

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович  
Должность: Директор  
Дата подписания: 31.10.2023 10:06:02  
Уникальный программный ключ:  
fceb25d7092f3bff743e8ad3f8d57fddc1f5e66

**ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»**  
**БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ**

Утверждено:

на заседании кафедры высшей математики и  
физики  
протокол № 4 от 23.11.2022 г.  
Зав. кафедрой подписано ЭЦП / Чудинов В.В.

Согласовано:

Председатель УМК  
факультета физики и математики  
подписано ЭЦП / Бигаева Л.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**для очной формы обучения**

Электрорадиотехника

*Часть, формируемая участниками образовательных отношений*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) подготовки

Математика, Физика

Квалификация

Бакалавр

Разработчик (составитель) <u>Старший преподаватель</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u>подписано ЭЦП / Красильников В.А.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

Для приема: 2022 г.

Бирск 2022 г.

Составитель / составители: Красильников В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры высшей математики и физики  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций.....	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы.....	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине .....	17
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.....	17
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.....	22
4.3. Рейтинг-план дисциплины .....	36
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	37
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	37
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.....	37
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	37

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	Способен использовать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по предмету для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования (ПК-1);	ПК-1.1. Знать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знает содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области
		ПК-1.2. Уметь анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Умеет анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в области электрорадиотехники
		ПК-1.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования	Владеет опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования
	Способен использовать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по предмету для проектирования и реализации образовательного	ПК-2.1. Знать предметную область профильных дисциплин	Знать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного

	процесса по дополнительным общеобразовательным программам (ПК-2);		процесса по дополнительным общеобразовательным программам
		ПК-2.2. Уметь анализировать предметную область профильных дисциплин	Уметь анализировать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам
		ПК-2.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электрорадиотехника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 4,5 курсе в 8,9,10 семестре.

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов знаний, умений и навыков по разделу электроники и радиотехники – электрические цепи и сигналы в них, получение знаний о свойствах линейных и нелинейных электрических цепей, методах их расчета; полупроводниковых приборах и схемах, принципах построения различных устройств усиления, генерирования и преобразования сигналов в них, выработка способности использовать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам и осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач по электрорадиотехнике

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ  
ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Электрорадиотехника» на 8,9,10 семестр

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	7/252
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	130.1
лекций	70
практических/ семинарских	0
лабораторных	58
контроль самостоятельной работы (КСР)	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) ФКР	2.1
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	87.1
Учебных часов на подготовку к экзамену, дифзачету (Контроль)	34.8

Форма контроля:

Дифзачет 8,9 семестр

Экзамен 10 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)						Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Лек	Лаб	ДЗ	Эк	Ко Р	СР С			
4 курс / 8 семестр										
1	Электротехника									
1.1	<p>Электротехника как наука.</p> <p>Предмет электротехники. Электротехника как наука. Исторические сведения. Структурная схема генерации, передачи, распределения и использования электрической энергии. Прикладная универсальность тока гармонической формы в электротехнике. Определения. Законы Ома и Кирхгофа.</p>	2	2				6	Осн. лит-ра № 1 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
1.2	<p>Элементы электротехнических цепей</p> <p>Условные обозначения элементов на схемах. Идеальные элементы R, L, C. Источник тока. Источник напряжения. Схемы замещения. Мгновенные и средние значения мощности, активная и реактивная мощность в электрической цепи с R (сопротивлением), с L</p>	4	4				8	Осн. лит-ра № 1 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос



	(индуктивностью), с С (емкостью).									
1.3	Соединения в электротехнических цепях  Электрические цепи в электротехнике. Параллельное и последовательное соединения. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Условие резонансов.	2	2				6	Осн. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Групповой опрос, Тестирование
1.4	Многофазные цепи  Принцип построения многофазных цепей. Соединение обмоток генератора звездой и треугольником. Включение нагрузки звездой и треугольником. Мощность в трехфазной цепи. Коэффициент мощности. Условие передачи максимальной мощности от источника энергии к потребителю.	2	2				6	Осн. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Тестирование, Лабораторная работа
2	Измерительные приборы									
2.1	Средства измерений. Аналоговые электромеханические измерительные приборы.  Классификация средств измерений: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, комплексные измерительные системы. Классификация электрических измерительных приборов: аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие. Аналоговые электромеханические измерительные приборы, их основные элементы	4	2				8	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос

	(измерительная цепь, измерительный механизм, отсчетное устройство), классификация (по точности, системе, роду измеряемой величины), условные обозначения на шкалах.									
2.2	Аналоговые электромеханические измерительные приборы  Устройство и принцип действия приборов различных систем (электромагнитных, электродинамических, индукционных, термоэлектрических и детекторных). Логометры. Омметры и мегаомметры.	2	2			7.8	Осн. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Групповой опрос, Тестирование	
2.3	Дифференцированный зачет			1		0.2				
Итого по 4 курсу 8 семестру		16	14	1		42				
5 курс / 9 семестр										
1	Раздел 1. Исторические сведения. Электрические цепи. Импульсные сигналы и их параметры. Резонанс токов и напряжений. Полупроводниковые приборы. Диод. Стабистор. Полевые (р-п переходом и изолированным затвором) и биполярные транзисторы.									
1.1	Исторические сведения о развитии электроники. Элементы электрических цепей. Электрическая цепь. Импульсные сигналы и их параметры.	4	4			4	Осн. лит-ра № 1 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Тестирование, Лабораторная работа	

	Исторические сведения о развитии электроники. Элементы электрических цепей: резистор, катушка индуктивности, конденсатор, трансформатор, источник напряжения, источник тока. Схемы замещения. Импульсные сигналы и их параметры.								
1.2	<p>Последовательный и параллельный колебательные контуры. Резонанс токов и напряжений.</p> <p>Последовательный и параллельный колебательные контуры. Резонанс токов и напряжений. Влияние внутреннего сопротивления источника и сопротивления нагрузки на резонансные свойства колебательных контуров. Переходные процессы в цепях с резистором, конденсатором и катушкой индуктивности. Простейшие четырехполюсники и их АЧХ и ФЧХ. Коэффициент передачи. Полоса пропускания. Граничные частоты.</p>	2	2			2	Осн. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
1.3	<p>Полупроводниковые приборы. Диод. Стабистор. Стабилитрон. Варикап.</p> <p>p-n переход. Диоды (выпрямительные, высокочастотные, магнито, фото, светодиоды). Стабистор. Стабилитрон. Варикап. Причины вытеснения дискретных полупроводниковых приборов интегральными микросхемами.</p>	4	4			4	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Лабораторная работа, Тестирование

