

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Радиофизические измерения БЗ.В.7**

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Гаврилов А.Г. , Христофоров А.В.

**Рецензент(ы):**

Лунев И.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 699617

Казань  
2017

## **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) доцент, к.н. Гаврилов А.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Alexander.Gavrilov@kpfu.ru ; Христофоров А.В.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Радиофизические измерения" являются: ознакомление с физическими основами работы измерительных приборов радиочастотного диапазона, предназначенных для измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин, а также формирования и обработки радиосигналов.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.7 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к вариативной части. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Курс предназначен для студентов 3 курса, 5 семестр

Б3.В.7 профессиональный цикл

В содержательной части излагаются сведения о физических основах работы измерительных приборов радиочастотного диапазона, предназначенных для измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин, а также формирования и обработки радиосигналов.

Входные знания обучающихся, необходимые для освоения дисциплины: основы электроники, физика волновых явлений, физика полупроводников, оптика.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	демонстрировать способность и готовность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные методы радиофизических измерений
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

физические основы работы измерительных приборов радиочастотного диапазона;

2. должен уметь:

применять полученные знания для усовершенствования существующих и разработки новых приборов и устройств радиочастотного диапазона.

3. должен владеть:

навыками работы с радиоизмерительными устройствами и приборами, разработки и настройки радиоизмерительных схем;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применить свои знания и умения в соответствующих областях науки и техники.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 5 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. Низкотемпературная сверхпроводимость.	5	1	4	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона	5	2	4	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Высокочастотные эффекты в джозефсоновских контактах (ДК)	5	3	4	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД)	5	5	4	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Магнитометр - флюксметр на основе СКВИДа	5	6	2	0	2	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Применение СКВИДов в качестве датчиков физических величин	5	7	2	0	2	Реферат
7.	Тема 7. Перспективы применения ДК в вычислительной технике	5	8	4	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Типы и характеристики упругих волн в твердых телах.	5	9	4	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие электронов с акустическими колебаниями.	5	10	2	0	2	Устный опрос
10.	Тема 10. Акустоэлектронные устройства.	5	11	2	8	10	Реферат
11.	Тема 11. Понятие отрицательной проводимости и сопротивления	5	12	2	0	2	Устный опрос
12.	Тема 12. Диоды с S-образной воль-амперной характеристикой	5	13	0	4	0	Устный опрос
13.	Тема 13. Туннельные диоды и диоды Ганна	5	14	0	4	0	Устный опрос
14.	Тема 14. Функциональные устройства на основе объемного отрицательного сопротивления	5	15	2	2	0	Реферат
15.	Тема 15. Лабораторные работы.	5	16-18	0	0	18	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	36	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Низкотемпературная сверхпроводимость.

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Открытие сверхпроводимости. Удельное сопротивление металлов, диэлектриков при понижении температуры. Низкие температуры. жидкий азот и гелий. Критическая температура. Эффект Мейснера. Токи и поля в сверхпроводниках. Идеальный диамагнетизм. Теплоемкость. Критический ток. Теория Гинзбурга-Ландау.

## **Тема 2. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Макроскопическая когерентность сверхпроводящего состояния. Туннельный эффект. Стационарный эффект Джозефсона. Квантовая интерференция. Нестационарный эффект Джозефсона. Туннелирование куперовских пар при электрическом напряжении. Нестационарный эффект Джозефсона в фундаментальных физических экспериментах.

## **Тема 3. Высокочастотные эффекты в джозефсоновских контактах (ДК)**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Контакты Джозефсона. Эффект квантования магнитного потока. Аналогия с квантованием орбит в атоме Бора. Вольт-амперная характеристика джозефсоновского перехода. Влияние магнитного поля на свойства ДК. Фундаментальное соотношение Джозефсона. Куперовские пары и статистика Бозе-Эйнштейна. Частота джозефсоновской генерации. Ступеньки Шапиро.

