



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭМИССИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

**Кафедра физической электроники**

**Образовательная программа: 11.04.04 -Электроника и нанoeлектроника**

Профиль подготовки: **Физика полупроводников и диэлектриков**

Уровень высшего образования: Магистратура

Форма обучения: **Очная**

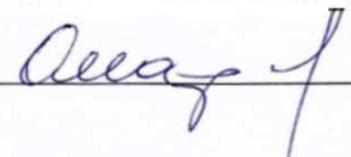
Статус дисциплины: **по выбору**

**Махачкала, 2017**

Программа «**Эмиссионная электроника**» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **11.04.04 - электроника и нанoeлектроника** (уровень: магистратура)  
от 30.10. 2014 №1407

Разработчик: кафедра физической электроники, Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры физической электроники от «22» марта 2017 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017 г., протокол № 8

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «3» апреля 2017г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Эмиссионная электроника» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 – электроника и наноэлектроника.

Дисциплина реализуется на физическом факультете, кафедрой физической электроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с ознакомлением с существующими видами эмиссии; с ролью эмиссии в процессах, рассматриваемых в корпускулярной оптике, и в приборах, используемых в лазерной и инжекционной технике; с демонстрацией возможностью использования электронной эмиссии в электронных приборах; с закреплением знаний электронной теории твердых тел; с закреплением знаний законов квантовой статистики для более рельефного понимания процессов, происходящих как в вакууме, так и в конденсированном состоянии вещества.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5:

- способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1);
- способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (ОПК-4);
- готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (ОПК-5).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, и самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекц ии		Лабораторн ые занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции			
2	108	10	-	18			80	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

**Задачи курса заключаются:**

- приобретение магистрами глубоких и современных знаний об элементах электронной теории твердого тела, закономерностях движения заряженных частиц в вакууме, включая рассмотрение различных видов эмиссии, а также применение пучков заряженных частиц в различных устройствах;
- приобщение магистров к тщательной и кропотливой работе с научной литературой, технологическими средствами обучения, дидактическим печатным материалом;
- формирование представления об электронных приборах, выработке навыков анализа устройства приборов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Эмиссионная электроника» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы магистратуры по направлению **11.04.04 – электроника и нанoeлектроника**.

Для освоения данной дисциплины необходимы знания статистических законов распределения Максвелла и Больцмана из курса молекулярной физики, квантово-механической модели атома из курса атомной физики. Знания, приобретённые при освоении дисциплины «Эмиссионная электроника» потребуются при изучении дисциплин: физика плазмы, твердотельная электроника, нанoeлектроника, спецпрактикум.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	Способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные достижения современного мира, пронизанного наукой, в которой центральное место занимают физика и её современные аспекты – электроника и нанoeлектроника;</li> <li>• физические процессы,</li> </ul>

		<p>происходящие на поверхности твердых тел; виды электронных эмиссий, применяемых в электронике; виды физических воздействий на вещество для появления различных видов эмиссии.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>критически анализировать научные и периодические источники по электронике и наноэлектронике, полученные из Интернета и из современных источников;</li> <li>классифицировать виды электронной эмиссии, показать роль электронной эмиссии в процессах, происходящих в электронных приборах, используемых в лазерной и инжекционной технике.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>техникой проведения современного эксперимента для решения исследовательских задач, в том числе в междисциплинарных областях;</li> <li>основными проблемами в эмиссионной электронике, выбирать методы и средства их решения.</li> </ul>
ОПК-4	Способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>термины и понятия, используемые для описания явлений эмиссионной электроники;</li> <li>физические основы основных видов эмиссии из конденсированного вещества;</li> <li>основные физические процессы, приводящие к нарушению электрической изоляции в вакууме;</li> <li>физические основы эмиссии заряженных частиц из плазмы</li> </ul>

		<p>вакуумного разряда;</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать эмиссионные явления в диагностических целях;</li> <li>• направления практического использования эмиссионной электроники;</li> <li>• решать задачи в области эмиссионной электроники.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками анализа элементарных эмиссионных процессов в электровакуумных устройствах различного применения;</li> <li>• методами расчета параметров электронной эмиссии</li> </ul>
ОПК-5	<p>Готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности профессиональной деятельности научного сотрудника и преподавателя высшей школы;</li> <li>• навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</li> <li>• методике учебного эксперимента по физике на младших курсах ВО.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять план выполнения научных исследований;</li> <li>• обрабатывать результаты научного эксперимента;</li> <li>• составлять таблицы и графики по результатам проведения научных экспериментов;</li> <li>• уметь объяснять учащимся результаты, полученные в ходе научного исследования в</li> </ul>

		<p>научных лабораториях.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с научным физическим оборудованием;</li> <li>• навыками наглядного представления текстовой информации;</li> <li>• методами демонстрации и интерпретации физических явлений;</li> <li>• умениями и навыками самостоятельного устранения неполадок в работе физического оборудования;</li> <li>• способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей;</li> <li>• способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме.</li> </ul>
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль №1. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях и корпускулярная оптика</b>									