1.4	<p>Полевые (р-п переходом и изолированным затвором) и биполярные транзисторы.</p> <p>Полевые (р-п переходом и изолированным затвором) и биполярные транзисторы. Принцип работы, статические ВАХ, параметры, простейшие эквивалентные схемы. Режим работы (активный, отсечки, насыщения).</p>	4	2			4	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Лабораторная работа, Тестирование
2	<p>Раздел 2. Электронные усилители. Классификация. Линейные параметры и характеристики. Обратная связь в усилителях. Структурная схема усилителя с обратной связью. Автогенераторы. Методы стабилизации частот</p>								
2.1	<p>Электронные усилители. Классификация. Линейные параметры и характеристики.</p> <p>Электронные усилители. Аперидический и резонансный усилители. Активные цепи. Обобщенная схема усилительного каскада и его представление в виде четырехполюсника. Роль источника энергии и управляемого элемента. Требования к идеальному управляемому элементу. Режимы работы активных элементов (классы А, В, С).</p>	4	4			4	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Лабораторная работа, Тестирование

	Классификация. Линейные параметры и характеристики: коэффициент усиления, полоса пропускания, коэффициент частотных искажений, АЧХ. Параметры и характеристики, обусловленные нелинейностью электронных приборов: динамический диапазон, коэффициент нелинейных искажений, амплитудная характеристика.								
2.2	Обратная связь в усилителях. Структурная схема усилителя с обратной связью.  Обратная связь в усилителях. Структурная схема усилителя с обратной связью. Коэффициент усиления. Положительная и отрицательная обратная связь. Влияние обратной связи на характеристики усилителя. Повторители напряжения.	4	2			4	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Групповой опрос, Лабораторная работа, Тестирование
2.3	Автогенераторы. Методы стабилизации частоты автогенераторов.  Автогенераторы. Автогенератор как усилитель с положительной обратной связью. Условия самовозбуждения баланс фаз и амплитуд. Амплитуда установившихся колебаний. Спектральный состав и форма установившихся колебаний в узкополосных и широкополосных автогенераторах. Принципиальные схемы узкополосных с колебательным контуром и RC цепями) и	2	2			5.3	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Групповой опрос, Тестирование

	широкополосных (блокинг-генератор, мультивибратор) автогенераторов. Методы стабилизации частоты автогенераторов.								
3	Контрольная работа				1	0.5			
4	Дифференцированный зачет			1		0.2			
Итого по 5 курсу 9 семестру		24	20	1	1	28			
5 курс / 10 семестр									
1	Раздел 3. Преобразование спектров сигналов. Модулированные колебания, их временные и спектральные диаграммы. Детектирование модулированных сигналов.								
1.1	Преобразование спектров сигналов. Преобразователи спектров сигналов. Умножители частоты. Модуляторы. Демодуляторы (детекторы).	4	2			2	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
1.2	Модулированные колебания, их временные и спектральные диаграммы.  Амплитудно-модулированные колебания, их временные и спектральные диаграммы. Импульсная модуляция. Фазо-модулированные колебания, их временные и	4	4			4	Осн. лит-ра № 2	Конспект	Групповой опрос, Тестирование, Лабораторная работа

	спектральные диаграммы.								
1.3	<p>Детектирование модулированных сигналов.</p> <p>Детектирование амплитудно-модулированных сигналов.</p> <p>Детектирование фазо-модулированных сигналов.</p>	4	2			2	Осн. лит-ра № 2	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
2	Раздел 4. Радиоприёмные устройства. Антенны. Современные системы радиосвязи. Телевидение. Принципы цифрового радиовещания								
2.1	<p>Радиоприёмные устройства. Антенны.</p> <p>Радиоприёмные устройства. Ручные и автоматические регулировки в приемниках. Основные характеристики радиоприемников. Прием частотно-модулированных сигналов. Диапазоны радиоволн. Антенны.</p>	6	4			4	Осн. лит-ра № 2	Конспект	Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
2.2	<p>Современные системы радиосвязи</p> <p>Современные системы радиосвязи (сотовая связь, спутниковая связь, электронная почта и др.). Любительская радиосвязь.</p>	4	4			2	Осн. лит-ра № 2	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос
2.3	<p>Телевидение.</p> <p>Телевидение. Физические основы ТВ. Временные и спектральные характеристики телевизионного сигнала.</p>	4	4			2	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос

	Устройство и принцип действия передающей электронной трубки. Устройство и принцип действия черно-белого и цветного кинескопов.									
2.4	Принципы цифрового радиовещания.  Принципы цифрового радиовещания. Модуляция. Кодировка. Современные системы цифрового ТВ. Стандарты DVB. Спутниковое ТВ. Преимущества и недостатки цифрового ТВ. Телевидение высокой четкости. HD, UHD. 4K.	4	4			2	Осн. лит-ра №№ 1,2	Конспект	Групповой опрос, Лабораторная работа, Тестирование	
3	Экзамен				1	36				
Итого по 5 курсу 10 семестру		30	24		1	54				
Итого по дисциплине		70	58	2	1	1	124			



#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции: Способен использовать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по предмету для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования (ПК-1);

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (Дифзачет)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
ПК-1.1. Знать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знает содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знания не сформированы	Знания недостаточно сформированы, несистемны	Знания сформированы, но имеют отдельные пробелы и неточности	Знания полностью сформированы
ПК-1.2. Уметь анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Умеет анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в области электрорадиотехники	Умения не сформированы	Умения не полностью сформированы	Умения в основном сформированы	Умения полностью сформированы
ПК-1.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для	Владеет опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в электрорадиотехнике для проектирования	Владение навыками не сформировано	Владение навыками неуверенное	Владение навыками в основном сформировано	Владение навыками уверенное

проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования	я и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования				
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (Экзамен)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
ПК-1.1. Знать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знает содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знания не сформированы	Знания недостаточно сформированы, несистемны	Знания сформированы, но имеют отдельные пробелы и неточности	Знания полностью сформированы
ПК-1.2. Уметь анализировать содержание, закономерности и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Умеет анализировать содержание, закономерности и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в области электрорадиотехники	Умения не сформированы	Умения не полностью сформированы	Умения в основном сформированы	Умения полностью сформированы
ПК-1.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в	Владеет опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в электрорадиоте	Владение навыками не сформировано	Владение навыками неуверенное	Владение навыками в основном сформировано	Владение навыками уверенное

предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования	хнике для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования				
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Код и формулировка компетенции: Способен использовать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по предмету для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам (ПК-2);

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (Дифзачет)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
ПК-2.1. Знать предметную область профильных дисциплин	Знать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Знания не сформированы	Знания недостаточно сформированы, несистемны	Знания сформированы, но имеют отдельные пробелы и неточности	Знания полностью сформированы
ПК-2.2. Уметь анализировать предметную область профильных дисциплин	Уметь анализировать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования	Умения не сформированы	Умения не полностью сформированы	Умения в основном сформированы	Умения полностью сформированы

	я и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам				
ПК-2.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Неудовлетворительно владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Удовлетворительно владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Хорошо владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Отлично владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (Экзамен)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
ПК-2.1. Знать предметную область профильных дисциплин	Знать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным	Знания не сформированы	Знания недостаточно сформированы, несистемны	Знания сформированы, но имеют отдельные пробелы и неточности	Знания полностью сформированы

	общеобразовательным программам				
ПК-2.2. Уметь анализировать предметную область профильных дисциплин	Уметь анализировать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Умения не сформированы	Умения не полностью сформированы	Умения в основном сформированы	Умения полностью сформированы
ПК-2.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Неудовлетворительно владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Удовлетворительно владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Хорошо владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Отлично владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины. Баллы, выставляемые за конкретные виды деятельности представлены ниже.

#### 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания

**результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1.1. Знать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Знает содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос
ПК-1.2. Уметь анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области	Умеет анализировать содержание, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в области электрорадиотехники	Тестирование, Групповой опрос, Лабораторная работа
ПК-1.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования	Владеет опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса в образовательных организациях общего образования	Лабораторная работа
ПК-2.1. Знать предметную область профильных дисциплин	Знать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Тестирование, Лабораторная работа, Лабораторная работа, Групповой опрос, Групповой опрос, Контрольная работа, Тестирование, Конспект
ПК-2.2. Уметь анализировать предметную область профильных дисциплин	Уметь анализировать базовые научно-теоретические знания, практические умения и навыки по электрорадиотехнике для проектирования и реализации образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	Контрольная работа, Групповой опрос, Конспект, Лабораторная работа, Тестирование, Тестирование, Лабораторная работа, Групповой опрос
ПК-2.3. Владеть опытом и навыками использования знаний и умений и навыков в предметной области для проектирования и реализации	Владение навыками базовых научно-теоретических знаний, практических умений по электрорадиотехнике для проектирования и реализации	Лабораторная работа, Контрольная работа, Лабораторная работа

образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	образовательного процесса по дополнительным общеобразовательным программам	
----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	--

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины

для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10;

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

### Тестовые задания

Описание тестовых заданий: тестовые задания включают тесты закрытого типа (с одним правильным ответом), тесты на установлении последовательности и на установление соответствия. Оценка за выполнение тестовых заданий выставляется на основании процента заданий, выполненных студентами в процессе прохождения промежуточного и рубежного контроля знаний

- донорных примесей в полупроводник позволяет:

- один из 5 вариантов ответа:

1. Повысить количество свободных дырок;
2. Понизить количество свободных дырок;
3. Повысить количество свободных электронов;
4. Понизить количество свободных электронов;
5. Добавление донорных примесей не влияет на образование носителей заряда;

- примеси в полупроводник

- один из 5 вариантов ответа:

1. Увеличивает его проводимость;
2. Уменьшает его проводимость;
3. Увеличивает его сопротивление;
4. Почти не изменяет его проводимость;

- 5) Не изменяет его проводимость;

- донорных примесей в полупроводник позволяет:

- один из 5 вариантов ответа:

1. Повысить количество свободных дырок;
2. Понизить количество свободных дырок;
3. Повысить количество свободных электронов;
4. Понизить количество свободных электронов;
5. Добавление донорных примесей не влияет на образование носителей заряда;

- примеси в полупроводник

- один из 5 вариантов ответа:

1. Увеличивает его проводимость;
2. Уменьшает его проводимость;
3. Увеличивает его сопротивление;
4. Почти не изменяет его проводимость;

5. Не изменяет его проводимость;

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения тестовых заданий

Описание методики оценивания выполнения тестовых заданий: оценка за выполнение тестовых заданий ставится на основании подсчета процента правильно выполненных тестовых заданий.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **9-10** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 81 – 100 %;

- **7-8** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 61 – 80 %;

- **4-6** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 41 – 60 %;

- **до 4** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 40 %;

### Контрольная работа

Состоит из тестовой части и задач.

Разделена на варианты.

Вариант 1

**Указания:** Все задания имеют 4 варианта ответов, из которых правильный только один.

1. Что такое полупроводник?

1) Это вещество, плохо проводящее электрический ток.	2) Это вещество, хорошо проводящее электрический ток.	3) Это вещество, проводящее электрически ток лучше диэлектрика, но хуже проводника; с повышением температуры проводимость увеличивается.	4) Это вещество, проводящее электрический ток только в одном направлении.
------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

2. Собственная проводимость полупроводника в большей степени зависит от:

1) Температуры	2) Давления	3) Освещенности	4) Магнитного поля
----------------	-------------	-----------------	--------------------

3. Основными носителями заряда в полупроводнике p-типа являются:

1) Электроны	2) Дырки	3) Позитроны	4) Атомы
--------------	----------	--------------	----------

4. При отсутствии внешнего поля в p-n переходе ток:

1) Не течет	2) Течет	3) Ток дырок равен току электронов	4) Ток дырок неравен току электронов
-------------	----------	------------------------------------	--------------------------------------

5. Запирающий слой в несимметричном p-n переходе смещается в сторону:

1) С большей	2) С меньшей	3) Пропадает	4) Остается
--------------	--------------	--------------	-------------



концентрацией примеси	концентрацией примеси		симметричным
-----------------------	-----------------------	--	--------------

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания контрольной работы

Описание методики оценивания: при оценке выполнения студентом контрольной работы максимальное внимание следует уделять следующим аспектам: насколько полно в теоретическом вопросе раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий; верно использованы научные термины; демонстрируются высокий уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владение навыками практической деятельности; кейс-задание решено на высоком уровне, содержит аргументацию и пояснения.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **9-10** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе полно раскрыто содержание материала; четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий; верно использованы научные термины; демонстрируются высокий уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владение навыками практической деятельности; кейс-задание решено на высоком уровне, содержит пояснения; тестовые задания решены свыше, чем на 80%; уровень знаний, умений, владений – высокий;
- **7-8** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе раскрыто основное содержание материала; в основном правильно даны определения понятий и использованы научные термины; ответ самостоятельный; определения понятий неполные, допущены незначительные нарушения в последовательности изложения; небольшие недостатки при использовании научных терминов; кейс-задание решено верно, но решение не доведено до завершающего этапа; тесты решены на 60-80%. Уровень знаний, умений, владений – средний;
- **5-6** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе усвоено основное, но непоследовательно; определения понятий недостаточно четкие; не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений, практических занятий; уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владения навыками практической деятельности невысокий, наблюдаются пробелы и неточности; в решение кейс-задания верно выполнены некоторые этапы; тесты решены на 40-60%; уровень знаний, умений, владений – удовлетворительный;
- **менее 5** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе не изложено основное содержание учебного материала, изложение фрагментарное, не последовательное; определения понятий не четкие; не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений, уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владения навыками практической деятельности очень низкий; тесты решены менее, чем на 40 %; уровень знаний, умений, владений – недостаточный.