## **Тема 4. Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД)**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Получение джозефсоновских переходов. Сверхпроводники I и II рода. Критическое магнитное поле  $H_c$ . Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД). СКВИДы в медицине, физике и дефектоскопии. Эталон вольты.

## **Тема 5. Магнитометр - флюксметр на основе СКВИДа**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Общие сведения о магнитометрах. Измерители магнитного потока (веберметры, или флюксметры). Чувствительность, разрешающая способность - главные параметры магнитометра. Применение: в геологии, при поиске полезных ископаемых, в археологии, при археологических раскопках, в астрофизике, при исследовании орбиты планет, в навигации на море, космосе и авиации, в биологии и медицине, в сейсмологии (предсказании землетрясений).

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения Е-440 и Е14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера СРМ902-01.

## **Тема 6. Применение СКВИДов в качестве датчиков физических величин**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

СКВИД-преобразователь, в основе работы которого лежат два физических явления: стационарный эффект Джозефсона и эффект квантования магнитного потока. Напряженность магнитного поля, градиент напряженности, электрический ток и напряжение, магнитная восприимчивость и смещение. Магнитокардиограмма (МКГ), магнитомиограмма (ММГ), магнитоэнцефалограмма (МЭГ).

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения Е-440 и Е14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера СРМ902-01.

## **Тема 7. Перспективы применения ДК в вычислительной технике**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Криотрон? переключательный криогенный элемент. Конструкция, параметры, принцип действия криотрона. Сверхпроводящий ключ. Свойства криотрона: быстродействие, надежность, малые габариты. Вычислительные устройства на базе криотрона. Устройства на базе магнито-управляемых контактов со сверхпроводящей обмоткой возбуждения.

## **Тема 8. Типы и характеристики упругих волн в твердых телах.**



**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Колебания. Волны. Амплитуда, частота колебаний частиц среды, длина волны, фазовая и групповая скорости волны. Упругие волны в твердых телах. Продольные и поперечные волны. Нормальные волны. Дифракция волн. Отражение и преломление упругих волн.

**Тема 9. Взаимодействие электронов с акустическими колебаниями.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ. ПАВ с вертикальной поляризацией. ПАВ с горизонтальной поляризацией. Волны Рэлея. Волны Лэмба. ПАВ Стоунли. Волны Лява. Способы возбуждения ПАВ. Встречно-штырьевой преобразователь. Акустоэлектронное взаимодействие.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения Е-440 и Е14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера СРМ902-01.

**Тема 10. Акустоэлектронные устройства.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Устройства для согласованной фильтрации, спектроанализаторы на ПАВ. Линии задержки, фильтры, генераторы, усилители, компрессоры, конвольеры.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Линии задержки, фильтры, генераторы, усилители, компрессоры, конвольеры.

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

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения Е-440 и Е14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера СРМ902-01.

**Тема 11. Понятие отрицательной проводимости и сопротивления**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Негатроника. Обобщенная классификация негатронов. Отрицательное дифференциальное сопротивление, отрицательная проводимость. Вольт-амперная характеристика N-типа и S-типа.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения Е-440 и Е14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера СРМ902-01.

**Тема 12. Диоды с S-образной вольт-амперной характеристикой**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Приборы с S-образной вольтамперной характеристикой. Тетристор. Двухбазовый диод. Лавинные транзисторы, и лавинно-инжекционные полупроводниковые диоды. Нейристоры. Тетристоры.

**Тема 13. Туннельные диоды и диоды Ганна**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Туннельный эффект. Принцип работы туннельного диода. Вольт-амперная характеристика туннельных диодов. Статические параметры туннельных диодов. Эффект Ганна. Доменная теория. N-образная вольт-амперная характеристика диода Ганна.

**Тема 14. Функциональные устройства на основе объемного отрицательного сопротивления**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Тиристоры. Динисторы. Тринисторы. Запираемые тиристоры. Симисторы. Фототиристоры. Основные параметры тиристоров.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Тиристоры. Динисторы. Тринисторы. Запираемые тиристоры. Симисторы. Фототиристоры. Основные параметры тиристоров.