1	Закономерности движения заряженных частиц в полях. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. параксиальные лучи. Свойства осесимметричных полей. Теорема Буша. Теорема Лагранжа-Гельмгольца	2	1	1	1	-		8	Устные сообщения Отчёт по выполненной самостоятельной работе.
2	Типы электростатических линз. Иммерсионный объектив, иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчёт фокусных расстояний. Линза Глазера.		2	1	1	-		6	Устные сообщения Отчёт по выполненной работе.
3	Электронные микроскопы, конструкции, корпускулярные микроскопы	2	3	1	1	-		6	
4	Движение заряженных частиц в переменных во времени полях электромагнитных волн.	2	4	1	2	-		6	
5	Термоэлектронная эмиссия. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Диод его ВАХ.	2	5	1	2	-		8	
6	Закономерности в тормозящем и ускоряющем электрическом полях	2	6	1	1	-		6	
	За Модуль I		7	6	8			40	

Модуль №2 Эмиссионная и вакуумная электроники								
7	Эмиссии под воздействием частиц. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция	2	8	1	2	-	8	Научно-популярное выступление
8	Катодное распыление. Формула Зигмунда. Ионно-электронная эмиссия. Отрицательное резерфордовское рассеяние. Ионно-фотонная эмиссия.	2	9	1	1	-	6	Научно-популярная статья
9	Эмиссии, вызванные электрическими полями. Фотоэлектронная эмиссия. Трёхступенчатый механизм эмиссии.	2	10	1	1	-	8	Научно-популярная статья
10	Формирование электронных пучков. Пушка Пирса. Неустойчивости Пирса. Сплиннинг-неустойчивость.	2		1	2	-	6	Доклад. Презентация
11	Источники СВЧ-излучения.	2			2	-	6	Реферат
12	Пространственная и энергетическая группировка потоков частиц. КПД СВЧ-источников излучения.	2			2	-	6	Устный опрос
	За Модуль №2			4	10		40	
	<b>Итого за семестр</b>		<b>108</b>	<b>10</b>	<b>18</b>		<b>80</b>	Зачёт

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

*Модуль № 1. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях и корпускулярная оптика*

1. Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства осесимметричных электрических и магнитных полей. Теорема Буша и закон сохранения углового момента. Теорема Лагранжа – Гельмгольца и её следствия.

2. Основные типы электростатических линз. Тонкие линзы, Линза – диафрагма. Одиночная линза, иммерсионный объектив и иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчёт фокусных расстояний. Линза Глазера. Аберрация линз.

3. Электронные микроскопы, общие принципы, конструкции. Особенности электронно-оптических систем. Корпускулярные микроскопы.

4. Динамика заряженной частицы в переменных во времени полях, движение частиц в полях электромагнитных волн, захват и ускорение, ускорение на биениях.

5. Термоэмиссионная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую энергию. Вакуумный диод с термокатодом и его вольтамперная характеристика.

6. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твёрдым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция.

7. Взаимодействия атомных частиц с твёрдым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов средних и низких энергий. Обратное резерфордовское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия.

### ***Модуль № 2. Эмиссионная и вакуумная электроника***

1. Фотоэлектронная эмиссия. Трёхступенчатый механизм эмиссии.

2. Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссии.

3. Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве, неустойчивости Пирса, диокотронная и токово-конвективная неустойчивости, слипинг-неустойчивость

4. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Допплера. Томсоновское рассеяние.

5. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

6. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.

7. Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц, излучения. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источника.

## **5. Образовательные технологии**

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, тестирование, метод поиска быстрых решений в группе, «мозговой штурм», разбор конкретных ситуаций.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

**Самостоятельная работа** организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

**Основные аспекты применяемой технологии проблемного**

**обучения:**

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Эмиссионная электроника» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность магистров;
- в рамках учебных курсов по возможности предусмотрены, мастер-классы экспертов и специалистов.

**Перечень вопросов для контроля самостоятельной работой магистра**

1. Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства осесимметричных электрических и магнитных полей. Теорема Буша и закон сохранения углового момента. Теорема Лагранжа – Гельмгольца и её следствия.

2. Основные типы электростатических линз. Тонкие линзы, Линза – диафрагма. Одиночная линза, иммерсионный объектив и иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчёт фокусных расстояний. Линза Глазера. Аберрация линз.

3. Электронные микроскопы, общие принципы, конструкции. Особенности электронно-оптических систем. Корпускулярные микроскопы.

4. Динамика заряженной частицы в переменных во времени полях, движение частиц в полях электромагнитных волн, захват и ускорение, ускорение на биениях.

5. Термоэмиссионная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую энергию. Вакуумный диод с термокатодом и его вольтамперная характеристика.

6. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твёрдым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция.

7. Взаимодействия атомных частиц с твёрдым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов средних и низких энергий. Обратное резерфордское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия.

8. Фотоэлектронная эмиссия. Трёхступенчатый механизм эмиссии.

9. Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссии.

10. Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом

пространстве, неустойчивости Пирса, диокотронная и токово-конвективная неустойчивости, слипинг-неустойчивость

11. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Допплера. Томсоновское рассеяние.

12. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волна (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

13. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.

14. Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц, излучения. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источника.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа магистров, выполняемая в аудиторное и внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия; это процесс активного, целенаправленного приобретения и (или) закрепления обучающимся новых знаний и умений по конкретной дисциплине (модулю). Самостоятельная работа магистров является одним из видов учебных занятий и должна сопровождаться контролем и оценкой ее результатов.

Целью самостоятельной работы магистров является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Основными видами самостоятельной работы являются аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа.

Для реализации самостоятельной работы каждого магистра необходимо обеспечить

- методическими рекомендациями;
- информационными ресурсами (учебными пособиями, индивидуальными заданиями, обучающими программами и т.д.);
- временными ресурсами;
- консультациями преподавателей;
- возможностью публичного обсуждения теоретических или практических результатов, полученных обучающимся самостоятельно (на конференциях, олимпиадах, конкурсах).

С целью эффективного планирования самостоятельной работы рекомендуется:

- обеспечить доступ магистров к календарным планам (выпискам из них в части регламентации самостоятельной работы и контрольных точек текущего контроля) и программам по дисциплинам (модулям);
- использовать при планировании самостоятельной работы график текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) учебного года.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы магистра является оценка сформированности компетенций на основе:

- уровня освоения обучающимся учебного материала;
- умений магистра использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованности и четкости изложения ответа;
- оформления материала в соответствии с требованиями.

Для методического обеспечения самостоятельной работы магистров преподавателю рекомендуется:

- определить перечень форм и видов аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы магистров, цели и задачи каждого из них, сроки выполнения и формы контроля;
- разработать методические указания для магистров по самостоятельной работе, содержащие целевую установку и мотивационную характеристику изучаемых тем, списки основной и дополнительной литературы для изучения всех тем дисциплины (модуля), теоретические вопросы и вопросы для самоподготовки, усвоив которые аспирант может выполнять целевые виды деятельности (предлагаемые на практических, семинарских, лабораторных занятиях заданий), алгоритмы целевой деятельности магистров при выполнении полученных заданий на практических занятиях и др.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

<b>Компетенция</b>	<b>Знания, умения, навыки</b>	<b>Процедура освоения</b>
<b>ОПК-1</b>	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные достижения современного мира, пронизанного наукой, в которой центральное место занимают физика и её современные аспекты – электроника и наноэлектроника;</li> <li>• физические процессы, происходящие на</li> </ul>	Устный опрос

	<p>поверхности твердых тел; виды электронных эмиссий, применяемых в электронике; виды физических воздействий на вещество для появления различных видов эмиссии.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>критически анализировать научные и периодические источники по электронике и наноэлектронике, полученные из Интернета и из современных источников;</li> <li>классифицировать виды электронной эмиссии, показать роль электронной эмиссии в процессах, происходящих в электронных приборах, используемых в лазерной и инжекционной технике.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>техникой проведения современного эксперимента для решения исследовательских задач, в том числе в междисциплинарных областях;</li> <li>основными проблемами в эмиссионной электронике, выбирать методы и средства их решения.</li> </ul>	
<b>ОПК-4</b>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>термины и понятия, используемые для описания явлений эмиссионной электроники;</li> <li>физические основы основных видов эмиссии из конденсированного вещества;</li> <li>основные физические</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>процессы, приводящие к нарушению электрической изоляции в вакууме;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физические основы эмиссии заряженных частиц из плазмы вакуумного разряда;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать эмиссионные явления в диагностических целях;</li> <li>• направления практического использования эмиссионной электроники;</li> <li>• решать задачи в области эмиссионной электроники.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками анализа элементарных эмиссионных процессов в электровакуумных устройствах различного применения;</li> <li>• методами расчета параметров электронной эмиссии.</li> </ul>	
ОПК-5	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности профессиональной деятельности научного сотрудника и преподавателя высшей школы;</li> <li>• навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</li> <li>• методику учебного эксперимента по физике на младших курсах ВО.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять план выполнения научных</li> </ul>	Круглый стол, конференция

	<p>исследований;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обрабатывать результаты научного эксперимента;</li> <li>• составлять таблицы и графики по результатам проведения научных экспериментов;</li> <li>• уметь объяснять учащимся результаты, полученные в ходе научного исследования в научных лабораториях.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с научным физическим оборудованием;</li> <li>• навыками наглядного представления текстовой информации;</li> <li>• методами демонстрации и интерпретации физических явлений;</li> <li>• умениями и навыками самостоятельного устранения неполадок в работе физического оборудования;</li> <li>• способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей;</li> </ul> <p>способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме.</p>	
--	--	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### **ОПК-1**

Схема оценки уровня формирования компетенции: «Способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Пороговый	Способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.	демонстрирует навыки понимания основных проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	показывает навыки самостоятельно понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.	ознакомлен с возможностями самостоятельно понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

#### ОПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Пороговый	Способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.	демонстрирует навыки успешно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.	показывает навыки самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.	ознакомлен с возможностями самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

#### ОПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «Готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Поро-	Готовностью	демонстрирует	показывает	ознакомлен с

говый	оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы.	навыки успешно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы.	навыки оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы.	возможностями оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы.
-------	---	--	--	---

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вопрос 1. Как зависит число эмитированных электронов от температуры и работы выхода?

Число эмитированных электронов возрастает с повышением температуры и увеличением работы выхода металла.

Число эмитированных электронов возрастает при снижении температуры и уменьшении работы выхода металла.

Число эмитированных электронов возрастает с повышением температуры и уменьшением работы выхода металла.

Вопрос 2. Какая из формул определяет плотность тока автоэлектронной эмиссии?

$$j = AT^2 e^{-\frac{\phi}{kT}}$$

$$j = CE^2 e^{-\frac{b\phi^{3/2}}{aE}}$$

$$\Delta\phi = e \left( \frac{eE}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2}$$

Вопрос 3. Какая из формул есть зависимость тока диода от анодного напряжения?

$$J = G U_a^{3/2}; \quad 2. \quad \Delta\phi = e \left( \frac{eE}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2} \quad 3.$$

$$j = CE^2 e^{-\frac{b\phi^{3/2}}{aE}}$$

Вопрос 4. Чем объясняется явление автоэлектронной эмиссии ?

1. Действием внешнего электрического поля.
2. Понижением потенциального барьера.
3. Туннельным эффектом.

Вопрос 5. Чем объясняется явление термоэлектронной эмиссии?

1. Туннельным эффектом.

2. Влиянием электромагнитного излучения.
3. Выходом электронов за сферу Ферми при  $T > 0$ .

Вопрос 6. Что является важным преимуществом металлических катодов?

1. Простота конструкции
2. Малая работа выхода
3. Отсутствие потери эмиссии.

Вопрос 7. Как меняется с течением времени плотность эмиссионного тока в электронных приборах с металлическими, активированным и оксидными катодами?

1. Уменьшается
2. У активированных и оксидных катодов уменьшается, а у металлических нет.
3. Не уменьшается.

**Вопрос 8.** Почему для нагрева катодов прямого накала практически нельзя использовать источники переменного тока, а для нагрева катодов косвенного накала можно?

1. При нагреве катодов прямого накала переменным током потенциал катода в положительные полупериоды будет выше потенциала анода, поэтому в течение этих полупериодов через электронный прибор анодный ток проходить не будет.

2. При нагреве катодов прямого накала переменным током создаются большие пульсации тока эмиссии, а при использовании катодов косвенного накала эти пульсации во много раз меньше.

**Вопрос 9.** Во сколько раз увеличится анодный ток диода при наличии объемного заряда, если анодное напряжение повысить в 4 раза?

1. В 4 раза
2. В 6 раз.
3. В 8 раз.

**Вопрос 10.** Какие из приведенных ниже электроны, являются примером вырожденного газа?

1. Электроны в плазме.
2. Электроны в вакууме.
3. Электроны в металлах.

**Вопрос 11.** При освещении катода вакуумного фотоэлемента гальванометр показывает определенную величину фототока. Изменится ли величина фототока, если зеленый свет заменить красным светом, не меняя светового потока? Может ли ток прекратиться?

1. Величина фототока не изменится согласно закону Столетова, т. к. световой поток остается неизменным. Скорости же эмитированных электронов в соответствии с законом Эйнштейна будут различны.

2. Ток станет меньше согласно закону Эйнштейна, т. к. частота красного света ниже частоты зеленого света. Прекратиться ток не может, т.к. фотон не передал бы энергию электрону лишь при  $\nu = 0$ .

3. Ток станет меньше и даже может прекратиться, если фотоны будут отдавать электронам энергию, меньшую, чем работа выхода вещества, из которого сделан катод.

**Вопрос 12.** При освещении катода вакуумного фотоэлемента гальванометр показывая определенную величину фототока. Изменится ли величина фототока и как, если данный фотокатод облучать ультрафиолетовым излучением. Может ли ток прекратиться?

Не изменится.

Увеличится, фототок не может прекратиться.

Уменьшится, фототок может прекратиться, если энергия, отдаваемая электронам, меньше работы выхода.

**Вопрос 13.** Работа выхода фотокатодов, используемых в фотоэлементах, предназначенных для работы в видимой области света не должна превышать:  
1. 1 эВ; 2. 3 эВ; 3. 7 эВ; 4. 10 эВ.

**Вопрос 14.** Свет падает на поверхность натрия, работа выхода которого равна 2,11 эВ. Максимальная скорость вырванных фотоэлектронов при длине волны падающего излучения 589 нм равна:  
0; 2)  $7,6 \cdot 10^5$  м/с; 3)  $1 \cdot 10^6$  м/с.

**Вопрос 15.** На каком участке вольтамперной характеристики чувствительность вакуумного фотоэлемента выше?

на начальном участке, т.е. при малых анодных напряжениях.

На участках насыщения, т.е. при больших анодных напряжениях.

Чувствительность фотоэлемента не зависит от анодного напряжения.

**Вопрос 16.** Чем объясняется увеличение чувствительности газонаполненных фотоэлементов по сравнению с вакуумными?

Возникновением в межэлектродном промежутке фотоэлемента темного газового разряда.

Большой площадью катода газонаполненных фотоэлементов.

Возникновением в межэлектродном промежутке фотоэлемента тлеющего разряда.

**Вопрос 17.** Чем ограничивается увеличение числа ступеней усиления фотоэлектронного умножителя?

1. Увеличением разности потенциалов между анодом и катодом и возможностью попадания на анод всех электронов с первого катода.

2. Шумами, обусловленными термоэлектронной эмиссией с электродов, ионизацией остаточного газа, токами утечки.

3. Чрезмерным увеличением выходного тока.

**Вопрос 18.** Какому распределению подчиняются фотоэлектроны по скоростям?

Закону распределения Ферми-Дирака.

Закону распределения Максвелла.

Закону распределения Бозе-Эйнштейна.

**Вопрос 19.** Вторичная электронная эмиссия есть эмиссия электронов, возникающая благодаря:

1. Энергии первичных электронов, падающих на эмиттер.

2. Благодаря тепловой энергии, передаваемой электронам эмиттера.

3. Благодаря энергии электромагнитного излучения, падающего на эмиттер.

**Вопрос 20.** Вероятность того, что электрон занимает энергетический уровень, расположенный выше или ниже уровня Ферми дается функцией вида;

$$P(E) = \exp(-E/kT).$$

$$P(E) = \left[ 1 + \exp\left(\frac{E - E_0}{kT}\right) \right]^{-1}$$

**Вопрос 21.** Понижение потенциального барьера при приложении внешнего электрического поля выражается формулой:

$$1. j = AT^2 e^{-\frac{\phi}{kT}}$$

$$2. j = CT^2 F(\mu)$$

$$3. \Delta\phi = e \left( \frac{eE}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2}$$

**Вопрос 22.** Свободный электрон не может поглотить фотон, так как при этом не могут быть соблюдены одновременно законы сохранения энергии и импульса. Из-за чего же тогда возможен фотоэффект?

1. Фотоэффект возможен из-за зависимости кинетической энергии электронов от частоты.

2. Фотоэффект возможен из-за зависимости силы фототока от интенсивности излучения.

3. Фотоэффект возможен из-за связи электронов с окружением. Эта связь в атоме характеризуется энергией ионизации, а в конденсированной среде работой выхода.

**Вопрос 23.** Как записывается закон сохранения энергии для фотоэффекта?

$$1. W_n = W_p + W_k$$

$$2. W = h\nu$$

$$3. h\nu = \frac{mv^2}{2} + A$$

**Вопрос 24.** Какая из перечисленных величин ниже изменяется с расстоянием по закону  $f = f(x/d)^{4/3}$ ;

1. Потенциал поля в плоском диоде.
2. Напряженность поля в плоском диоде.
3. Время пролета в плоском диоде.

**Вопрос 25.** Какая из перечисленных ниже величин изменяется с расстоянием по закону  $f=f(x/d)^{2/3}$ ;

1. Потенциал поля в плоском диоде.
2. Плотность пространственного заряда.
3. Скорость электронов.

**Вопрос 26.** Какая из перечисленных ниже величин изменяется с расстоянием по закону

$$F=f(x/d)^{-2/3};$$

1. Скорость электронов в диоде.
2. Напряженность электрического поля в диоде.
3. Плотность пространственного заряда.

**Вопрос 27.** Какое значение имеет квантовый выход для металлов?

1.  $10^{-3}$  электронов/квант;
2. 0,5 эл./ квант.
3. 1000 эл./квант.

**Вопрос 28.** Какое значение имеет энергия Ферми для металлов?

1. 1.5 эВ;
2. 4.5 эВ;
3. 2.5 эВ;
4. 3 эВ;

**Вопрос 29.** Какова рабочая температура оксидных катодов?

1.  $2200^0$  С.
2.  $1500^0$  С.
3.  $(900-1200)^0$  С.

**Вопрос 30.** Чему равна работа выхода вольфрамовых катодов?

1. 1.5 эВ;
2. 2.5 эВ;
3. 4.5 эВ.

**Вопрос 31.** Какому закону распределения подчиняются вторичные электроны?

1. Закону распределения Максвелла.
2. Закону распределения Бозе-Эйнштейна.
3. Закону распределения Ферми-Дирака.

**Вопрос 32.** Чем объясняется явление термоэлектронной эмиссии?

1. Выходом электронов в металле за сферу Ферми при сообщении им тепловой энергии.
2. Выходом электронов из металлов под действием сил зеркального изображения.
3. Выходом электронов из металлов под действием сил со стороны узлов решетки.
4. Выходом электронов под действием внешнего электрического поля.

**Вопрос 33.** Чем объясняется явление фотоэлектронной эмиссии?

1. Выходом электронов проводимости под действием энергии фотонов видимого или ультрафиолетового излучения;
2. Выходом электронов при бомбардировке поверхности эмиттера положительными ионами;

3. Выходом электронов под действием внешнего электрического поля;

4. Выходом электронов при бомбардировке поверхности эмиттера электронами.

**Вопрос 34.** Чем объясняется явление автоэлектронной эмиссии?

1. Выходом электронов благодаря туннельному эффекту;

2. Выходом электронов под действием внешнего электрического поля;

3. Выходом электронов при бомбардировке поверхности эмиттера первичными электронами;

4. Выходом электронов под действием рентгеновского излучения;

**Вопрос 35.** Чем объясняется явление вторичной электронной эмиссии?

1. Выходом вторичных электронов из эмиттера под действием первичных электронов;

2. Выходом электронов под действием магнитного поля;

3. Выходом электронов под действием электрического поля;

4. Выходом электронов при бомбардировке мишени положительными ионами нейтральными атомами.

**Вопрос 36.** Чем объясняется экзотермической эмиссии?

1. Выходом электронов под действием энергии, выделяемой при экзотермических химических реакциях на поверхности мишени;

2. Выходом электронов под действием внешнего излучения;

3. Выходом электронов под действием электрического поля;

4. Выходом электронов под действием магнитного поля.

**Вопрос 37.** Чем объясняется взрывная эмиссия?

1. Испусканием электронов, обусловленным переходом вещества катода (острия) из конденсированной фазы в плазму в результате разогрева локальных областей катода;

2. Испусканием электронов нагретыми телами;

3. Испусканием электронов под действием электрического поля.

4. Испусканием электронов под действием магнитного поля.

**Вопрос 38.** Чем обусловлена эмиссия горячих электронов?

1. Эмиссией электронов, возникающей при нагреве электронного газа, в процессе отбора тока термоэмиссии;

2. Эмиссией электронов благодаря образованию на границе металл-вакуум двойного электрического слоя;

3. Эмиссией электронов, благодаря туннельному эффекту;

4. Эмиссией электронов, возникающей под действием магнитного поля.

**Вопрос 39.** Катодным распылением называется:

1. Явление переноса вещества катода с его поверхности на окружающие стенки трубки при бомбардировке этой поверхности положительными ионами;

2. Явление переноса вещества катода при его нагревании;

3. Явление переноса вещества катода при его облучении;

4. Явление переноса вещества катода под действием электрического поля.

**Вопрос 40.** Чем объясняются инерционные свойства вторичной эмиссии, обнаруженной Мальтером, при использовании сложных катодов?

1. Временем, необходимым для зарядки и разрядки поверхности мишени;

2. Тем, что при бомбардировке поверхности такой мишени вторичный ток устанавливался не сразу;

3. Тем, что после прекращения бомбардировки вторичный ток исчезал не сразу.

Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ
1	3	22	3
2	1	23	3
3	1	24	2
4	3	25	3
5	3	26	3
6	3	27	1
7	2	28	2
8	2	29	3
9	3	30	3
10	3	31	1
11	3	32	1
12	3	33	1
13	3	34	1
14	1	35	1
15	2	36	1
16	1	37	1
17	2	38	1
18	2	39	1
19	1	40	1
20	2		
21	3		

**Вопрос 41.** Кинетическая энергия заряженных частиц определяется:

1. Пройденной разностью потенциалов; 2. пройденным расстоянием;

3. Силой, действующей со стороны электрического поля;

4. Временем пролета.

**Вопрос 42.** Ток через вакуум обусловлен:

1. Движением электронов; 2. Движением ионов. 3. Движением дырок и электронов. 4. Движением ионов и электронов.

**Вопрос 43.** Насыщение в вакуумном диоде наступает:

1. Когда ток эмиссии с катода сравнивается с током анода,

2. при равенстве тока накала току анода;
3. При анодном напряжении, равном напряжению накала;
4. При номинальном значении тока накала.

**Вопрос 44.** Явление переноса вещества катода с его поверхности на окружающие его стенки при бомбардировке этой поверхности положительными ионами есть:

1. Катодное распыление;
2. Электронная эмиссия;
3. Туннельная эмиссия;
4. Вторичная эмиссия.

**Вопрос 45.** Испускание электронов, обусловленное переходом вещества катода из конденсированной фазы в плотную плазму в результате разогрева локальных областей катода есть:

1. Взрывная эмиссия;
2. Термоэмиссия;
3. Холодная эмиссия;
4. Экзоэмиссия.

**Вопрос 46.** Эмиссия электронов, возникающая благодаря энергии химических процессов, происходящих на поверхности катода есть:

1. Экзоэмиссия;
2. Термоэмиссия;
3. Автоэмиссия;
4. Фотоэмиссия.

**Вопрос 47.** Эмиссия электронов, возникающая при нагреве электронного газа в процессе отбора тока термоэмиссии, есть:

1. Эмиссия горячих электронов;
2. Эмиссия холодных электронов;
3. Эмиссия вторичных электронов
4. Эмиссия Фотоэлектронов;

**Вопрос 48.** Эмиссия электронов, возникающая, благодаря туннельному эффекту, есть:

1. Холодная эмиссия;
2. Термоэмиссия;
3. Фотоэмиссия;
4. Вторичная эмиссия.

**Вопрос 49.** Зависимость тока анода от напряжения анода состоит из трех участков. Найти соответствие закономерностей для каждого участка.

$$1. J_a = J_T e^{\frac{eU_a}{kT}}; \quad 2. J_a = \frac{4}{9} \epsilon_0 \sqrt{\frac{2e}{m}} \frac{F_k}{d^2} U_a^{3/2}; \quad 3. J_k = J_T e^{\frac{\alpha\sqrt{E}}{T}}.$$

**Вопрос 50.** Контактная разность потенциалов возникает:

1. Между свободными концами металлов с разными работами выхода;
2. Между свободными концами металлов с разными уровнями Ферми.
3. Между свободными концами металлов при наличии контакта между ними.
4. Между свободными концами металлов в любом случае.

**Вопрос 51.** Из перечисленных выражений для коэффициента концентрации поля выберите те, которые соответствуют:

1. Планарному диоду;
2. Цилиндрическому диоду.
3. Сферическому диоду.
4. Острию с радиусом  $r$  на расстоянии от него  $d$ .

$$1. \frac{d}{r_k} \ln \frac{r_k}{r_\alpha} \quad . \quad 2. \frac{d}{r_k^2} \cdot \frac{r_k}{r_\alpha - r_k} \quad . \quad 3. \frac{2d}{r \ln d/r} \quad . \quad 4. 1.$$

**Вопрос 52.** Вещество в газообразном атомарном состоянии дает:

1. Линейчатый спектр излучения;

2. Непрерывный спектр излучения; 3. Полосатый спектр излучения;
4. Сплошной спектр излучения.

**Вопрос 53.** Нагретая вольфрамовая нить дает:

1. Непрерывный спектр излучения; 2. Полосатый спектр излучения;
3. Линейчатый спектр поглощения; 4. Сплошной спектр поглощения.

**Вопрос 54.** Спектральный анализ – это:

1. Метод определения химического состава вещества по его спектру;
2. Способ возбуждения атомов; 3. Метод диагностики процентного состава вещества по его спектру; 4. метод определения вида спектра.

**Вопрос 55.** В спектре поглощения одного и того же химического элемента темные линии расположены в местах цветных линий линейчатого спектра излучения, т.к.

1. Атомы каждого химического элемента поглощают только те лучи спектра, которые они сами излучают;
2. Атомы каждого химического элемента поглощают те лучи спектра. В которых частота излучения больше. Чем они излучают;
3. Атомы химического элемента излучают лучи одинаковой длины.

**Вопрос 56.** Из перечисленных ниже факторов выберите те, от которых зависит кинетическая энергия с поверхности фотокатода при ее освещении светом видимого излучения.

1. Интенсивность падающего света 3. Частота падающего света 4. Работа выхода электрона из фотокатода.

**Вопрос 57.** При какой длине волны фотона его энергия равна 6.2 эВ?

1. 0.2 мкм; 2. 0.4 мкм. 3. 0.8 мкм. 4. 0.8мм.

**Вопрос 58.** Найти соответствие написанных ниже формул следующим физическим величинам:

1. Плотности пространственного заряда в плоском вакуумном диоде;
2. Скорости электронов. 3. Времени пролета; 4. Межэлектродной емкости.

$$1. \sqrt{\frac{2eU}{m}}. \quad 2. \frac{\epsilon_0 F_k}{d} \quad 3. \frac{\sqrt{2m}}{e} \frac{d}{\sqrt{U}} \quad 4. \frac{4}{3} \frac{U}{d^2}$$

**Вопрос 59.** Определите тип термокатода по рабочим температурам:

1. 2200 К; 2. 1500 К; 3. 900 К.

**Вопрос 60.** Определить тип катода по значениям работы выхода: 1. 4.5 эВ;

2. 2.6 эВ; 3. 1.6 эВ.

**Вопрос 61.** Определить тип катода по значениям по значениям удельной эмиссии:

1. 0.5 А/ см<sup>2</sup> 2. 1 – 1.5 А/см<sup>2</sup> . 3. 100 А/см<sup>2</sup> .

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

**Лекции:**

- посещение занятий \_\_ 10\_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_ 15\_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_ 60\_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_ 15\_\_ бал.

**Практика (р/з) - Текущий контроль** включает:

**(от 51 и выше - зачет)**

- посещение занятий \_\_ 10\_\_ бал.
- активное участие на практических занятиях \_\_ 15\_\_ бал.
- выполнение домашних работ \_\_ 15\_\_ бал.
- выполнение самостоятельных работ \_\_ 20\_\_ бал.
- выполнение контрольных работ \_\_ 40\_\_ бал.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

**а) основная литература:**

1. Добрецов Л. Н., Гомоюнова М. В. Эмиссионная электроника /Л. Н. Добрецов, М. . Гомоюнова – М.: Книга по Требованию, 2012. – 266 с.
2. Проскуровский Д.И Эмиссионная электроника. Издательство: Томск: Томский гос. ун-т 2010, 288с.
3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 7-е изд., испр. - СПб.: Изд-во "Лань", 2003. 480 с.
4. Бродский А.М. , Гуревич Ю.Я. Теория электронной эмиссии из металлов. М.: Наука, 1973.
5. Сушков А.Д. Вакуумная электроника – СПб. – М.-Краснодар, 2004. - 462 с.

**б) Дополнительная литература:**

1. ЭБТЗ по «Эмиссионной электронике и физике катодов». 2011 год. 150 заданий.
2. Мутаева Г.И. Лекции по эмиссионной электронике (учебное пособие). – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2006. - 82 с.
3. Мутаева Г.И. Аджиева Х.И. Классификация и параметры катодов. Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2009. -27 с.
4. Клейнер З.Ю. Основы теории электронных ламп. - М.: «Высшая школа», 1974.

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

1. Наименование электронно-библиотечной системы, предоставляющей возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа

для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, адрес в сети Интернет

- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
  - Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
  - Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
  - Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
  - Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
  - Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
  - <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета.
  - <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
  - <http://www.phys.spbu.ru/library/elibrary/> - некоторые вузовские учебники (электронный вариант).
  - <http://www.sciencedirect.com> - база данных журналов издательства Эльзевир.
  - <http://publish.aps.org/> - журналы Американского физического общества
  - <http://journals.aip.org/> - журналы Американского института физики
  - <http://aps.arxiv.ru/> - архив электронных препринтов по физике, математике и компьютерным наукам.
2. **Сведения о правообладателе электронно-библиотечной системы и заключенном с ним договоре, включая срок действия заключенного договора:**
1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": - <http://biblioclub.ru/>
  2. ЭБС «"Айбукс"» - <http://ibooks.ru/>
  3. ЭБС «Лань» - <http://bankbook.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Для самостоятельной работы по дисциплине «Эмиссионная электроника» в библиотеке ДГУ (читальные залы, абонемент) имеется достаточное количество литературы в лаборатории эмиссионной литературы кафедры физической электроники (монографии, учебные пособия). Поэтому заниматься дополнительно студентам будет нетрудно. Рекомендуется материалы занятий прорабатывать в этот же день. Курс снабжен большим количеством терминов, синонимика которых достаточно обширна. Поэтому необходимо несколько раз в неделю повторять определения, понятия и

термины для их достаточно осознанного запоминания, лучше завести специальную тетрадь - терминологический словарь для этого вида работы. При работе с литературой обращать внимание на иллюстрации (рисунки и схемы в учебных пособиях), которые довольно рельефно позволяют понять то, о чем идет речь. Выполняя проработку материала, обратить внимание, что с курсом студенты не знакомы, а лаборатория физической электроники располагает достаточным количеством учебных пособий для самостоятельной проработки материала. Они все приведены в разделе 8 данной программы. В конце курса проводится зачет, в течение которого студенты должны продемонстрировать не только знания, но и умения, навыки по предмету.

### **Примерный перечень вопросов для зачета**

1. Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства осесимметричных электрических и магнитных полей. Теорема Буша и закон сохранения углового момента. Теорема Лагранжа – Гельмгольца и её следствия.

2. Основные типы электростатических линз. Тонкие линзы, Линза – диафрагма. Одиночная линза, иммерсионный объектив и иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчёт фокусных расстояний. Линза Глазера. Аберрация линз.

3. Электронные микроскопы, общие принципы, конструкции. Особенности электронно-оптических систем. Корпускулярные микроскопы.

4. Динамика заряженной частицы в переменных во времени полях, движение частиц в полях электромагнитных волн, захват и ускорение, ускорение на биениях.

5. Термоэмиссионная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую энергию. Вакуумный диод с термокатодом и его вольтамперная характеристика.

6. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твёрдым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция.

7. Взаимодействия атомных частиц с твёрдым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов средних и низких энергий. Обратное резерфордовское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия.

8. Фотоэлектронная эмиссия. Трёхступенчатый механизм эмиссии.

9. Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссии.

10. Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве, неустойчивости Пирса, диокотронная и токово-конвективная неустойчивости, слипинг-неустойчивость

11. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Допплера. Томсоновское рассеяние.

12. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волна (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

13. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.

14. Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц, излучения. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источника.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Технология процесса обучения дисциплине «Эмиссионная электроника» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;
- д) зачет.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;

- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Эмиссионная электроника» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность магистров.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

ФГБОУ ВПО «ДГУ» располагает специальными помещениями для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещениями для самостоятельной работы и помещениями для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории. Даггосуниверситет располагается в 8-ми корпусах, которые оснащены современным оборудованием. Все помещения физического факультета ДГУ общей площадью 2386,9 м<sup>2</sup>, находятся в безвозмездном пользовании. Всего в лабораториях и кабинетах факультета установлено достаточное число компьютеров, оснащенных лицензионным программным обеспечением. Компьютерные классы обеспечивают для всех магистров бесплатный доступ в интернет. Для использования передового опыта ученых, преподавателей предусмотрена возможность проведения видеоконференций с вузами и профессиональным сообществом регионов России, ближнего и дальнего зарубежья с помощью спутниковых каналов связи.

Материально-техническая база физического факультета позволяет проводить современные научные исследования. За последние пять лет было приобретено современное оборудование на сумму более 50 млн. руб. (в том числе и за счет средств программы стратегического развития ДГУ).

Парк оборудования факультета теперь включает новую азотную установку, создана новая учебно-научная лаборатория «Физика наносистем и наноматериалов», оснащенная самой современной аппаратурой (атомно-силовой микроскоп Ntegra Spectra). В 2012-2015 годы приобретено **технологическое оборудование** для выращивания объемных монокристаллов ZnO, для напыления тонких пленок на подложки формата А4 (10 млн. руб), рентгеновский дифрактометр DAN analitical Emperian Series 2, для исследования спектра поглощения и поглощения приобретены автоматизированные комплексы монохроматор-спектрограф, спектрометрический комплекс на базе МДР-4, Спектрофотометр Nicolet 6700 и т.д.

