

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Радиофизика и электроника (спецпрактикум по радиофизике) БЗ.В.4

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика ионосферы и распространения радиоволн, радиоастрономия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бойко Б.П. , Тюрин В.А.

**Рецензент(ы):**

Насыров И.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 641614

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Бойко Б.П. ; доцент, к.н. (доцент) Тюрин В.А.  
Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем ,  
Vladimir.Tiourin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) БЗ.В.4 "РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА (спец. практикум по радиофизике)" является приобретение теоретических знаний, навыков работы с радиоизмерительной аппаратурой, навыков проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных в основных областях радиофизики и радио-электроники, которые необходимы для успешного продолжения образования по вы-бранному профилю.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " БЗ.В.4 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к вариативной части. Осваивается на 3 курсе, 5, 6 семестры.

Дисциплина БЗ.В.4 "РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА (спец. практикум по радиофизике)" входит в базовую часть профессионального цикла БЗ бакалавров по на-правлению 011800 Радиофизика и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бака-лавров по направлению 011800.62 Радиофизика: Б2.Б.3 "Электричество и магнетизм", Б2.Б.6 "Математический анализ", Б2.Б10 "Дифференциальные уравнения". Студент должен обладать входными знаниями перечисленных модулей математического и естественнонаучного цикла Б2, а также навыками экспериментальной работы и навыками работы с радиоизмерительной аппаратурой, приобретенными на физическом практикуме Б2.В.1 по электричеству и магнетизму.

Дисциплина имеет естественную связь с модулями БЗ.Б.11 Основы радиоэлектроники, БЗ.В.6 ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (практикум), БЗ.Б.6 -Основы теории колебаний, БЗ.Б12 - Физическая электроника, БЗ.Б13 - Полупроводниковая электроника.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность добиваться намеченной цели
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные положения в области теории спектров сигналов, активных и пассивных фильтров, задерживающих цепей, усилительных и генераторных устройств, теории колебаний и синхронизации, теории ошибок и обработки эксперимента, принципы действия аналоговых и цифровых радиоизмерительных приборов.

2. должен уметь:

ориентироваться в вопросах построения и анализа радиотехнических схем, а также применения современной элементной базы, пользоваться основными методами описания колебательных и волновых процессов в различных средах, методами расчета радиотехнических и электронных систем.

3. должен владеть:

навыками практической работы с современными радиотехническими устройствами и измерительными приборами, методами измерений и методами обработки данных, методами учета и минимизации ошибок эксперимента.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с использованием электромагнитных сигналов для передачи, приема и обработки информации в радиотехнических цепях,
- к использованию современных методов обработки сигналов, основных принципов и законов построения и функционирования радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами, методов анализа электромагнитных процессов в этих цепях,
- к эксплуатации современной радиофизической аппаратуры и оборудования,
- к работе с современными образовательными и информационными технологиями.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре; зачет в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. СИГНАЛЫ. 1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ.	5	1,2,3	0	0	14	
1.	Тема 1. СИГНАЛЫ. 2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА.	5	4,5,6	0	0	12	
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ.	5	10,11,12,1	0	0	12	
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ.	5	7,8,9	0	0	12	
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 5). ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ	5	14,15	0	0	12	
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ.	5	16,17,18	0	0	12	
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 8). Лабораторная работа ШИРОКО-ПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.	6	21,22,23	0	0	10	
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 7). Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.	6	19,20	0	0	10	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР.	6	30,31,32	0	0	10	
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 10). Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.	6	26,27	0	0	10	
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 11). Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ.	6	28,29	0	0	10	
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 9). Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР.	6	24,25	0	0	10	
5.	Тема 5. ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. 13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ	6	33,34	0	0	8	
6.	Тема 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. 14). Лабораторная работа АНТЕННЫ.	6	35,36	0	0	6	
.	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	зачет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	148	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### **Тема 1. СИГНАЛЫ. 1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ. лабораторная работа (14 часа(ов)):**

1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ. Спектр сигнала. Дискретный (линейчатый) спектр. Спектр периодического сигнала. Спектры сигналов на входе и выходе линейной цепи. Аппаратурные методы анализа спектра сигнала.

