6	10	4	4		2		
5.	Шумы в усилительных каскадах.	7	8	2	4		2		
6.	Фильтрация шумов.	8-9	10	4	4		2		
7.	Зарядо-чувствительный усилитель	10	6	2	2		2		
8.	Дискриминаторы	11	6	2	2		2		
9.	Аналого-цифровые преобразователи	12-13	8	4	2		2		
10.	Схемы на переключаемых емкостях.	14	6	2	2		2		
11.	Системы триггера и сбора данных	15-16	8	4	2		2		
12.	Консультации		4					4	
12.	Промежуточная аттестации (экзамен)		20					18	2
Всего			108	32	32		20	22	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Введение. (2 часа)

Цели и задачи курса. Особенности организация большого физического эксперимента по физике элементарных частиц. Основные функции электронной аппаратуры в ядерной физике.

Анализ электрических сигналов. (4 часа)

Классификация электрических сигналов. Элементы анализа электрических сигналов: корреляционная функция, свёртка, преобразование Фурье.

Линейные системы. (2 часа)

Передача сигналов через линейные системы. Методы анализа линейных систем: классический метод, метод интеграла Фурье, интеграл суперпозиции.

Элементы аналоговой электроники. (4 часа)

Основные схемы включения биполярных транзисторов.

Основные типы ООС. Влияние ООС на входное и выходное сопротивления. Влияние ООС на амплитудно-частотную характеристику усилителя. Проблема устойчивости усилителя с ООС. Классификация усилителей по входному/выходному сопротивлениям.

Транзисторные двойки

Шумы в усилительных каскадах. (2 часа)

Природа электронных шумов. Приведение шумов к входу. Эквивалентное шумовое сопротивление. Эквивалентный шумовой заряд.

Фильтрация шумов. (4 часа)

Оптимальная фильтрация. Сравнительный анализ фильтров: фильтр RC-CR, время-инвариантный трапециидальный фильтр, время-вариантный треугольный фильтр, фильтр «RC-CR+управляемый интегратор», оптимальный фильтр. Критерии выбора фильтра.

Зарядо-чувствительный усилитель. (2 часа)

Назначение зарядо-чувствительного усилителя и его основные характеристики. Сброс ёмкости обратной связи ЗЧУ. Влияние частотной характеристики ОУ на ЗЧУ

Дискриминаторы. (2 часа)

Назначение дискриминаторов и их типы. Амплитудный дискриминатор. Временные измерения и временные дискриминаторы. Типы временной привязки. Точность временной привязки

Аналогово-цифровые преобразователи. (4 часа)

Задачи аналого-цифровых преобразователей. Типы и устройство аналого-цифровых преобразователей. Передаточная характеристика АЦП

Схемы на переключаемых емкостях. (2 часа)

Назначение схем с переключаемыми емкостями. Двойная коррелированная выборка. Схемы с аналоговой памятью.

Системы триггера и сбора данных. (4 часа)

Назначение системы триггера экспериментальной физической установки. Особенности построения системы триггера. Уровни системы триггера. Назначение системы сбора данных. Онлайн реконструкция событий.

Программа лабораторных занятий (32 часа)

1. Введение.

Получение логина и пароля, информация про ПО САПР (2 часа)

2. Анализ электрических сигналов

Моделирование переходных процессов на схемах из пассивных электронных компонентов. Моделирование переходных процессов на схемах, включающих диоды и биполярные транзисторы. Моделирование переходных процессов на схемах, включающих полевые транзисторы. (4 часа)

3. Линейные системы

Моделирование переходных процессов на схемах, включающих отрицательную обратную связь. (4 часа)

4. Элементы аналоговой электроники

Моделирование Амплитудно-Частотных Характеристик. (4 часа)

5. Шумы в усилительных каскадах

Моделирование шумовых характеристик электронных схем. (4 часа)

6. Фильтрация шумов

Подготовка принципиальных схем для трассировки печатной платы. (4 часа)

7. Зарядо-чувствительный усилитель

Работа с библиотеками компонентов, разработка собственных библиотек. (2 часа)

8. Дискриминаторы

Расстановка компонентов на печатной плате – ручная и автоматическая. (2 часа)

9. Аналогово-цифровые преобразователи

Ручная трассировка печатной платы (2 часа)

10. Схемы на переключаемых емкостях.