**Тема 15. Лабораторные работы.****лабораторная работа (18 часа(ов)):**

Интерфейсные модули серии ADAM-4000. Продукция фирмы L-Card: модули общего назначения E-440 и E14-440. Учебно-лабораторный комплекс по применению АСК на базе программируемого логического контроллера CPM902-01.

**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. Низкотемпературная сверхпроводимость.	5	1	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
2.	Тема 2. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона	5	2	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
3.	Тема 3. Высокочастотные эффекты в джозефсоновских контактах (ДК)	5	3	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
4.	Тема 4. Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД)	5	5	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. Магнитометр - флюксметр на основе СКВИДа	5	6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
6.	Тема 6. Применение СКВИДов в качестве датчиков физических величин	5	7	подготовка к реферату	8	реферат
7.	Тема 7. Перспективы применения ДК в вычислительной технике	5	8	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
8.	Тема 8. Типы и характеристики упругих волн в твердых телах.	5	9	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие электронов с акустическими колебаниями.	5	10	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
10.	Тема 10. Акустоэлектронные устройства.	5	11	подготовка к реферату	6	реферат



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Понятие отрицательной проводимости и сопротивления	5	12	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
12.	Тема 12. Диоды с S-образной вольт-амперной характеристикой	5	13	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
13.	Тема 13. Туннельные диоды и диоды Ганна	5	14	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Функциональные устройства на основе объемного отрицательного сопротивления	5	15	подготовка к реферату	4	реферат
	Итого				90	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Проведение блиц опросов, обсуждение теоретических вопросов.

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

### Тема 1. Низкотемпературная сверхпроводимость.

устный опрос , примерные вопросы:

Открытие сверхпроводимости. Удельное сопротивление металлов, диэлектриков при понижении температуры. Низкие температуры. жидкий азот и гелий. Критическая температура. Эффект Мейснера. Токи и поля в сверхпроводниках. Идеальный диамагнетизм. Теплоемкость. Критический ток. Теория Гинзбурга-Ландау.

### Тема 2. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона

устный опрос , примерные вопросы:

Макроскопическая когерентность сверхпроводящего состояния. Туннельный эффект. Стационарный эффект Джозефсона. Квантовая интерференция. Нестационарный эффект Джозефсона. Туннелирование куперовских пар при электрическом напряжении. Нестационарный эффект Джозефсона в фундаментальных физических экспериментах.

### Тема 3. Высокочастотные эффекты в джозефсоновских контактах (ДК)

устный опрос , примерные вопросы:

Контакты Джозефсона. Эффект квантования магнитного потока. Аналогия с квантованием орбит в атоме Бора. Вольт-амперная характеристика джозефсоновского перехода. Влияние магнитного поля на свойства ДК. Фундаментальное соотношение Джозефсона. Куперовские пары и статистика Бозе-Эйнштейна. Частота джозефсоновской генерации. Ступеньки Шапиро.

### Тема 4. Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД)

устный опрос , примерные вопросы:

Получение джозефсоновских переходов. Сверхпроводники I и II рода. Критическое магнитное поле  $H_c$ . Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД). СКВИДы в медицине, физике и дефектоскопии. Эталон вольты.

### Тема 5. Магнитометр - флюксметр на основе СКВИДа

устный опрос , примерные вопросы:

Общие сведения о магнитометрах. Измерители магнитного потока (веберметры, или флюксметры). Чувствительность, разрешающая способность- главные параметры магнитометра. Применение : в геологии, при поиске полезных ископаемых, в археологии, при археологических раскопках, в астрофизике, при исследовании орбиты планет, в навигации на море, космосе и авиации, в биологии и медицине, в сейсмологии (предсказании землетрясений).

#### **Тема 6. Применение СКВИДов в качестве датчиков физических величин**

реферат , примерные темы:

СКВИД-преобразователь, в основе работы которого лежат два физических явления: стационарный эффект Джозефсона и эффект квантования магнитного потока. Напряженность магнитного поля, градиент напряженности, электрический ток и напряжение, магнитная восприимчивость и смещение. Магнитокардиограмма (МКГ), магнитомиограмма (ММГ), магнитоэнцефалограмма (МЭГ).