##### **Тема 1. СИГНАЛЫ. 2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА. лабораторная работа (12 часа(ов)):**

2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА. Обобщенный спектр сигнала. Дискретизация и восстановление аналогового сигнала на основе теоремы Котельникова. Анализ причин появления ошибок при восстановлении аналогового сигнала. Экспериментальная оценка ошибки восстановления.

##### **Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ. лабораторная работа (12 часа(ов)):**

3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ. Четырехполюсники. Системы параметров. Вторичные пара-метры четырехполюсника. Цепочечные LC-фильтры как четырехполюсники. Многосвязный фильтр нижних частот (ФНЧ) как модель отрезка длиной линии. Измерение характеристических параметров ФНЧ.

##### **Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ. лабораторная работа (12 часа(ов)):**

4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ. Элементы синтеза фильтра с заданной частотной характеристикой. Фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя. Расчет и выбор элементов реализуемых фильтров.

##### **Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 5). ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ лабораторная работа (12 часа(ов)):**

линии как функциональный узел задержки сигнала во времени. Процессы в линии при вариации нагрузки и внутреннего сопротивления источника. Экспериментальное исследование задержки прямоугольного импульса искусственной линией. Формирование прямо-угольного импульса отрезком длиной линии. Экспериментальная проверка с помощью линии задержки.

##### **Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 7). Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. лабораторная работа (10 часа(ов)):**

7). Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Понятие о симметричном и синфазном сигналах. По-давление синфазного сигнала в дифференциальном усилителе.

##### **Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ. лабораторная работа (12 часа(ов)):**



. Принцип работы электронного усилителя. Базовые схемы усилителей на биполярном и полевом транзисторах, на радио-лампе. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ. Типы обратных связей. Влияние отрицательной обратной связи на характеристики линейного усилителя. Стабилизирующее действие отрицательной обратной связи.

### **Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 8). Лабораторная работа ШИРОКО-ПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

8). Лабораторная работа ШИРОКО-ПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Причины уменьшения коэффициента усиления на низких и высоких частотах. Коррекция частотных характеристик. Частотные и временные характеристики, их взаимосвязь.

### **Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 10). Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ. Фазовый портрет автоколебаний. Переход от гармонических колебаний к релаксационным в LC-генераторе с отрицательным сопротивлением. Построение фазового портрета установления автоколебаний с использованием эмпирической вольт-амперной характеристики диода.

### **Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР. Свободные и вынужденные колебания в линейных и нелинейных радиоцепях. Резонансные явления. Принудительная синхронизация (захватывание) LC-генератора гармонических колебаний. Экспериментальная проверка выводов теории, использующей метод медленно меняющихся амплитуд.

### **Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 9). Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

9). Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР. Автоколебания. Мягкое и жёсткое самовозбуждение автоколебательной системы. Исследование транзисторного LC-генератора методом средней крутизны. Измерение средней крутизны.

### **Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 11). Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

11). Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ. Анализ режимов работы ФАПЧ на базе метода фазовой плоскости. Экспериментальная проверка выводов теории.

### **Тема 5. ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. 13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ. Устанавливаются требования к элементам идеального ГЛИН. Однопереходный транзистор как управляемый ключ. Принудительная синхронизация ГЛИН. Области синхронизации при синхронизации сигналами различной формы. Явление самоэкранирования. Экспериментальное определение областей синхронизации при различных формах

### **Тема 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. 14). Лабораторная работа АНТЕННЫ.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Изучаются основные положения теории рупорных антенн сантиметрового диапазона, их первичные и вторичные параметры, технические характеристики. Экспериментальное исследование характеристики, калибровка детектора СВЧ колебаний и диаграмм направленности антенн.



### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. СИГНАЛЫ. 1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ.	5	1,2,3	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	10	Отчет
1.	Тема 1. СИГНАЛЫ. 2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА.	5	4,5,6	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	8	Отчет
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ.	5	7,8,9	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	8	Отчет
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ.	5	10,11,12,1	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	10	Отчет
2.	Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 5). ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ	5	14,15	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	8	Отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 7). Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.	6	19,20	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	8	Отчет
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ.	5	16,17,18	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	10	Отчет
3.	Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 8). Лабораторная работа ШИРОКО-ПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.	6	21,22,23	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	6	Отчет
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 10). Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.	6	26,27	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка э	6	Отчет
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР.	6	30,31,32	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка экс	6	Отчет
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 9). Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР.	6	24,25	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка э	6	Отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 11). Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ.	6	28,29	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка э	6	Отчет
5.	Тема 5. ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. 13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ	6	33,34	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка э	6	Отчет
6.	Тема 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. 14). Лабораторная работа АНТЕННЫ.	6	35,36	Изучение теории, знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, выполнение эксперимента. Обработка э	6	Отчет
	Итого				104	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лабораторные занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Используется образовательная технология, позволяющая реализовать следующий алгоритм лабораторных занятий.

1. Самостоятельное изучение теории по теме лабораторной работы. Используются кафедральные учебно-методические пособия, учебники и ЭБС.
2. Сдача теории - беседа с преподавателем по теме данной лабораторной работы.
3. Знакомство с радиоизмерительной аппаратурой, используемой в данной лабораторной работе, беседа с преподавателем.
4. Выполнение эксперимента. Изучение методики измерений и их проведение.
5. Обработка экспериментальных данных и их анализ. Соотнесение полученных результатов с выводами теории.
6. Оформление отчета.
7. Защита отчета по данной лабораторной работе.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. СИГНАЛЫ. 1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ.

Отчет, примерные вопросы:

1). Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ. Что такое спектр сигнала? Чем характерен спектр периодического сигнала? Как связаны спектры сигналов на входе и выходе линейной цепи? Привести пример аппаратурных методов анализа спектра сигнала.

**Тема 1. СИГНАЛЫ. 2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА.**

Отчет, примерные вопросы:

2). Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА. Что такое дискретный сигнал? Обобщенный спектр сигнала. Дискретизация и восстановление аналогового сигнала на основе теоремы Котельникова. В чем причины появления ошибок при восстановлении аналогового сигнала. Как проводится экспериментальная оценка ошибки восстановления.

**Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ.**

Отчет, примерные вопросы:

4). Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ. Элементы синтеза фильтра с заданной частотной характеристикой. Фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя. Расчет и выбор элементов реализуемых фильтров.

**Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ.**

Отчет, примерные вопросы:

3). Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ. Четырехполюсники. Системы параметров. Вторичные параметры четырехполюсника. Цепочечные LC-фильтры как четырехполюсники. Многозвенный фильтр нижних частот (ФНЧ) как модель отрезка длинной линии. Измерение характеристических параметров

**Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. 5). ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ**

Отчет, примерные вопросы:

5). Лабораторная работа ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ. Отрезок длинной линии как функциональный узел задержки сигнала во времени. Процессы в линии при вариации нагрузки и внутреннего сопротивления источника. Экспериментальное исследование задержки прямоугольного импульса искусственной линией. Формирование прямо-угольного импульса отрезком длинной линии. Экспериментальная проверка с помощью линии задержки.

**Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ.**

Отчет, примерные вопросы:

В чем заключается принцип работы электронного усилителя. Базовые схемы усилителей на биполярном и полевом транзисторах, на радио-лампе. 6). Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ. Типы обратных связей. Влияние отрицательной обратной связи на характеристики линейного усилителя. Стабилизирующее действие отрицательной обратной связи.

**Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 8). Лабораторная работа ШИРОКО-ПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.**

Отчет, примерные вопросы:

В чем причины уменьшения коэффициента усиления на низких и высоких частотах. Как осуществляется коррекция частотных характеристик. Частотные и временные характеристики, их взаимосвязь.

