

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Направленность образовательной программы

Электрорадиотехника

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Балахна

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 Электроника относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПКР-4: Способен участвовать в проектных работах при разработке объектов профессиональной деятельности	ПКР-4.1: Показывает способности участвовать в проектных работах ПКР-4.2: Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации ПКР-4.3: Владеет современными технологиями компьютерного проектирования и моделирования	ПКР-4.1: Знает основные устройства электроники; принципы функционирования полупроводниковых и вакуумных приборов. Умеет применять знания при проектировании объектов электротехники и электроники. Владеет навыками для участия в проектных работах по объектам электротехники и электроники. ПКР-4.2: Знает основные устройства электроники; принципы функционирования полупроводниковых и вакуумных приборов. Умеет прослеживать взаимосвязь задач проектирования, конструирования и эксплуатации. Владеет пониманием взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации. ПКР-4.3: Знает основные устройства	Индивидуальное устное собеседование Отчет по лабораторным работам Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		<p>электроники; принципы функционирования полупроводниковых и вакуумных приборов.</p> <p>Умеет применять знания при компьютерном проектировании объектов электротехники и электроники.</p> <p>Владеет навыками для участия в проектных работах по объектам электротехники и электроники.</p>		
<p>ПКР-6: Способен участвовать в конструкторских работах при создании объектов профессиональной деятельности</p>	<p>ПКР-6.1: Использует знания и показывает способности участвовать в проектных работах</p> <p>ПКР-6.2: Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации</p> <p>ПКР-6.3: Владеет современными технологиями компьютерного моделирования и оптимизации объектов профессиональной деятельности</p>	<p>ПКР-6.1:</p> <p>Знает основные устройства электроники; принципы функционирования полупроводниковых и вакуумных приборов.</p> <p>Умеет участвовать в проектно- конструкторских работах по объектам электротехники и электроники.</p> <p>Владеет навыками для участия в конструкторских работах объектов электротехники и электроники.</p> <p>ПКР-6.2:</p> <p>Знает основные устройства электроники; принципы функционирования полупроводниковых и вакуумных приборов.</p> <p>Умеет прослеживать взаимосвязь задач проектирования, конструирования и эксплуатации.</p> <p>Владеет пониманием взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации.</p> <p>ПКР-6.3:</p> <p>Знает основные технологии компьютерного</p>	<p>Индивидуальное устное собеседование</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>

		моделирования устройств электроники Умеет оптимизировать задачи проектирования, конструирования и эксплуатации. Владеет пониманием компьютерного моделирования задач проектирования, конструирования и эксплуатации		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	7	7
Часов по учебному плану	252	252
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	64	30
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	40	32
- КСР	4	4
самостоятельная работа	72	114
Промежуточная аттестация	72 Экзамен	72 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе							
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего			
	О Ф О	О З Ф О	О Ф О	О З Ф О	О Ф О	О З Ф О	О Ф О	О З Ф О	О Ф О	О З Ф О
Часть 1. Вакуумная электроника 1. Введение	1	0.5	1	0.5			1	0.5		
2. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях	3	4	2	1			2	1	1	3