**Конспект**

Примеры тем конспектов

1. 4-х полюсники. Характеристики.
2. Активные цепи.
3. Амплитудная модуляция. Импульсная модуляция.
4. Амплитудный детектор. Частотный детектор.
5. Амплитудный модулятор. Частотный модулятор.
6. Аперриодический и резонансный усилители.
7. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.
8. Беспереходные полупроводниковые приборы. Термистор. Фоторезистор.
9. Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия.емкостью).
10. Выбор режима рабочей точки каскада на биполярном транзисторе.
11. Генераторы колебаний.

## 12. Идеальные элементы R, L, C. Схемы замещения.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания конспекта

Критерии оценки:

- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);
- логическое построение и связность текста;
- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);
- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);
- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).

1- выставляется, если текст конспекта оформлен аккуратно, выбрано главное и второстепенное, выделены ключевые слова и понятия, конспект написан лаконично с применением системы условных сокращений.

### Групповой опрос

Примеры вопросов:

- Какие характеристики усилителей?
- Обратная связь в усилителях.
- Где применяют транзисторные ключи?
- Какие бывают генераторы колебаний?
- Различие и сходство частотной и фазовой модуляции
- Где применяется импульсная модуляция?

Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.

Примеры вопросов:

- Какие характеристики усилителей?
- Обратная связь в усилителях.
- Где применяют транзисторные ключи?
- Какие бывают генераторы колебаний?
- Различие и сходство частотной и фазовой модуляции
- Где применяется импульсная модуляция?

Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания группового опроса

В процессе проведения занятия задаются вопросы по темам, как текущего занятия, так и по предыдущим.

Студент, правильно отвечающий на вопрос, получает дополнительный балл.

Студент, неправильно ответивший на вопрос, не получает дополнительный балл.

### Лабораторная работа

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – снятие и анализ вольт-амперных характеристик германиевого и кремниевого диодов; определение их параметров по характеристикам.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Понятие “диод” объединяет широкий круг приборов различного назначения с разными принципами действия. В начале XX в. появился электровакуумный диод – электронная лампа с двумя электродами: подогреваемым катодом и холодным анодом (рис 1.).

Такой диод пропускает ток только в одном направлении, так как носителями тока в вакууме являются испускаемые раскаленным катодом электроны. Вакуумный диод в настоящее время повсеместно вытеснен полупроводниковыми диодами и применяются лишь в высоковольтных

выпрямителях (рентгеновские установки, источники напряжения для телевизионных трубок) и при некоторых физических измерениях, требующих полного отсутствия обратного тока.

Полупроводниковый диод содержит один р-п переход и имеет два вывода от р и п-областей.

Электронно-дырочный, или р-п переход – это область полупроводников, в которой имеет место пространственное изменение типа проводимости от электронной (п) к дырочной (р). В п-области основными подвижными носителями электрического заряда являются электроны, в р-области – дырки. Находящиеся вблизи р-п - перехода подвижные носители заряда диффундируют в область с проводимостью, обусловленной носителями противоположного знака, и взаимно рекомбинируют. В результате у р-п- перехода образуется обедненный свободными носителями двойной слой пространственного заряда (рис. 2.).

В р-области этот слой создаётся оставшимися после рекомбинации свободных носителей связанными с кристаллической решеткой отрицательными ионами акцепторной примеси, в п-области – положительными ионами донорной, и его электрическое поле противодействует дальнейшей диффузии. Разность потенциалов между р- и п- областями, или потенциальный барьер, составляет десятые доли вольта.

В полупроводниках постоянно образуются и рекомбинируют тепловые электронно – дырочные пары, создавая некоторое количество неосновных носителей ( электронов в р-области и дырок в п-области). Находящиеся вблизи р – п –перехода неосновные носители, прежде чем успеют рекомбинировать с основными, могут попасть в поле потенциального барьера и служить причиной дрейфового тока. При отсутствии внешних воздействий этот ток постепенно компенсируется диффузионным током основных носителей; устанавливается динамическое равновесие.

Если к р-области приложить отрицательный относительно п-области потенциал (обратное смещение), то его поле будет направлено по полю потенциального барьера. С увеличением напряжения обратного смещения диффузный ток, основных носителей убывает и далее совсем прекращается, а дрейфовый ток неосновных носителей (обратный ток) возрастает, быстро достигая насыщения (рис 3.).

Обратный ток ограничивается интенсивностью образования электронно – дырочных пар, поэтому он сильно зависит от температуры перехода.

Если к р-области приложить положительный относительно п-области потенциал (прямое смещение), то его поле будет направлено против поля потенциального барьера. С увеличением напряжения прямого смещения потенциальный барьер снижается и далее исчезает, а диффузия подвижных носителей заряда через р-п-переход возрастает. Пересекающие переход носители становятся неосновными и рекомбинируют с основными носителями области, в которую они диффундировали. Пополнение рекомбинировавших основных носителей обеспечивается притоком их из внешней цепи - через р-п-переход протекает прямой ток. Этот ток называют диффузионным, так как он поддерживается за счет диффузии подвижных носителей заряда через р-п-переход.

На основе р-п-переходов изготавливают выпрямительные и импульсные диоды, стабилитроны, диоды СВЧ, фотодиоды, светоизлучающие диоды, полупроводниковые квантовые генераторы. Наиболее распространены и обширны две группы диодов - выпрямительные и импульсные, называемые в некоторых справочниках универсальными.

Выпрямительные диоды, в которых используется основное свойство р-п-перехода - его односторонняя электропроводимость, применяют главным образом для выпрямления переменного тока в диапазоне частот от 50 Гц до 100 кГц (низкая частота выпрямляемого напряжения обусловлена большим временем жизни инжектированных дырок  $10^{-5} - 10^{-4}$  с). Такие диоды выпускают на токи до 500 А. Допустимые обратные напряжения лежат в диапазоне от 2.0 В до 2 кВ.

Импульсные диоды применяют в импульсных режимах работы. Технологические приемы, такие, например, как легирование германия и кремния золотом, позволили создать быстродействующие импульсные диоды, имеющие время переключения до  $10^{-10}$  с.

При изменении величины обратного смещения (потенциального барьера) емкость между р- и п-областями (барьерная емкость) изменяется.

Это явление используется в диодах, называемых варикапами, в которых постоянная составляющая приложенного напряжения меняет условие прохождения переменной составляющей небольшой амплитуды. Приборы, в которых используется зависимость емкости от мгновенных значений приложенного напряжения, называются варакторами.

Работа полупроводникового диода в электрической схеме определяется его вольт-амперной характеристикой (ВАХ) (рис. 3.).

Прямую ветвь ВАХ снимают, включив испытуемый диод в схему, показанную на рис.4.а. Прямой ток через диод задается генератором тока ГТ, характерной особенностью которого является слабая зависимость выходного тока от сопротивления нагрузки. Плавно увеличивая от нуля выходной ток генератора ГТ, измеряют прямое напряжение  $U_{пр}$  диода для ряда значений прямого тока  $I_{пр}$ .

Обратную ветвь ВАХ снимают, включив испытуемый диод в схему, показанную на рис.4.б.

Плавно увеличивая от нуля выходное напряжение ГН З, измеряют обратный ток диода  $I_{обр}$  для ряда значений обратного напряжения  $U_{обр}$ .

Анализ типовых ВАХ германиевого и кремниевого диодов (рис.5) позволяет сделать следующие выводы: прямое падение напряжения  $U_{пр}$  на германиевом диоде почти в два раза меньше, чем на кремниевом, при одинаковых значениях прямого тока  $I_{пр}$ ;

германиевый диод начинает проводить ток при ничтожно малом прямом напряжении  $U_{пр,а}$  кремниевый - только при  $U_{пр} = 0,4 - 0,6$  В;

обратный ток  $I_{обр}$  кремниевого диода значительно меньше обратного тока германиевого при одинаковых обратных напряжениях.

Эти выводы позволяют разграничить назначение германиевых и кремниевых диодов. Германиевые диоды применяют для обработки сигналов малой амплитуды (до 0.3 В). Кремниевые диоды при подаче на них сигналов такой амплитуды одинаково плохо проводят ток как в прямом, так и в обратном направлениях. Кремниевые диоды распространены шире, чем германиевые, и применяются в тех случаях, когда обратный ток недопустим. Кроме того, они сохраняют работоспособность до температуры окружающей среды  $125^0-150^0$  С, тогда как германиевые могут работать только до  $70^0$  С. Основными параметрами выпрямительных диодов являются: постоянное прямое напряжение  $U_{пр}$  при определенном для каждого диода постоянном прямом токе или среднее прямое напряжение  $U_{пр,ср}$  в схеме однополупериодного выпрямителя при определенном среднем прямом токе  $I_{пр,ср}$  и максимально допустимом обратном напряжении ; постоянный обратный ток  $I_{обр}$  при определенном постоянном обратном напряжении или средний обратный ток  $I_{обр,ср}$  в схеме однополупериодного выпрямителя при максимально допустимом обратном напряжении и определенном среднем прямом токе ;

максимально допустимое постоянное обратное напряжение  $U_{обр,мах}$  ;

максимально допустимый средний прямой ток  $I_{пр,ср,мах}$ , обычно определяемый как средний за период прямой ток в схеме однополупериодного выпрямителя.

Превышение  $U_{обр,мах}$  переводит диод в режим пробоя. Различают электрический и тепловой пробой р-п-перехода. Электрический пробой может быть лавинным или туннельным и не сопровождается разрушением р-п-перехода (участок бв на рис.5).

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Вычертить таблицу 1 и 2 для снятия прямой и обратной ветвей ВАХ германиевого Ge и кремниевого Si диодов.

2. Вычертить систему координат (рис.6) для построения прямых и обратных ветвей ВАХ (масштаб по осям:  $I_{пр}$  - в I см 2. мА;  $U_{пр}$  -В см 0,1 В;  $I_{обр}$  - германиевого диода - в I см 5 мкА, кремниевого диода - в I см 0,5 мкА;  $U_{обр}$ .

3. Зарисовать схемы для получения ВАХ диодов (рис.4,а,б).
4. Собрать схему, показанную на рис.4.а, используя графические обозначения на сменной панели 67Л - 01/1. Поочередно снять прямые ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов и занести результаты измерений в табл.1.
5. Собрать схему, показанную на рис.4,б, поочередно снять обратные ветви ВАХ диодов и занести результаты измерений в таблицу 2.
6. Пользуясь данными табл.1 и 2, построить прямые и обратные ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов в координатных осях.

Таблица 1.

Прямой ток $I_{пр}$ , мА		0,05	0,2	0,5	1	5	10
Прямое напряжение $U_{пр}$ , В	Ge						
	Si						

Таблица 2.

Обратное напряжение $U_{обр}$ , В		1	5	10	20	30
Обратный ток $I_{обр}$ , мкА	Ge					
	Si					

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При выполнении п. 4 используют:

ГТ (ГТ) - генератор тока стенда;

РА1( $I_{пр}$ ) – АВМ 1 на пределе измерения " 10 мА";

РУ1 ( $U_{пр}$ ) – АВМ2 измерения "0,5 В" и "1 В" соответственно для германиевого и кремниевого диодов;

ВД1 - используемые диоды Д9 и КД103.

2. При выполнении п.5 используют:

Г2(ГН 3) - источник напряжения стенда, позволяющий изменить выходное напряжение от 0 до 100 В ;

РА2( $I_{обр}$ ) - АВО на пределах измерения "0,1 мА" и "0,01 мА".

РУ2( $U_{обр}$ ) - АВМ2 на пределах измерения "100 В".

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Объяснить физические процессы в р-п-переходе.
2. Где применяют выпрямительные и импульсные диоды?
3. Сравните германиевый и кремниевый диоды, пользуясь их ВАХ.
4. Каковы основные параметры выпрямительных диодов?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – снятие и анализ вольт-амперных характеристик германиевого и кремниевого диодов; определение их параметров по характеристикам.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Понятие “диод” объединяет широкий круг приборов различного назначения с разными принципами действия. В начале XX в. появился электровакуумный диод – электронная лампа с двумя электродами: подогреваемым катодом и холодным анодом (рис 1.).

Такой диод пропускает ток только в одном направлении, так как носителями тока в вакууме являются испускаемые раскаленным катодом электроны. Вакуумный диод в настоящее время повсеместно вытеснен полупроводниковыми диодами и применяются лишь в высоковольтных

выпрямителях (рентгеновские установки, источники напряжения для телевизионных трубок) и при некоторых физических измерениях, требующих полного отсутствия обратного тока.

Полупроводниковый диод содержит один р-п переход и имеет два вывода от р и п-областей.

Электронно-дырочный, или р-п переход – это область полупроводников, в которой имеет место пространственное изменение типа проводимости от электронной (п) к дырочной (р). В п-области основными подвижными носителями электрического заряда являются электроны, в р-области – дырки. Находящиеся вблизи р-п - перехода подвижные носители заряда диффундируют в область с проводимостью, обусловленной носителями противоположного знака, и взаимно рекомбинируют. В результате у р-п- перехода образуется обедненный свободными носителями двойной слой пространственного заряда (рис. 2.).

В р-области этот слой создаётся оставшимися после рекомбинации свободных носителей связанными с кристаллической решеткой отрицательными ионами акцепторной примеси, в п-области – положительными ионами донорной, и его электрическое поле противодействует дальнейшей диффузии. Разность потенциалов между р- и п- областями, или потенциальный барьер, составляет десятые доли вольта.

В полупроводниках постоянно образуются и рекомбинируют тепловые электронно – дырочные пары, создавая некоторое количество неосновных носителей ( электронов в р-области и дырок в п-области). Находящиеся вблизи р – п –перехода неосновные носители, прежде чем успеют рекомбинировать с основными, могут попасть в поле потенциального барьера и служить причиной дрейфового тока. При отсутствии внешних воздействий этот ток постепенно компенсируется диффузионным током основных носителей; устанавливается динамическое равновесие.

Если к р-области приложить отрицательный относительно п-области потенциал (обратное смещение), то его поле будет направлено по полю потенциального барьера. С увеличением напряжения обратного смещения диффузный ток, основных носителей убывает и далее совсем прекращается, а дрейфовый ток неосновных носителей (обратный ток) возрастает, быстро достигая насыщения (рис 3.).

Обратный ток ограничивается интенсивностью образования электронно – дырочных пар, поэтому он сильно зависит от температуры перехода.

Если к р-области приложить положительный относительно п-области потенциал (прямое смещение), то его поле будет направлено против поля потенциального барьера. С увеличением напряжения прямого смещения потенциальный барьер снижается и далее исчезает, а диффузия подвижных носителей заряда через р-п-переход возрастает. Пересекающие переход носители становятся неосновными и рекомбинируют с основными носителями области, в которую они диффундировали. Пополнение рекомбинировавших основных носителей обеспечивается притоком их из внешней цепи - через р-п-переход протекает прямой ток. Этот ток называют диффузионным, так как он поддерживается за счет диффузии подвижных носителей заряда через р-п-переход.

На основе р-п-переходов изготавливают выпрямительные и импульсные диоды, стабилитроны, диоды СВЧ, фотодиоды, светоизлучающие диоды, полупроводниковые квантовые генераторы. Наиболее распространены и обширны две группы диодов - выпрямительные и импульсные, называемые в некоторых справочниках универсальными.

Выпрямительные диоды, в которых используется основное свойство р-п-перехода - его односторонняя электропроводимость, применяют главным образом для выпрямления переменного тока в диапазоне частот от 50 Гц до 100 кГц (низкая частота выпрямляемого напряжения обусловлена большим временем жизни инжектированных дырок  $10^{-5} - 10^{-4}$  с). Такие диоды выпускают на токи до 500 А. Допустимые обратные напряжения лежат в диапазоне от 2.0 В до 2 кВ.

Импульсные диоды применяют в импульсных режимах работы. Технологические приемы, такие, например, как легирование германия и кремния золотом, позволили создать быстродействующие импульсные диоды, имеющие время переключения до  $10^{-10}$  с.

При изменении величины обратного смещения (потенциального барьера) емкость между р- и п-областями (барьерная емкость) изменяется.

Это явление используется в диодах, называемых варикапами, в которых постоянная составляющая приложенного напряжения меняет условие прохождения переменной составляющей небольшой амплитуды. Приборы, в которых используется зависимость емкости от мгновенных значений приложенного напряжения, называются варакторами.

Работа полупроводникового диода в электрической схеме определяется его вольт-амперной характеристикой (ВАХ) (рис. 3.).

Прямую ветвь ВАХ снимают, включив испытуемый диод в схему, показанную на рис.4.а. Прямой ток через диод задается генератором тока ГТ, характерной особенностью которого является слабая зависимость выходного тока от сопротивления нагрузки. Плавно увеличивая от нуля выходной ток генератора ГТ, измеряют прямое напряжение  $U_{пр}$  диода для ряда значений прямого тока  $I_{пр}$ .

Обратную ветвь ВАХ снимают, включив испытуемый диод в схему, показанную на рис.4.б.

Плавно увеличивая от нуля выходное напряжение ГН З, измеряют обратный ток диода  $I_{обр}$  для ряда значений обратного напряжения  $U_{обр}$ .

Анализ типовых ВАХ германиевого и кремниевого диодов (рис.5) позволяет сделать следующие выводы: прямое падение напряжения  $U_{пр}$  на германиевом диоде почти в два раза меньше, чем на кремниевом, при одинаковых значениях прямого тока  $I_{пр}$ ;

германиевый диод начинает проводить ток при ничтожно малом прямом напряжении  $U_{пр}$ , а кремниевый - только при  $U_{пр} = 0,4 - 0,6$  В;

обратный ток  $I_{обр}$  кремниевого диода значительно меньше обратного тока германиевого при одинаковых обратных напряжениях.

Эти выводы позволяют разграничить назначение германиевых и кремниевых диодов. Германиевые диоды применяют для обработки сигналов малой амплитуды (до 0.3 В). Кремниевые диоды при подаче на них сигналов такой амплитуды одинаково плохо проводят ток как в прямом, так и в обратном направлениях. Кремниевые диоды распространены шире, чем германиевые, и применяются в тех случаях, когда обратный ток недопустим. Кроме того, они сохраняют работоспособность до температуры окружающей среды  $125^0 - 150^0$  С, тогда как германиевые могут работать только до  $70^0$  С. Основными параметрами выпрямительных диодов являются: постоянное прямое напряжение  $U_{пр}$  при определенном для каждого диода постоянном прямом токе или среднее прямое напряжение  $U_{пр.ср}$  в схеме однополупериодного выпрямителя при определенном среднем прямом токе  $I_{пр.ср}$  и максимально допустимом обратном напряжении ; постоянный обратный ток  $I_{обр}$  при определенном постоянном обратном напряжении или средний обратный ток  $I_{обр.ср}$  в схеме однополупериодного выпрямителя при максимально допустимом обратном напряжении и определенном среднем прямом токе ;

максимально допустимое постоянное обратное напряжение  $U_{обр.мах}$  ;

максимально допустимый средний прямой ток  $I_{пр.ср.мах}$ , обычно определяемый как средний за период прямой ток в схеме однополупериодного выпрямителя.

Превышение  $U_{обр.мах}$  переводит диод в режим пробоя. Различают электрический и тепловой пробой р-п-перехода. Электрический пробой может быть лавинным или туннельным и не сопровождается разрушением р-п-перехода (участок бв на рис.5).

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Вычертить таблицу 1 и 2 для снятия прямой и обратной ветвей ВАХ германиевого Ge и кремниевого Si диодов.

2. Вычертить систему координат (рис.6) для построения прямых и обратных ветвей ВАХ (масштаб по осям:  $I_{пр}$  - в 1 см 2. мА;  $U_{пр}$  - в 1 см 0,1 В;  $I_{обр}$  - германиевого диода - в 1 см 5 мкА, кремниевого диода - в 1 см 0,5 мкА;  $U_{обр}$  - в 1 см 0,5 В).

3. Зарисовать схемы для получения ВАХ диодов (рис.4,а,б).
4. Собрать схему, показанную на рис.4.а, используя графические обозначения на сменной панели 67Л - 01/1. Поочередно снять прямые ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов и занести результаты измерений в табл.1.
5. Собрать схему, показанную на рис.4,б, поочередно снять обратные ветви ВАХ диодов и занести результаты измерений в таблицу 2.
6. Пользуясь данными табл.1 и 2, построить прямые и обратные ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов в координатных осях.

Таблица 1.

Прямой ток $I_{пр}$ , мА		0,05	0,2	0,5	1	5	10
Прямое напряжение $U_{пр}$ , В	Ge						
	Si						

Таблица 2.

Обратное напряжение $U_{обр}$ , В		1	5	10	20	30
Обратный ток $I_{обр}$ , мкА	Ge					
	Si					

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При выполнении п. 4 используют:

ГТ (ГТ) - генератор тока стенда;

РА1( $I_{пр}$ ) – АВМ 1 на пределе измерения " 10 мА";

РУ1 ( $U_{пр}$ ) – АВМ2 измерения "0,5 В" и "1 В" соответственно для германиевого и кремниевого диодов;

ВД1 - используемые диоды Д9 и КД103.

2. При выполнении п.5 используют:

Г2(ГН 3) - источник напряжения стенда, позволяющий изменить выходное напряжение от 0 до 100 В ;

РА2( $I_{обр}$ ) - АВО на пределах измерения "0,1 мА" и "0,01 мА".

РУ2( $U_{обр}$ ) - АВМ2 на пределах измерения "100 В".

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Объяснить физические процессы в р-п-переходе.
2. Где применяют выпрямительные и импульсные диоды?
3. Сравните германиевый и кремниевый диоды, пользуясь их ВАХ.
4. Каковы основные параметры выпрямительных диодов?

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания лабораторной работы

Критерии оценки лабораторных работ

«5» (отлично): студент присутствовал на занятии, выполнены все задания лабораторной работы, работа оформлена правильно, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): студент присутствовал на занятии ,выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): студент присутствовал на занятии, выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; работа оформлена, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно



задания лабораторной работы; работа оформлена неправильно, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы или студент отсутствовал на занятии и не выполнял ее.

### Дифференцированный зачет

Примерные вопросы к дифзачету, 4 курс / 8 семестр

1. Предмет электротехники. Электротехника как наука. Исторические сведения. Структурная схема генерации, передачи, распределения и использования электрической энергии.
2. Прикладная универсальность тока гармонической формы в электротехнике. Определения. Законы Ома и Кирхгофа.
3. Условные обозначения элементов на схемах.
4. Мгновенные и средние значения мощности, активная и реактивная мощность в электрической цепи с  $R$  (сопротивлением).
5. Мгновенные и средние значения мощности, активная и реактивная мощность в электрической цепи с  $L$  (индуктивностью).
6. Мгновенные и средние значения мощности, активная и реактивная мощность в электрической цепи с  $C$  (емкостью).
7. Параллельное соединение элементов.
8. Последовательное соединение элементов.
9. Идеальные элементы  $R$ ,  $L$ ,  $C$ . Схемы замещения.
10. Источник тока. Источник напряжения. Схемы замещения.
11. Нелинейные элементы. Переходные процессы.
12. Импульсные сигналы и параметры.
13. Резонанс напряжений. Условие резонанса.
14. Резонанс токов. Условие резонанса.
15. Коэффициент мощности. Условие передачи максимальной мощности от источника энергии к потребителю.
16. Принцип построения многофазных цепей. Соединение обмоток генератора звездой и треугольником.
17. Включение нагрузки звездой и треугольником. Мощность в трехфазной цепи.
18. Классификация средств измерений: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, комплексные измерительные системы. Классификация электрических измерительных приборов: аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие.
19. Аналоговые электромеханические измерительные приборы, их основные элементы (измерительная цепь, измерительный механизм, отсчетное устройство), классификация (по точности, системе, роду измеряемой величины), условные обозначения на шкалах.
20. Особенности устройства и принципа действия магнитоэлектрических приборов. Логометры.
21. Особенности устройства и принципа действия электромагнитных приборов. Логометры.
22. Особенности устройства и принципа действия электродинамических приборов. Логометры.
23. Особенности устройства и принципа действия индукционных приборов.
24. Особенности устройства и принципа действия термоэлектрических и детекторных приборов.
25. Омметры и мегаомметры.
26. Трансформаторы. Назначение, принцип действия, устройство.
27. Однофазный трансформатор. Холостой и рабочий режим. Нагрузочные характеристики, потери и КПД. Автотрансформаторы.
28. Машины переменного тока. Исторические сведения. Вращающееся магнитное поле.
29. Конструкция и принцип действия асинхронного трехфазного двигателя. Регулирование частоты и изменение направления вращения.

30. Однофазные асинхронные двигатели. Включение трехфазных двигателей в однофазную цепь.
31. Конструкция и принцип действия трехфазного синхронного генератора. Обратимость синхронных машин. Синхронный двигатель.
32. Машины постоянного тока. Назначение, конструкция и принцип действия машин постоянного тока.

Примерные вопросы к дифзачету, 5 курс / 9 семестр

1. Нелинейные и параметрические цепи и преобразования сигналов в них.
2. Выбор режима рабочей точки каскада на биполярном транзисторе.
3. Амплитудная модуляция. Импульсная модуляция.
4. Частотная и фазовая модуляция.
5. Амплитудный детектор. Частотный детектор.
6. Генераторы колебаний.
7. Амплитудный модулятор. Частотный модулятор.
8. Идеальные элементы R, L, C. Схемы замещения.
9. Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия. емкостью).
10. Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.
11. Полевые транзисторы КМОП (КМДП) структуры. Устройство и принцип действия.
12. Транзисторные ключи.
13. Микросхемы. Типы и технологии изготовления
14. Характеристики усилителей.
15. Обратная связь в усилителях.
16. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.
17. 4-х полюсники. Характеристики.
18. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость.
19. Электронно-дырочный (р-п) переход. Варикап.
20. Электронно-дырочный (р-п) переход. Диод. Стабистор. Стабилитрон.
21. Источник тока. Источник напряжения. Схемы замещения.
22. Умножитель частоты. Преобразователь частоты.
23. Электрические цепи в электронике. Параллельное и последовательное соединение.
24. Импульсные сигналы и параметры.
25. Нелинейные элементы. Переходные процессы.
26. Беспереходные полупроводниковые приборы. Термистор. Фоторезистор.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания диф. зачета

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### **Экзаменационные билеты**

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций. Структура экзаменационного билета: в билете указывается кафедра в рамках нагрузки которой реализуется данная дисциплина, форма обучения, направление и профиль подготовки, дата утверждения; билет может включать в себя теоретический(ие) вопрос(ы) и практическое задание (кейс-задание).

Примерные вопросы к экзамену, 5 курс / 10 семестр

1. Нелинейные и параметрические цепи и преобразования сигналов в них.

2. Выбор режима рабочей точки каскада на биполярном транзисторе.
3. Амплитудная модуляция. Импульсная модуляция.
4. Частотная и фазовая модуляция.
5. Амплитудный детектор. Частотный детектор.
6. Генераторы колебаний.
7. Амплитудный модулятор. Частотный модулятор.
8. Идеальные элементы R, L, C. Схемы замещения.
9. Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия. емкостью).
10. Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.
11. Полевые транзисторы КМОП (КМДП) структуры. Устройство и принцип действия.
12. Транзисторные ключи.
13. Микросхемы. Типы и технологии изготовления
14. Характеристики усилителей.
15. Обратная связь в усилителях.
16. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.
17. 4-х полюсники. Характеристики.
18. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость.
19. Электронно-дырочный (p-n) переход. Варикап.
20. Электронно-дырочный (p-n) переход. Диод. Стабистор. Стабилитрон.
21. Источник тока. Источник напряжения. Схемы замещения.
22. Умножитель частоты. Преобразователь частоты.
23. Электрические цепи в электронике. Параллельное и последовательное соединение.
24. Резонанс токов. Условие резонанса.
25. Импульсные сигналы и параметры.
26. Нелинейные элементы. Переходные процессы.
27. Резонанс напряжений. Условие резонанса.
28. Беспереходные полупроводниковые приборы. Термистор. Фоторезистор.

Образец экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РФ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ» БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ Кафедра высшей математики и физики	
Дисциплина: Электрорадиотехника очная форма обучения 5 курс 10 семестр	Курсовые экзамены 20__-20__ г. Направление 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) Профиль: Математика, Физика
<b>Экзаменационный билет № 1</b> 1. Выбор режима рабочей точки каскада на биполярном транзисторе. 2. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.	
Дата утверждения: __.__.____	Заведующий кафедрой _____

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания ответа на экзамене

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане

дисциплины: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

При оценке ответа на экзамене максимальное внимание должно уделяться тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, насколько ответ самостоятельный, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли причинно-следственные связи, насколько высокий уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;
- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;
- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**1.3. Рейтинг-план дисциплины**

Таблица перевода баллов текущего контроля в баллы рейтинга

	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1</b>	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1
<b>2</b>		5	4	3	2	2	2	2	2	1
<b>3</b>			5	4	3	3	3	2	2	2
<b>4</b>				5	4	4	3	3	3	2
<b>5</b>					5	5	4	4	3	3
<b>6</b>						5	5	4	4	3
<b>7</b>							5	5	4	4
<b>8</b>								5	5	4
<b>9</b>									5	5
<b>10</b>										5

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении 1.

## 2. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература

1. Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учебное пособие / А.А. Барыбин. - Москва : Физматлит, 2008. - 424 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443>
2. Гершензон, Е.М. Радиотехника : учеб. пособие для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Е.М.Гершензон и др. — М. : Просвещение, 1986 .— 318с.

#### Дополнительная литература

1. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь .— СПб. : Лань, 2008 .— 384 с. : ил .— (Учебники для вузов. Специальная литература)

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/>.
2. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.
3. Университетская библиотека онлайн biblioclub.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>.
4. Электронная библиотека УУНиТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bashedu.ru/>.
5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rsl.ru/>.
6. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--90ax2c.xn--p1ai/viewers/>.
7. Национальная платформа открытого образования proed.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npoed.ru/>.
8. Электронное образование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.bashkortostan.ru/>.
9. Информационно-правовой портал Гарант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>.

#### Программное обеспечение

1. Office Professional Plus - Договор №0301100003620000022 от 29.06.2020, Договор № 2159- ПО/2021 от 15.06.2021, Договор №32110448500 от 30.07.2021
2. Windows - Договор №0301100003620000022 от 29.06.2020, Договор № 2159- ПО/2021 от 15.06.2021, Договор №32110448500 от 30.07.2021
3. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия [https://www.google.com/intl/ru\\_ALL/chrome/privacy/eula\\_text.html](https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html)

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

Наименование	Вид занятий	Наименование оборудования,
--------------	-------------	----------------------------

специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий		программного обеспечения
Аудитория 108(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для лабораторных занятий	Стенд оавт, трансформатор, учебная мебель.
Аудитория 215(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для контроля и аттестации, Для лабораторных занятий	Частомер, станция паяльная атр-1101, генератор, учебная мебель, рабочее место студента kl-210, осциллограф, осциллограф осу-10в, стенд радиотехнический.
Аудитория 218(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Проектор aser/arm media projector-4, учебная мебель, ноутбук, колонки в комплекте, экран. Программное обеспечение 1. Office Professional Plus 2. Windows 3. Браузер Google Chrome
Аудитория 218 а(ФМ)	Для хранения оборудования	Компьютер в сборе, дальномер лазерный bosch, цифровая фотокамера canon - 450. Программное обеспечение 1. Office Professional Plus 2. Windows 3. Браузер Google Chrome
Аудитория 420(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютеры в сборе, нетбук lenovo, принтер canon lbp3010b, сканер mustek, учебная мебель. Программное обеспечение 1. Office Professional Plus 2. Windows 3. Браузер Google Chrome