**Тема 3. УСИЛИТЕЛИ. 7). Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.**

Отчет, примерные вопросы:

Охарактеризовать дифференциальный усилитель как устройство с двумя входами и тремя выходами. Ввести понятия о симметричном и синфазном сигналах. Почему коэффициент усиления дифференциального сигнала больше, чем коэффициент усиления синфазного сигнала? Почему входное сопротивление для дифференциального сигнала меньше, чем для синфазного сигнала? Подавление синфазного сигнала в дифференциальном усилителе.

**Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР.**

Отчет, примерные вопросы:

12). Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР. Свободные и вынужденные колебания в линейных и нелинейных радиоцепях. Резонансные явления. Принудительная синхронизация (захватывание) LC-генератора гармонических колебаний. Экспериментальная проверка выводов теории, использующей метод медленно меняющихся амплитуд.

**Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 10).  
Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.**

Отчет, примерные вопросы:

10). Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ. Фазовый портрет автоколебаний. Переход от гармонических колебаний к релаксационным в LC-генераторе с отрицательным сопротивлением. Построение фазового портрета установления автоколебаний с использованием эмпирической вольт-амперной характеристики диода.

**Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 11).  
Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ.**

Отчет, примерные вопросы:

11). Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ. Охарактеризовать ФАПЧ как замкнутую систему с отрицательной обратной связью. В чем суть анализа режимов работы ФАПЧ на базе метода фазовой плоскости? Почему в качестве дискриминатора ЧМ-сигнала используется фазовый детектор? В чем состоит принцип действия генератора, управляемого напряжением? Почему система с отрицательной обратной связью склонна к самовозбуждению?

**Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ. 9).  
Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР.**

Отчет, примерные вопросы:

9). Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР. Автоколебания. Мягкое и жесткое самовозбуждение автоколебательной системы. Исследование транзисторного LC-генератора методом средней крутизны. Измерение средней крутизны.

**Тема 5. ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. 13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ  
ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

Отчет, примерные вопросы:

13). Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ. Устанавливаются требования к элементам идеального ГЛИН. Однопереходный транзистор как управляемый ключ. Принудительная синхронизация ГЛИН. Области синхронизации при синхронизации сигналами различной формы. Явление самоэкранирования. Экспериментальное определение областей синхронизации при различных формах синхросигнала.

**Тема 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. 14). Лабораторная  
работа АНТЕННЫ.**

Отчет, примерные вопросы:

14). Лабораторная работа АНТЕННЫ. Изучаются основные положения теории рупорных антенн сантиметрового диапазона, их первичные и вторичные пара-метры, технические характеристики. Экспериментальное исследование характеристики, калибровка детектора СВЧ колебаний и диаграмм направленности антенн.

**Тема . Итоговая форма контроля**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:



Программой дисциплины в рамках балльно-рейтинговой системы предусмотрены: текущий контроль - контроль хода выполнения лабораторных работ и итоговый контроль - зачет. Минимальное количество баллов в текущем контроле для допуска к зачету - 27,5. Максимальное количество баллов текущего контроля - 50. Количество работ в 5 семестре -5, в 6-ом семестре - 6 или 7 в зависимости от сложности. На итоговый контроль - зачет выделяется 50 баллов. Максимальная сумма баллов, которую может получить студент - 100. Оцениваются: сроки выполнения работы, качество подготовки теории, качество проведения эксперимента и обработки результатов, качество оформления отчета.

## ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦПРАКТИКУМ ПО РАДИОФИЗИКЕ)

### Тема 1. СИГНАЛЫ.

Лабораторная работа ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА. Что такое дискретный сигнал? Обобщенный спектр сигнала. Дискретизация и восстановление аналогового сигнала на основе теоремы Котельникова. В чем причины появления ошибок при восстановлении аналогового сигнала. Как проводится экспериментальная оценка ошибки восстановления.

### Тема 1. СИГНАЛЫ.

Лабораторная работа АМПЛИТУДНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ. Что такое спектр сигнала? Чем характерен спектр периодического сигнала? Как связаны спектры сигналов на входе и выходе линейной цепи? Привести пример аппаратурных методов анализа спектра сигнала.

### Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.