#### **Тема 7. Перспективы применения ДК в вычислительной технике**

устный опрос , примерные вопросы:

Криотрон ? переключательный криогенный элемент. Конструкция, параметры, принцип действия криотрона. Сверхпроводящий ключ. Свойства криотрона: быстродействие, надёжность, малые габариты. Вычислительные устройства на базе криотрона. Устройства на базе магнито-управляемых контактов со сверхпроводящей обмоткой возбуждения.

#### **Тема 8. Типы и характеристики упругих волн в твердых телах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Колебания. Волны. Амплитуда, частота колебаний частиц среды, длина волны, фазовая и групповая скорости волны. . Упругие волны в твёрдых телах. Продольные и поперечные волны. Нормальные волны. Дифракция волн. Отражение и преломление упругих волн.

#### **Тема 9. Взаимодействие электронов с акустическими колебаниями.**

устный опрос , примерные вопросы:

ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ. ПАВ с вертикальной поляризацией. ПАВ с горизонтальной поляризацией. Волны Рэлея. Волны Лэмба. ПАВ Стоунли. Волны Лява. Способы возбуждения ПАВ. Встречно-штырьевой преобразователь. Акустоэлектронное взаимодействие.

#### **Тема 10. Акустоэлектронные устройства.**

реферат , примерные темы:

Устройства для согласованной фильтрации, спектроанализаторы на ПАВ. Линии задержки, фильтры, генераторы, усилители, компрессоры, конвольеры.

#### **Тема 11. Понятие отрицательной проводимости и сопротивления**

устный опрос , примерные вопросы:

Негатроника. Обобщенная классификация негатронов. Отрицательное дифференциальное сопротивление, отрицательная проводимость. Вольт-амперная характеристика N-типа и S-типа.

#### **Тема 12. Диоды с S- образной вольт-амперной характеристикой**

устный опрос , примерные вопросы:

Приборы с S- образной вольтамперной характеристикой. Тетристор. Двухбазовый диод. Лавинные транзисторы, и лавинно-инжекционные полупроводниковые диоды. Нейристоры. Тетристоры.

#### **Тема 13. Туннельные диоды и диоды Ганна**

устный опрос , примерные вопросы:

Туннельный эффект. Принцип работы туннельного диода. Вольт?амперная характеристика туннельных диодов. Статические параметры туннельных диодов. Эффект Ганна. Доменная теория. N-образная вольт-амперная характеристика диода Ганна.

#### **Тема 14. Функциональные устройства на основе объемного отрицательного сопротивления**

реферат , примерные темы:

Тиристоры. Динисторы. Тринисторы. Запираемые тиристоры. Симисторы. Фототиристоры. Основные параметры тириستоров.

**Тема 15. Лабораторные работы.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольные вопросы

1. Причина возникновения сверхпроводимости?
2. Основные свойства низкотемпературных сверхпроводников.
3. Вольт-амперная характеристика джозефсоновского контакта (ДК).
4. Чем определяется критический ток ДК и от чего он зависит?
5. Как влияет высокочастотное облучение на критический ток ДК?
6. Пояснить устройство и принцип работы эталона вольты на ДК.
7. Привести примеры использования ДК в радиотехнических устройствах.
8. Влияние магнитного поля на свойства ДК.
9. Сверхпроводящий квантовый интерферометр (СКВИД) постоянного тока.
10. Высокочастотный СКВИД.
11. Использование СКВИДов для измерения слабых магнитных полей.
12. Привести примеры использования ДК для измерения электрических и магнитных величин.
13. Типы упругих волн в твердых телах и их характеристики.
14. Распространение поверхностных акустических волн (ПАВ) в тв. телах.
15. Способы возбуждения и детектирования ПАВ.
16. Как формируются линии задержки на ПАВ?
17. Фильтры электрических сигналов на ПАВ.
18. Объяснить принцип работы спектроанализатора и конвольера на ПАВ.
19. В чём состоит сущность акустоэлектронного эффекта?
20. Акустоэлектронный усилитель на ПАВ.
21. Раскрыть смысл понятия отрицательной проводимости и сопротивления .
22. Приборы с S - образной вольт-амперной характеристикой.
23. Принцип работы туннельные диоды и диоды Ганна.
24. Область применения приборов.
25. Устройства на основе объемного отрицательного сопротивления