3. Электронно-оптические свойства полей с аксиальной симметрией. Электронные линзы	3	3	2	1			2	1	1	2
4. Электронно-оптические системы	3	3.5	2	0.5			2	0.5	1	3
5. Интенсивные электронные пучки	2	2	2	1			2	1		1
6. Общие вопросы эмиссионной электроники	2	2	1	1			1	1	1	1
7. Термоэлектронная эмиссия	4	4	2	1	1	2	3	3	1	1
8. Полевая эмиссия	4	4	2	1	1	2	3	3	1	1
9. Вторичная электронная эмиссия	5	5	2	1	2	2	4	3	1	2
10. Фотоэлектронная эмиссия	4	4	1	0.5	2	2	3	2.5	1	1.5
11. Технические применения фото- и вторичной эмиссии	5	5	2	1	2	2	4	3	1	2
12. Основные понятия электроники СВЧ	3	3	2	1			2	1	1	2
13. Клитроны	5	5	2	1	2		4	1	1	4
14. Лампы бегущей и обратной волны типа О (ЛБВ-О, ЛОВ-О)	6	6	2	1	3	2	5	3	1	3
15. ЛБВ М-типа. Магнетрон	5	5	2	1	3	2	5	3		2
16. Релятивистская высокочастотная электроника	7	5	2	1	4	2	6	3	1	2
17. Лазеры и мазеры на свободных электронах	5	5	2	1	3	2	5	3		2
18. Вакуумная микроэлектроника СВЧ	5	5	1	1	3	2	4	3	1	2
Часть 2. Твердотельная электроника 1. Кристаллическая структура твёрдого тела	6	6	2	1	1	1	3	2	3	4
2. Колебания и волны в кристаллической решётке	7	8	3	1	1	1	4	2	3	6
3. Электроны в периодическом потенциале	7	8	3	1	1	1	4	2	3	6
4. Статистика носителей заряда	5	5	1	0.5			1	0.5	4	4.5
5. Квазиклассическое описание движения носителей заряда	5	5	1	0.5		1	1	1.5	4	3.5
6. Неравновесные явления в полупроводниках	5	5	1	0.5			1	0.5	4	4.5
7. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках	5	5	1	0.5	1	1	2	1.5	3	3.5
8. Теория р-п перехода	5	5	1	0.5			1	0.5	4	4.5
9. Устройства на базе диода	6	6	2	0.5	1		3	0.5	3	5.5
10. Биполярный транзистор	5	4	1	0.5	1		2	0.5	3	3.5
11. Работа биполярных транзисторов в схемах	6	5	2	1	1	1	3	2	3	3
12. Явления на резкой границе раздела материалов	6	5	2	0.5			2	0.5	4	4.5
13. Полевой транзистор с р-п переходом и барьером Шоттки	7	7	2	0.5	2	2	4	2.5	3	4.5
14. Полевой транзистор металл-диэлектрик- полупроводник	6	7	2	1	1	2	3	3	3	4
15. Полевой транзистор металл-окисел- полупроводник	6	7	2	1	1	1	3	2	3	5
16. Работа полевых транзисторов в схемах	6	7	2	1	1	1	3	2	3	5
17. Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона	5	5	2	1	1		3	1	2	4
18. Оптоэлектронные приборы. Проектирование систем электроники. Принципы контроля технического состояния и эксплуатации электроники	6	5	2	1	1		3	1	3	4
Аттестация	72	72								
КСР	4	4					4	4		

Итого	252	252	64	30	40	32	108	66	72	114
-------	-----	-----	----	----	----	----	-----	----	----	-----

Содержание разделов и тем дисциплины

1 семестр

Часть 1. Вакуумная электроника

Введение. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях. Электронно-оптические свойства полей с аксиальной симметрией. Электронные линзы.

Электронно-оптические системы.

Интенсивные электронные пучки.

Общие вопросы эмиссионной электроники. Термоэлектронная эмиссия. Полевая эмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Технические применения фото- и вторичной эмиссии.

Основные понятия электроники СВЧ. Клитроны.

Лампы бегущей и обратной волны типа О (ЛБВ-О, ЛОВ-О). ЛБВ М-типа. Магнетрон.

Релятивистская высокочастотная электроника. Лазеры и мазеры на свободных электронах. Вакуумная микроэлектроника СВЧ.

2 семестр

Часть 2. Твердотельная электроника

Кристаллическая структура твёрдого тела. Кристаллические решётки. Элементарная ячейка. Симметрии. Решётки Браве. Кристаллографические направления. Колебания и волны в кристаллической решётке. Законы дисперсии для трёхмерной решётки. Акустические и оптические фононы. Электроны в периодическом потенциале. Статистика носителей заряда.

Квазиклассическое описание движения носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей заряда: примесное рассеяние, рассеяние на акустических фононах, рассеяние на оптических фононах, рассеяние на дефектах, электрон-электронное рассеяние. Механизмы рекомбинации носителей. Время жизни неравновесных носителей.

Неравновесные явления в полупроводниках. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках.

Теория р-п перехода. Распределение заряда, структура поля и потенциала в р-п переходе. Распределение концентрации основных и неосновных носителей в р-п переходе. Р-п переход в состоянии равновесия. Обеднённый слой. Диод под внешним напряжением. Формула Шокли. Вольт-амперные характеристики. Барьерная ёмкость р-п перехода и сопротивление базы. Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Омический контакт.

Устройства на базе диода. Биполярный транзистор. Работа биполярных транзисторов в схемах.

Биполярные транзисторы с изолированным затвором. Явления на резкой границе раздела материалов.

Полевой транзистор с р-п переходом и барьером Шоттки. Полевой транзистор металл-диэлектрик-полупроводник. Полевой транзистор металл-окисел-полупроводник. Работа полевых транзисторов в схемах.

Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона. Оптоэлектронные приборы.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 8 ч., очно-заочная форма обучения - 8 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:
- электронный курс "-".

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

1. Интеграл энергии при релятивистских скоростях электронов. Виды электронных траекторий при движении в статических однородных электрическом и магнитном полях.
2. Классификация магнитных линз. Понятие о квадрупольных линзах и электронных зеркалах. Виды aberrаций электронных линз.
3. Принцип работы системы рекуперации энергии электронов в мощных электронных приборах.
4. Отличия режимов температурного ограничения эмиссии и ограничения тока пространственным зарядом в электронных диодах. Закон “трех вторых” для плоского диода.
5. Пушки Пирса. Предельный ток транспортировки электронного пучка в пространстве дрейфа.
6. Силы, действующие на электрон при выходе из твердого тела. Профиль потенциального барьера на границе твердого тела.
7. Основные законы внешнего фотоэффекта (законы Столетова и Эйнштейна). Типы фотокатодов и их сравнительные характеристики.
8. Принцип работы и быстродействие фотоэлементов с внешним фотоэффектом. Фотоумножители. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
9. Понятие о наведенном токе в цепях электродов. Теорема о полном токе. Теорема Шокли - Рамо. Метод полного тока. Проводимость диода на СВЧ.
10. Статическое и динамическое управление электронным потоком. Скоростная модуляция электронного потока. Уравнение скоростной модуляции.
 1. Принцип работы МЦР. Оценки оптимальных параметров.
 1. Причины увеличения ускоряющего напряжения в электронных приборах СВЧ. ЭОС релятивистских приборов. Релятивистская ЛБВ, МЦАР и убитрон. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
 1. Кристаллические решетки. Элементарная ячейка. Симметрии. Решетки Браве.
 1. Кристаллографические направления. Области Дирихле. Обратная решетка. Индексы Миллера. Ячейка Вигнера-Зейтца. Зоны Бриллюэна.
 1. Рентгеноструктурный анализ кристаллов. Описание решеток и кремния.
 1. Колебания простой и сложной цепочки. Продольные и поперечные колебания. Решетка с одним атомом в ячейке. Решетка с несколькими атомами в ячейке.

1. Законы дисперсии для трехмерной решетки. Акустические и оптические фононы.
2. Теория теплоемкости Дюлонга-Пти.
3. Квантовый подход к описанию кристаллов. Статика Бозе-Эйнштейна. Теории

теплоемкости Эйнштейна и Дебая.

1. Уравнение Шредингера для периодического потенциала. Теорема Блоха.
 1. Модель Кронига-Пени. Зонная структура кристаллов: разрешенные и запрещенные зоны. Закон дисперсии.
 2. Распределение заряда, структура поля и потенциала в p-n переходе. Распределение концентрации основных и неосновных носителей. Переход в состояние равновесия.
 3. Обедненный слой. Диод под внешним напряжением. Формула Шокли. Вольт-амперные характеристики. Барьерная емкость перехода и сопротивление базы.
 4. Работа биполярных транзисторов в схемах. Режимы работы биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Базовые элементы логики. Высокочастотные свойства. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
 5. Преставление радиус-вектора и скорости электрона при движении в слабо неоднородных полях. Условия сохранения поперечного адиабатического инварианта. Теорема Буша. Устройство и принцип работы магнетронно-инжекторной пушки гиротрона.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПКР-6:

1. Виды электронных микроскопов (эмиссионный, просвечивающий, отражательный, растровый, автоэлектронный, автоионный), принцип их действия. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
2. Принцип работы системы рекуперации энергии электронов в мощных электронных приборах.
3. Отличия режимов температурного ограничения эмиссии и ограничения тока пространственным зарядом в электронных диодах. Закон “трех вторых” для плоского диода.
4. Пушки Пирса. Предельный ток транспортировки электронного пучка в пространстве дрейфа.
5. Принцип работы и быстродействие фотоэлементов с внешним фотоэффектом. Фотоумножители. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
6. Статический режим работы магнетрона. Электронное облако в негенерирующем магнетроне. Колебательные системы магнетронов, p-вид колебаний. Группировка электронов и КПД магнетрона. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
7. Конструкция и параметры решётки автоэмиссионных катодов на основе катодов Спиндта. Диод и триод с катодом Спиндта. Особенности устройства и работы ЛБВ О и М типов с катодами Спиндта.
8. Классификация: металлы, диэлектрики, полупроводники. Классификация: ковалентные и ионные кристаллы. Свободные носители заряда: электроны и дырки. Эффективные массы электронов и дырок. Граничные условия Борна-Кармана. Плотность состояний
 1. Теория p-n перехода. Резкий и диффузный p-n переходы.

1. Распределение заряда, структура поля и потенциала в р-п переходе.
Распределение концентрации основных и неосновных носителей. Переход в состояние равновесия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

1. Термоэлектронная эмиссия
2. Полевая эмиссия
3. Вторичная электронная эмиссия
4. Фотоэлектронная эмиссия
5. Технические применения фото- и вторичной эмиссии
6. Основные понятия электроники СВЧ
 1. Клистроны
 2. Лампы бегущей и обратной волны типа О (ЛБВ-О, ЛОВ-О)
 3. ЛБВ М-типа. Магнетрон
 4. Релятивистская высокочастотная электроника.
 5. Лазеры и мазеры на свободных электронах

6. Вакуумная микроэлектроника СВЧ
7. Кристаллическая структура твёрдого тела
8. Колебания и волны в кристаллической решётке
9. Электроны в периодическом потенциале
10. Статистика носителей заряда

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПКР-6:

1. Теория p-n перехода
2. Биполярный транзистор
3. Явления на резкой границе раздела материалов
4. Полевой транзистор металл-окисел-полупроводник
5. Работа полевых транзисторов в схемах

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

1. Зоны Бриллюэна. Рентгеноструктурный анализ кристаллов.

1. Основные и неосновные носители заряда. Управление проводимостью с помощью легирования.

1. Эффект Холла.
2. Фотоионизация и фотопроводимость.
3. Максвелловская релаксация в проводящей среде.

1. Магнитная восприимчивость и намагниченность.

1. Схемы включения биполярных транзисторов. Базовые элементы логики. Высокочастотные свойства.

1. Плотность поверхностных состояний. Гетеропереход.

1. Полевой транзистор металл-окисел-полупроводник. Высокочастотные свойства. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.

1. Комплементарные схемы.

1. Движение в слабонеоднородных полях (дрейфовая теория). Поперечный адиабатический инвариант. Дрейфовые уравнения. Уравнения Лагранжа. Теорема Буша.

2. Вариационные принципы динамики заряженных частиц. Электронно-оптический коэффициент преломления.

3. Классификация магнитных линз. Электронно-оптические свойства короткой (слабой) и длинной магнитных линз.

Сильные магнитные

линзы. Аберрации электронных линз. Электронные зеркала

. Квадрупольные линзы. Отклоняющие системы.

1. Принцип работы многорезонаторного клистрона. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.

2. Электронная проводимость клистрона. Стартовый ток и перестройка частоты клистрона.

3. Свойства периодических замедляющих систем. Пространственные гармоники. Фазовая скорость пространственной гармоники.

4. Нелинейная теория ЛБВ. Модель электронного потока в электронных приборах СВЧ. Метод крупных частиц. Дебаевский радиус электронного пучка.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПКР-6:

1. Кристаллические решётки. Элементарная ячейка. Симметрии. Решётки Браве. Кристаллографические направления.

1. Законы дисперсии для трёхмерной решётки. Акустические и оптические фононы.

2. Теория теплоёмкости Дюлонга-Пти. Квантовый подход к описанию кристаллов.

1. Уравнение Шредингера для периодического потенциала. Теорема

Блоха. Модель Кронига-Пени. Зонная структура

кристаллов: разрешённые и запрещённые зоны.

2. Механизмы рассеяния носителей заряда: примесное рассеяние, рассеяние на акустических фонах, рассеяние на оптических фонах, рассеяние на дефектах, электрон- электронное рассеяние.
 1. Механизмы рекомбинации носителей. Время жизни неравновесных носителей.
 2. Распределение заряда, структура поля и потенциала в р-п переходе.
 3. Распределение концентрации основных и неосновных носителей в р-п переходе.
 1. Р-п переход в состояние равновесия. Обеднённый слой. Диод под внешним напряжением.
 1. Формула Шокли. Вольт-амперные характеристики.
 2. Барьерная ёмкость р-п перехода и сопротивление базы.
 3. Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла.
 4. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Омический контакт.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше

		предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКР-4

1 семестр

1) Интеграл энергии при релятивистских скоростях электронов. Виды электронных траекторий при движении в статическом электрическом и магнитном полях.
2) Преставление радиус-вектора и скорости электрона при движении в слабо неоднородных полях. Условия сохранения инварианта. Теорема Буша. Устройство и принцип работы магнетронно-инжекторной пушки гиротрона.
3) Вариационные принципы динамики заряженных частиц (принцип Гамильтона, укороченного действия, Мопертюи). Электронно-оптический коэффициент преломления.
4) Классификация электростатических линз. Построение изображения в тонкой и толстой линзах.
5) Классификация магнитных линз. Понятие о квадрупольных линзах и электронных зеркалах. Виды aberrаций электронных линз.
6) Виды электронных микроскопов (эмиссионный, просвечивающий, отражательный, растровый)

их действия. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
7) Принцип работы системы рекуперации энергии электронов в мощных электронных приборах.
8) Отличия режимов температурного ограничения эмиссии и ограничения тока пространственным зарядом «трёх вторых» для плоского диода.
9) Силы, действующие на электрон при выходе из твёрдого тела. Профиль потенциального барьера на границе твёрдого тела.
10) Теория термоэлектронной эмиссии из твёрдого тела. Механизмы действия плёночного и оксидного катодов.
11) Зависимость коэффициента вторичной эмиссии от энергии и угла падения первичных электронов. Распределение вторичных электронов по энергиям.
12) Основные законы внешнего фотоэффекта (законы Столетова и Эйнштейна). Типы фотокатодов и их сравнительные характеристики.
13) Принцип работы и быстродействие фотоэлементов с внешним фотоэффектом. Фотоумножители. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
14) Причины возникновения зонной структуры твёрдых тел. Эффективная масса электронов и дырок
15) Акустические и оптические фононы. Продольные и поперечные колебания. Законы дисперсии для трёхмерной решётки.
16) Кинетическое уравнение Больцмана и механизмы рассеяния электронов. Подвижность носителей заряда.
17) Разогрев электронного газа в полупроводниках. Время релаксации импульса и энергии
18) Фотоионизация и фотопроводимость. Механизмы рекомбинации

носителей.

19) Диффузионный и дрейфовый ток. Соотношения Эйнштейна.

Система уравнений для описания потенциалов, полей и токов. Время жизни и диффузионная длина неосновных носителей.

2 семестр

5) Понятие о наведённом токе в цепях электродов. Теорема о полном токе. Теорема Шокли-Рамо. Метод полного тока. Проводимость диода на СВЧ.

6) Статическое и динамическое управление электронным потоком. Скоростная модуляция электронного потока. Уравнение скоростной модуляции.

7) Устройство и принцип действия двухрезонаторного пролётного клистрона. Пространственно-временная диаграмма многорезонаторного клистрона.

8) Отражательный клистрон. Устройство, пространственно-временная диаграмма.

9) Зоны генерации, стартовый ток и перестройка частоты отражательного клистрона.

10) Принцип действия ЛБВ-О. Свойства периодических замедляющих систем ЛБВ-О. Пространственные гармоники. Устройство ЛБВ.

11) Дисперсионное уравнение ЛБВ. Параметры дисперсионного уравнения. Свойства корней дисперсионного уравнения. Коэффициент усиления ЛБВ.

12) Нелинейные эффекты при группировке в ЛБВ. Зависимость коэффициента полезного действия ЛБВ от параметров уравнения. Способы увеличения КПД ЛБВ-О.

13) Принцип действия лампы обратной волны. Дисперсионная характеристика замедляющей системы. Электронная перестройка частоты.

14) Принцип действия, устройство и группировка электронов в ЛБВ-М.

15) Статический режим работы магнетрона. Электронное облако в негенерирующем магнетроне. Колебательные системы. Вид колебаний. Группировка электронов и КПД магнетрона. Методы и средства

контроля технического состояния и эксплуатации.
16) Принцип работы МЦР. Оценки оптимальных параметров. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
17) Причины увеличения ускоряющего напряжения в электронных приборах СВЧ. ЭОС релятивистских приборов. Релятивистская ЛБВ, МЦАР и убитрон.
18) Особенности устройства и работы ЛБВ О и М типов с катодами Спиндта.
19) Р-п переход в состояние равновесия и под внешним напряжением. Вольт-амперные характеристики перехода.
20) Распределение заряда, структура поля и потенциала в р-п переходе. Распределение концентрации основных и неосновных носителей.
21) Формула Шокли. Вольт-амперные характеристики диода на основе р-п перехода.
22) Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Параметры для описания биполярных транзисторов.
23) Режимы работы биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Базовые элементы логики. Высокочастотные свойства. Методы и средства контроля технического состояния.
24) Явления на резкой границе раздела материалов. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Омический контакт.

25) Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Структура металл-окисел-полупроводник. Плотность поверхностных состояний. Гетеропереход.
26) Полевой транзистор с р-п переходом и барьером Шоттки. Эффект поля. Распределение потенциала и поля в приборе.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКР-6

1 семестр

20) Интеграл энергии при релятивистских скоростях электронов. Виды электронных траекторий при движении в статическом электрическом и магнитном полях.
21) Преставление радиус-вектора и скорости электрона при движении в слабо неоднородных полях. Условия сохранения инварианта. Теорема Буша. Устройство и принцип работы магнетронно-инжекторной пушки гиротрона.
22) Вариационные принципы динамики заряженных частиц (принцип Гамильтона, укороченного действия, Мопертузи принцип наименьшего действия). Коэффициент преломления.
23) Классификация электростатических линз. Построение изображения в тонкой и толстой линзах.
24) Классификация магнитных линз. Понятие о квадрупольных линзах и электронных зеркалах. Виды aberrаций электронных линз.
25) Отличия режимов температурного ограничения эмиссии и ограничения тока пространственным зарядом в вакуумных диодах. «трёх вторых» для плоского диода.
26) Пушки Пирса. Предельный ток транспортировки электронного пучка в пространстве дрейфа. Методы и средства диагностики состояния и эксплуатации.

2 семестр

1) Изменение профиля потенциального барьера на границе твёрдого тела под действием внешнего электрического поля. Автоэлектронная и взрывная эмиссия.
2) Особенности кристаллической структуры твёрдых тел и правила построения ячейки Вигнера-Зейтца.
3) Типы твёрдых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники. Уровень Ферми. Собственная и примесная проводимость. Основные и неосновные носители заряда.
4) Магнитные свойства твёрдых тел.
27) Понятие о наведённом токе в цепях электродов. Теорема о полном токе. Теорема Шокли-Рамо. Метод полного тока.

СВЧ.

28) Принцип действия ЛБВ-О. Свойства периодических замедляющих систем ЛБВ-О. Пространственные гармоники. Устройство ЛБВ.

29) Принцип действия лампы обратной волны. Дисперсионная характеристика замедляющей системы. электронная перестройка частоты.

30) Принцип действия, устройство и группировка электронов в ЛБВ-М.

31) Конструкция и параметры решётки автоэмиссионных катодов на основе катодов Спиндта. Диод и триод с катодом Спиндта.

32) Особенности устройства и работы ЛБВ О и М типов с катодами Спиндта.

33) Барьерная ёмкость р-п перехода и сопротивление базы. Пробой р-п перехода.

34) Выпрямители. Стабилизаторы. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.

35) Варисторы. Варакторы. Диоды с накоплением заряда. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.

36) Биполярный транзистор. Типы транзисторов. Теория работы транзистора. Токи созданные основными и неосновными носителями.

37) Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Параметры для описания биполярных транзисторов.

38) Режимы работы биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Базовые элементы логики. Выходы. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.

39) Явления на резкой границе раздела материалов. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Омический контакт.

40) Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Структура металл-

окисел-полупроводник. Плотность поверхностных состояний. Гетеропереход.
41) Полевой транзистор с р-п переходом и барьером Шоттки. Эффект поля. Распределение потенциала и поля в приборе.
42) Работа полевых транзисторов в схемах. Основные способы включения транзисторов. Комплементарные схемы. Базовые элементы логики.
43) Туннельный диод. Лавинно-пролётный диод.
44) Генератор Ганна.
45) Фотодетекторы. Полупроводниковые лазеры. Солнечные батареи. Методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации.
46) Общие методы и средства контроля технического состояния и эксплуатации элементов и систем электроники.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»,

Оценка	Критерии оценивания
	ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПКР-4

1 семестр

1. Найти предельную частоту (длину волны) для плоского диода при которой можно пренебречь инерцией электронов. Рассмотреть 2 случая: а) диод работает в режиме ограничения тока пространственным зарядом; б) влиянием пространственного заряда можно пренебречь. Ускоряющее напряжение $U=300$ В, зазор анод-катод $d=5$ мм.
 2. Найти заряд, прошедший во внешней цепи плоского диода при пролёте единичного электрона.
 3. Найти частоту генерации моноотрона с $d=20$ мм, $U=400$ В.
 4. Пользуясь методом полного тока найти время пролёта электрона в диоде в режиме ограничения тока пространственным зарядом.
-
1. Доказать, что в монотроне активная и реактивная проводимости электронного пучка $Y_a(0)=Y_r(0)=0$.
 2. При какой частоте f в клистроне после прохождения первого резонатора отсутствует модуляция электронного пучка по скорости? Ускоряющее напряжение $U_0=300$ В, зазор между сетками модулятора $d=5$ мм.
 3. Найти частоту f , при которой коэффициент взаимодействия электронов с полем резонатора в клистроне $M=0.9$, если $d=5$ мм, $U_0=400$ В.
 4. На каком расстоянии x от 1-го резонатора в 2-резонаторном клистроне образуется наиболее плотный электронный сгусток, если $\lambda=4$ см, $U_0=4$ кВ, $d=2$ мм, $U_{1M}=150$ В.
 5. На каком расстоянии x от 1-го резонатора в 2-резонаторном клистроне надо поставить второй резонатор, чтобы получить максимальный КПД на второй гармонике рабочей частоты, если $\lambda=8$ см, $U_0=4$ кВ, $d=6$ мм, $U_{1M}=100$ В.
 6. Найти связь между номером зоны генерации n и потенциалом $U_{отр}$ отражателя в отражательном клистроне.
 7. Найти величину параметра группировки и номер зоны генерации для отражательного клистрона при следующих параметрах: $U_0=300$ В, $U_{отр}=50$ В, $f=500$ МГц, $D=5$ мм, $U_{1M}=40$ В, $d=2$ мм.
 8. Оценить, на каком расстоянии x от замедляющей системы надо пропускать электронный пучок, если $\lambda=3$ см, $U_0=1$ кВ.
 9. Найти коэффициент усиления G в ЛБВ-О, если длина лампы $L=10$ см, $\lambda=3$ см, $U_0=4$ кВ, $R_c=10$ ом, $I_0=10$ мА, считая, что влиянием поля пространственного заряда можно пренебречь, а скорость электронного пучка равна холодной фазовой скорости волны.
 10. На сколько скорость электронного пучка должна превышать холодную фазовую скорость волны, чтобы в ЛБВ-О отсутствовала экспоненциально нарастающая волна ?
 $U_0=1$ кВ, $R_c=40$ ом, $I_0=100$ мА. Полем пространственного заряда пренебречь.
 11. В ЛБВ-О отношение ускоряющих напряжений при работе на 1-ой и 3-ей пространственных гармониках $U_{01}/U_{03}=1.4$. Определить постоянную распространения нулевой гармоники α_0 , если период $D=4$ мм.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПКР-6

2 семестр

1. Найти положение уровня Ферми и концентрацию электронов в собственном германии при температуре 600 К, если известно, что ширина запрещенной зоны при таких температурах меняется по закону $E_g = (0.7 - 3 \cdot 10^{-4} T(K))$ эВ ($m_n = 0.02m_0$, $m_p = 0.2m_0$). Как зависит уровень Ферми от температуры в примесном полупроводнике и получить (качественно) зависимость контактной разности потенциалов в р-п переходе от температуры.
2. Получив зависимость крутизны ВАХ полевого транзистора с затвором Шоттки и его коэффициента статического усиления от напряжения на затворе и уровня легирования канала, объяснить преимущество канала на основе двумерного электронного газа.
3. Получить зависимость коэффициента усиления полевого транзистора с управляющим р-п переходом от концентрации примеси в канале и напряжения на затворе. Для конкретной выходной ВАХ транзистора построить нагрузочную прямую и графически (качественно) определить динамический диапазон амплитуды входного сигнала (в схеме с общим истоком) для которого реализуется режим линейного усиления.
4. Объяснить преимущества гетеробиполярного транзистора перед биполярным для чего численно оценить: 1) степень влияния униполярной инжекции на коэффициент переноса носителей через базу; 2) амплитуду встроенного поля в варизонной базе и связанного с ним увеличения скорости носителей заряда.

Вывести ВАХ ПТ с управляющим р-п переходом. Качественно, исходя из распределений концентрации носителей заряда и напряжённости электрического поля вдоль канала транзистора, объяснить причины возникновения участка насыщения на выходной ВАХ транзистора

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	«удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Полупроводниковая и вакуумная электроника / Воробьев М.Д. - Москва : МЭИ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659500&idb=0>.
2. Электронные схемы и системы / Бишоп О. - Москва : ДМК-пресс, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659432&idb=0>.
3. Давыдов В. Н. Основы оптоэлектроники : учебно-методическое пособие для самостоятельной работы и решения задач студентов / Давыдов В. Н. - Москва : ТУСУР, 2022. - 84 с. - Книга из коллекции ТУСУР - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=861798&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Суханова Н. В. Основы электроники и цифровой схемотехники / Суханова Н. В. - Воронеж : ВГУИТ, 2017. - 95 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ВГУИТ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-00032-226-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=718727&idb=0>.
2. Игнатов Александр Николаевич. Основы электроники : Учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. - Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 560 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9729-1059-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=836129&idb=0>.
3. Основы силовой электроники : Учебно-методическая литература. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2019. - 92 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-7782-3943-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=833475&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

Операционная система Microsoft Windows

Пакет прикладных программ Microsoft Office

Правовая система «Консультант плюс»

Micro-Cap – SPICE программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором

KTechLab программа для проектирования и симуляции электрических схем
Браузер Google Chrome

Интернет-ресурсы

Сайт Министерства энергетики РФ. - www.minenergo.gov.ru

<http://novostienergetiki.ru>

Известия вузов «Электромеханика», <http://electromeh.npi-tu.ru/ru/archive/>

профессиональные базы данных

Информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов <http://electrichelp.ru>

Электрика и электроэнергетика <https://pomagerim.ru>

Электричество и электроснабжение <http://enginer-electric.ru>

Радиоэлектроника http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника [26.10.19]

Список сайтов по радиоэлектронике <http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html> [26.10.19]

Банк изобретений, технологий и научных открытий: <http://www.ntpo.com> [26.10.19]

Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]

База данных ВИНТИ РАН <http://www.viniti.ru/> [26.10.19]

База данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.com> [26.10.19]

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com> [26.10.19]

информационные справочные системы

ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал <http://www.garant.ru/>

Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника.

Автор(ы): Богатырева Анна Валерьевна, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Беянин Игорь Владимирович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.01.24, протокол № 5.