Лабораторная работа ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ. Отрезок длинной линии как функциональный узел задержки сигнала во времени. Процессы в линии при вариации нагрузки и внутреннего сопротивления источника. Экспериментальное исследование задержки прямоугольного импульса искусственной линией. Формирование прямо-угольного импульса отрезком длинной линии. Экспериментальная проверка с помощью линии задержки.

### Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Лабораторная работа АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ. Элементы синтеза фильтра с заданной частотной характеристикой. Фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя. Расчет и выбор элементов реализуемых фильтров.

### Тема 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.

Лабораторная работа ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ. Четырехполюсники. Системы параметров. Вторичные параметры четырехполюсника. Цепочечные LC-фильтры как четырехполюсники. Многозвенный фильтр нижних частот (ФНЧ) как модель отрезка длинной линии. Измерение характеристических параметров.

### Тема 3. УСИЛИТЕЛИ.

Лабораторная работа ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Охарактеризовать дифференциальный усилитель как устройство с двумя входами и тремя выходами. Ввести понятия о симметричном и синфазном сигналах. Почему коэффициент усиления дифференциального сигнала больше, чем коэффициент усиления синфазного сигнала? Почему входное сопротивление для дифференциального сигнала меньше, чем для синфазного сигнала? Подавление синфазного сигнала в дифференциальном усилителе.

### Тема 3. УСИЛИТЕЛИ.

Лабораторная работа ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ. В чем заключается принцип работы электронного усилителя. Базовые схемы усилителей на биполярном и полевом транзисторах, на радиолампе. Типы обратных связей. Влияние отрицательной обратной связи на характеристики линейного усилителя. Стабилизирующее действие отрицательной обратной связи.

### Тема 3. УСИЛИТЕЛИ.



Лабораторная работа ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Отчет, примерные вопросы: В чем причины уменьшения коэффициента усиления на низких и высоких частотах. Как осуществляется коррекция частотных характеристик. Частотные и временные характеристики, их взаимосвязь.

Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ.

Лабораторная работа РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КОНТУР. Свободные и вынужденные колебания в линейных и нелинейных радиоцепях. Резонансные явления. Принудительная синхронизация (захватывание) LC-генератора гармонических колебаний. Экспериментальная проверка выводов теории, использующей метод медленно меняющихся амплитуд.

Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ.

Лабораторная работа ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ. Фазовый портрет автоколебаний. Переход от гармонических колебаний к релаксационным в LC-генераторе с отрицательным сопротивлением. Построение фазового портрета установления автоколебаний с использованием эмпирической вольт-амперной характеристики диода.

Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ.

Лабораторная работа ФАЗОВАЯ АУТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ. Охарактеризовать ФАПЧ как замкнутую систему с отрицательной обратной связью. В чем суть анализа режимов работы ФАПЧ на базе метода фазовой плоскости? Почему в качестве дискриминатора ЧМ-сигнала используется фазовый детектор? В чем состоит принцип действия генератора, управляемого напряжением? Почему система с отрицательной обратной связью склонна к самовозбуждению?

Тема 4. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ.

Лабораторная работа LC-ГЕНЕРАТОР Автоколебания. Мягкое и жесткое самовозбуждение автоколебательной системы. Исследование транзисторного LC-генератора методом средней крутизны. Измерение средней крутизны.

Тема 5. ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ.

Лабораторная работа СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО-ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ Устанавливаются требования к элементам идеального ГЛИН. Однопереходный транзистор как управляемый ключ. Принудительная синхронизация ГЛИН. Области синхронизации при синхронизации сигналами различной формы. Явление самоэкранирования. Экспериментальное определение областей синхронизации при различных формах синхросигнала.

Тема 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ. 14). Лабораторная работа АНТЕННЫ. Каковы основные положения теории рупорных антенн сантиметрового диапазона? Что такое первичные и вторичные параметры? Основные технические характеристики. Экспериментальное исследование характеристики, калибровка детектора СВЧ колебаний и диаграмм направленности антенн.

### 7.1. Основная литература:

1. Бойко Б.П. Основы радиоэлектроники. Часть 2. Теоретические основы анализа радиоцепей. Учебное пособие. [Текст] / Б.П. Бойко - Казань: Казанский университет, 2006. - 108 с.: ил. 89
2. Харкевич А.А. Основы радиотехники [Текст] / А.А. Харкевич . -3-е изд. стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 512 с. 70
3. Тюрин В.А., Бойко Б.П. Резисторный широкополосный усилитель на биполярном транзисторе. Учебно-методическое пособие., КФУ, 2011. ? 46 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>  
ЭР  
КФУ
4. Тюрин В.А. Измерение частоты и интервалов времени. Учебно-методическое пособие. Казанский государственный университет. ? Казань, 2007, ? 30 с.. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

5. Бойко Б. П. , Курганов А. Р. , Нугманов И. С. , Сюняев Р. З. Цифровой спектральный анализ и оконные функции (методическая разработка к лабораторному практикуму). Казань 2012, 30 . [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

6. Бойко Б.П., Тюрин В.А. Генератор на диоде с отрицательным сопротивлением. Учебно-методическое пособие. ? Казань, 2004, ? 18 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

7. Тюрин В.А. Вольтметр универсальный В7-16: учебно-методическое пособие. Казанский государственный университет. ? Казань, 2006, ? 15 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Б.П.Бойко Электрические фильтры. Учебно-методическое пособие. Казань, КГУ, 1989.- 34 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

2. Б.П.Бойко Фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ). Учебно-методическое пособие. Казань , КГУ, 1993. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

3. Тюрин В.А., Бойко Б.П. Активные фильтры. Часть 2. Учебно-методическое пособие к лабораторной работе для студентов третьего курса физического факультета. Казань, 2004, - 24 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://radiosys.ksu.ru>

ЭР

КФУ

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru>

Популярно об электронике - <http://www.radiokot.ru>

Радиолоцман - <http://www.radiolocman.ru>

Сайт кафедры радиофизики - <http://radiosys.ksu.ru>

Сайт учебных пособий кафедры радиофизики - <http://student.istamendil.info>

ЭБС БиблиоРоссика - <http://bibliorossica.com/>

ЭБС Знаниум - <http://znanium.com/>

ЭБС ЛАНЬ - <http://e.lanbook.com/>

Электроника для всех - <http://www.easyelectronics.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Радиофизика и электроника (спецпрактикум по радиофизике)" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Источник питания APS-3205 трехканальный (2шт)

Вольтметр АК ИП-2403 в комплекте с детектором 3 ГГц и встроенным частотомером до 3,5 ГГц (2 шт)

Вольтметр АК ИП-2403 в комплекте со встроенным частотомером до 1,2 ГГц (4 шт)

Вольтметр универсальный GDM-78255A (4шт)

Генератор сигналов специальной формы АК ИП-3410/3 (4 шт)

Частотомер цифровой GFC-8010H (4 шт)

Макеты лабораторных работ, радиоизмерительное оборудование: Частотомер цифровой АСН-8321 (2шт)

Осциллограф ADS-2061M цифровой (10 шт)

Осциллограф ADS-2111M цифровой (6 шт)

Генератор сигналов специальной формы SFG-2110 (10шт)

Генератор сигналов произвольной формы с эффективной максимальной частотой (синус) 25МГц AFG 72125 (4 шт)

Генератор сигналов произвольной формы с эффективной максимальной частотой (синус) 100 МГц AFG 3101 (1 шт)

Генератор 2х канальный, сигналов произвольной формы с эффективной максимальной частотой (синус) 10 МГц WaveStation 2012 (1 шт)

Комплекс компьютерных специализированных лабораторий на базе платформы ELVIS (6 шт)

Осциллограф GDS-806 S (1 шт)

Вольтметр -8135 (2 шт)

Осциллограф ОСУ-20 (2 шт)

Генератор сигналов GFG 8215A (1 шт).

Компьютеры

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика ионосферы и распространения радиоволн, радиоастрономия .

Автор(ы):

Бойко Б.П. \_\_\_\_\_

Тюрин В.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Насыров И.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.