### 7.1. Основная литература:

1. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. ?М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с.  
[Электронный ресурс]:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2244](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2244)
2. Вильф Ф.Ж. Опусы теоретической физики : (сверхпроводимость) / Фернандо Вильф .- Москва : Фаэтон, 2006.-336с.
3. Антонов Ю.Ф., Данилевич Я.Б. Сверхпроводниковые топологические электрические машины. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.-368 с.  
[Электронный ресурс]:[http://e.lanbook.com/books/?p\\_f\\_1\\_65=918&p\\_f\\_1\\_67=925](http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_65=918&p_f_1_67=925)
- 4.Христофоров А.В., Абросимова И.С. Интерференция температурных волн. Учебно-методическое пособие. Казань: КФУ. - 2012. [Электронный ресурс]: [http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw\\_lab\\_Hristoforov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw_lab_Hristoforov.pdf)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Христофоров А.В., Абросимова И.С. Интерференция температурных волн. Учебно-методическое пособие. Казань: КФУ. - 2012. -- Режим доступа: [http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw\\_lab\\_Hristoforov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw_lab_Hristoforov.pdf)
2. Христофоров А.В., Лунев И.В. Волоконно-оптическая система передачи данных. Учебно-методическое пособие. Казань: КФУ. - 2012 -- Режим доступа: [http://www.kpfu.ru/docs/F15826707/vols\\_lab\\_Hristoforov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F15826707/vols_lab_Hristoforov.pdf)

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Гаврилов А.Г., Овчинников М.Н., Одиванов В.Л. Радиоэлектронные системы контроля параметров флюидонасыщенных пластов Учебно-методическое пособие. - Казань, КФУ. - 2010 г. - 92 стр. - [http://www.kpfu.ru/docs/F2064991677/gavrilov\\_MNO\\_odivanov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F2064991677/gavrilov_MNO_odivanov.pdf)
- Насыров А.М., Христофоров А.В. Волновые процессы. Часть 7. Распространение упругих волн. Учебно-методическое пособие. - Казань, КГУ. - 1998 г. - 55 стр. - <http://www.kpfu.ru/docs/F1721676252/wp7.pdf>
- Овчинников М.Н., Куштанова Г.Г., Гаврилов А.Г. Средства контроля гидродинамических потоков в скважинных условиях и расчеты фильтрационных параметров пластов. Учебное пособие. Казань: КФУ. - 2012. - [http://www.kpfu.ru/docs/F1805167370/sredstva\\_kontrolya\\_gd\\_potokov\\_32.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F1805167370/sredstva_kontrolya_gd_potokov_32.pdf)
- Христофоров А.В., Абросимова И.С. Интерференция температурных волн. Учебно-методическое пособие. Казань: КФУ. - 2012. - [http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw\\_lab\\_Hristoforov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F1362807166/tw_lab_Hristoforov.pdf)
- Христофоров А.В., Лунев И.В. Волоконно-оптическая система передачи данных. Учебно-методическое пособие. Казань: КФУ. - 2012 - [http://www.kpfu.ru/docs/F15826707/vols\\_lab\\_Hristoforov.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F15826707/vols_lab_Hristoforov.pdf)

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

Освоение дисциплины "Радиофизические измерения" 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 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.

В поддержку дисциплины на каф. функционирует лабораторный практикум "Измерения на р/ч диапазоне". Назначение практических работ тесно связано с содержанием лекционного курса (приборы оптической и акустической электроники).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения) .

Автор(ы):

Христофоров А.В. \_\_\_\_\_

Гаврилов А.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Лунев И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.