Автоматическая трассировка печатной платы (2 часа)

11. Системы триггера и сбора данных.

Подготовка документации для производства печатных плат (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная работа с ПО САПР	20
Самостоятельная подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы: [Учеб. пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / 5-е изд., перераб. и доп. М: Радио и связь, 1994. - 481 с. (4 экз.)
2. Дж. Мак-Коннел. Квантовая механика частиц / пер. с англ. Р.Г. Василькова; под ред. А.С. Компанейца. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. - 314 с. (9 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы: [Учеб. пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / 5-е изд., перераб. и доп. М: Радио и связь, 1994. - 481 с. (4 экз.)

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.2 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1. Порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем проверки заданий, выполняемых студентами во время лабораторных занятий. Примеры заданий приведены в п. 10.3.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Он проводится в конце семестра по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем. Оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК - 2.1. Проводит научные исследования в избранной области в соответствии с профилем подготовки и в зависимости от специфики объекта исследования с помощью современной приборной базы.</p>	<p>Знать основы анализа электрических сигналов; современное состояние технологий регистрации элементарных частиц.</p>	<p>Задания на лабораторных работах, экзамен в устной форме.</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК – 2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в</p>	<p>Уметь анализировать электронные системы детекторов элементарных частиц, оптимизировать их параметры; работать с программным обеспечением по моделированию и проектированию электронных модулей.</p>	<p>Задания на лабораторных работах, экзамен в устной форме.</p>

соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.		
---	--	--

10.2. Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Электроника систем регистрации элементарных частиц».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

10.3. Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры задания на лабораторных занятиях

1. Про моделировать дифференциальный каскад на биполярных транзисторах. Получить коэффициент усиления, полосу пропускания, среднеквадратичное значение шума на выходе.

2. Провести трассировку дифференциального каскада на биполярных транзисторах, используя библиотеки компонентов производителя

Билеты на экзамен

Билет 1

1. Импульсные, периодическое, случайные сигналы. Их свойства и особенности.
2. Разделение сигналов на составляющие.

Билет 2

1. Сравнение сигналов. Коэффициенты корреляции.
2. Влияние частотной характеристики ОУ на ЗЧУ

Билет 3

1. Свёртка
2. Линейная передающая система. Свойства. Способы описания.

Билет 4

1. Метод Фурье расчёта Линейных передающих систем.
2. Сравнение треугольного время-вариантного и время-инвариантного фильтров.

Билет 5

1. Передаточные характеристики коэффициенты пропускания RC и CR фильтров.
2. Отрицательная обратная связь. Инвертирующий и неинвертирующий усилители.

Билет 6

1. Влияние ООС на выходное сопротивление.
2. Схема работы системы сбора данных физической установки

Билет 7

1. Классификация усилителей по входному/выходному сопротивлениям
2. Влияние ООС на АЧХ усилителя.

Билет 8

1. Приведение шума ко входу
2. Эквивалентный шумовой заряд

Билет 9

1. Сравнительный анализ фильтров методом шумовых индексов. Пример сравнения RC-CR фильтра и трапецеидального фильтра.
2. Интеграл суперпозиции как метод расчёта Линейных передающих систем.

Билет 10

1. Зарядо-чувствительный усилитель. Назначение ЗЧУ и основные характеристики.
2. Корреляционная функция. Автокорреляционная функция.

Билет 11

1. Амплитудный дискриминатор. Триггер Шмитта.
2. Временная привязка к сигналу. Точность временной привязки.

Билет 12

1. Временная привязка к постоянной доле сигнала.
2. Аналого-цифровые преобразователи. Назначение и основные характеристики

Билет 13

1. АЦП типа Аналог-Время-Цифра.
2. Преимущества и недостатки схем с аналоговой памятью

Билет 14

1. Ошибки передаточной функции АЦП.
2. Принцип работы схем с переключаемыми емкостями

Билет 15

1. Двойная-коррелированная выборка
2. Типы интегральных АЦП. Особенности и сравнение характеристик.

Билет 16

1. Схема работы триггерной системы физической установки
2. Шумы в усилительных каскадах. Природа происхождения шума.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Электроника систем регистрации элементарных частиц»
Направление: 03.03.02 Физика
Направленность (профиль): Физическая информатика**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного