

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.08 Физическая электроника

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.03.03 Радиофизика

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Радиофизические методы по областям применения

*(наименование направленности (профиля)/ специализации)*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.08 Физическая электроника составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.03.03 Радиофизика

код и наименование направления подготовки

Программу составил:

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.08 Физическая электроника утверждена на заседании кафедры (*разработчика*) Радиофизики и нанотехнологий

протокол № 7 « 14 » апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой (*разработчика*) Копытов Г.Ф.

фамилия, инициалы



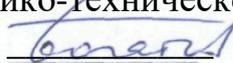
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 13 « 16 » апреля 2021 г.

Председатель УМК физико-технического факультета

Богатов Н.М.

фамилия, инициалы



подпись

Рецензенты:

\_\_\_\_\_ Тумаев Е.Н., доктор ф.-м. наук, профессор кафедры теоретической физики физико-технического факультета ФБГОУ ВО

\_\_\_\_\_ Медведев Ю.С., доктор тех. наук, профессор, заведующий 103 кафедрой математики и информатики Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков им. Героя Советского Союза А.К. Серова

# 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

## 1.1 Цель освоения дисциплины

## 1.2 Задачи дисциплины

## 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина « Б1.В.08 Физическая электроника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Дисциплина «Физическая электроника» базируется на следующих дисциплинах образовательной программы бакалавра по направлению Радиофизика: модуля «Математический и естественнонаучный цикл»: «Математика», «Методы математической физики» и «Общая физика» базовой части цикла математических и естественнонаучных дисциплин

## 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
<b>ПК-1 Способен корректно осуществлять постановку физических экспериментов в области физики и радиофизики, получать научные данные и использовать их в профессиональной деятельности</b>	
ПК-1.1. Применяет современные методы анализа научно-технической информации	знает: основы классической электронной оптики; различные виды электронной эмиссии и методы их теоретического описания; устройство и основные характеристики различных электровакуумных приборов умеет: определять основные характеристики и устройство различных электро-вакуумных приборов владеет: способностью и готовностью применить свои знания и умения в соответствующих областях науки и техники
ПК-1.2. Осуществляет анализ физических данных, обобщает результаты экспериментов и исследований, формулирует выводы	знает: какими способами создаются и управляются динамические неоднородности в активных средах; каким образом динамические неоднородности используются для приёма, передачи, хранения, обработки и отображения информации; условия возникновения эмиссии с поверхности твердых тел, основные виды эмиссии и их законы; особенности движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях, методы и возможности фокусировки и управления потоком заряженных частиц; устройство и особенности электронных приборов, предназначенных для отображения и преобразования изображений, а также для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов. умеет: применять полученные знания для совершенствования существующих и разработки новых устройств функциональной электроники; рассчитывать основные параметры вакуумных электронных приборов; оценивать области применения вакуумных приборов различных типов. владеет: приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей физической электроники.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения
		очная
		6 семестр (144 часа)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>56,3</b>	<b>56,3</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
занятия лекционного типа	18	18
практические занятия	32	32
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>
Контроль самостоятельной работы (КСР)	6	6
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>61</b>	<b>61</b>
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)	28,3	28,3
Подготовка к текущему контролю	32,7	32,7
<b>Контроль:</b>	<b>26,7</b>	<b>26,7</b>
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>56,3</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>4</b>

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6 семестре (3 курсе) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Раздел 1. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях	12	2	2	-	8
2.	Раздел 2. Токи в лампах СВЧ. Теорема. Шокли-Рамо.	14	2	4	-	8
3.	Раздел 3. Виды электронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Формула Дэшмана. Эффект Шоттки.	19	4	4	-	11
4.	Раздел 4. Физические явления в вакуумном диоде. Вакуумный триод. Действующий потенциал и проникаемость электрода.	14	2	4	-	8
5.	Раздел 5. Классификация электронных приборов. Особенности работы электронных приборов на СВЧ. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.	18	4	4	-	10
6.	Раздел 6. Устройство и принцип действия отражательного клистрона. Устройство и принцип действия магнетрона. Устройство и принцип действия лампы бегущей волны.	14	2	4	-	8
7.	Раздел 7. Замедляющие системы и пространственные гармоники. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.	14	2	4	-	8
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>		105	18	32	-	61
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6				
Подготовка к текущему контролю		32,7				
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3				
Общая трудоемкость по дисциплине		144				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Раздел 1. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях	Уравнения движения в электромагнитном поле. Случаи однородных электрического и магнитного полей. Интеграл энергии. Движение в слабонеоднородных полях (дрейфовая теория).	Устный опрос, решение задач
2.	Раздел 2. Токи в лампах СВЧ. Теорема. Шокли-Рамо.	Токи в лампах СВЧ. Теорема. Шокли-Рамо.	Устный опрос, решение задач
3.	Раздел 3. Виды электронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Формула Дэшмана. Эффект Шоттки	Виды электронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Формула Дэшмана. Эффект Шоттки. Прохождение электронов сквозь потенциальный барьер на поверхности твердого тела. Расчет автоэлектронного тока. Свойства и применение автоэлектронных катодов. Взрывная эмиссия.	Устный опрос, решение задач
4.	Раздел 4. Физические явления в вакуумном диоде. Вакуумный триод. Действующий потенциал и проникаемость электрода.	Физические явления в вакуумном диоде. Вакуумный триод. Действующий потенциал и проникаемость электрода.	Устный опрос, решение задач
5.	Раздел 5. Классификация электронных приборов. Особенности работы электронных приборов	Классификация электронных приборов. Особенности работы электронных приборов на СВЧ. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.	Устный опрос, решение задач

	на СВЧ. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.		
6.	Раздел 6. Устройство и принцип действия отражательного клистрона. Устройство и принцип действия магнетрона. Устройство и принцип действия лампы бегущей волны.	Устройство и принцип действия отражательного клистрона. Устройство и принцип действия магнетрона. Устройство и принцип действия лампы бегущей волны.	Устный опрос, решение задач
7.	Раздел 7. Замедляющие системы и пространственные гармоники. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.	Замедляющие системы и пространственные гармоники. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.	Устный опрос, решение задач

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Раздел 1. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях	Уравнения движения в электромагнитном поле. Случаи однородных электрического и магнитного полей. Интеграл энергии. Движение в слабонеоднородных полях (дрейфовая теория).	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
2.	Раздел 2. Токи в лампах СВЧ. Теорема. Шокли-Рамо.	Токи в лампах СВЧ. Теорема. Шокли-Рамо.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
3.	Раздел 3. Виды электронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Формула Дэшмана. Эффект Шоттки	Виды электронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Формула Дэшмана. Эффект Шоттки. Прохождение электронов сквозь потенциальный барьер на поверхности твердого тела. Расчет автоэлектронного тока. Свойства и применение автоэлектронных катодов. Взрывная эмиссия.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
4.	Раздел 4. Физические явления в вакуумном диоде. Вакуумный триод. Действующий потенциал и проницаемость электрода.	Физические явления в вакуумном диоде. Вакуумный триод. Действующий потенциал и проницаемость электрода.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
5.	Раздел 5. Классификация электронных приборов. Особенности работы электронных приборов на СВЧ. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.	Классификация электронных приборов. Особенности работы электронных приборов на СВЧ. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
6.	Раздел 6. Устройство и принцип действия отражательного клистрона. Устройство и принцип действия магнетрона. Устройство	Устройство и принцип действия отражательного клистрона. Устройство и принцип действия магнетрона. Устройство и принцип действия лампы бегущей волны.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания

	и принцип действия лампы бегущей волны.		
7.	Раздел 7. Замедляющие системы и пространственные гармоники. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.	Замедляющие системы и пространственные гармоники. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.	Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых проектов

Не предусмотрено

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физическая электроника», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физическая электроника», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
3	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физическая электроника», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
4	Подготовка к практическим занятиям	Методические указания по решению задач по дисциплине «Физическая электроника», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,

- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.08 Физическая электроника».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, проверка домашних заданий по практическим занятиям, ответы на контрольные вопросы, приведенные в описаниях работ и на дополнительные вопросы, касающиеся соответствующих разделов основной дисциплины и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ПК-1.1. Применяет современные методы анализа научно-технической информации	знает: основы классической электронной оптики; различные виды электронной эмиссии и методы их теоретического описания; устройство и основные характеристики различных электровакуумных приборов	Контрольные вопросы 1-42 Практические задания 1-42 Контрольные работы Материалы лекций Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу Опрос Тесты	Вопрос на экзамене 1-18

		<p>умеет: определять основные характеристики и устройство различных электро-вакуумных приборов</p> <p>владеет: способностью и готовностью применить свои знания и умения в соответствующих областях науки и техники</p>		
2	<p>ПК-1.2. Осуществляет анализ физических данных, обобщает результаты экспериментов и исследований, формулирует выводы</p>	<p>знает: какими способами создаются и управляются динамические неоднородности в активных средах; каким образом динамические неоднородности используются для приёма, передачи, хранения, обработки и отображения информации; условия возникновения эмиссии с поверхности твердых тел, основные виды эмиссии и их законы; особенности движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях, методы и возможности фокусировки и управления потоком заряженных частиц; устройство и особенности электронных приборов, предназначенных для отображения и преобразования изображений, а также для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.</p> <p>умеет: применять полученные знания для усовершенствования существующих и разработки новых устройств функциональной электроники; рассчитывать основные параметры вакуумных электронных приборов; оценивать области применения вакуумных приборов различных типов.</p>	<p>Практические задания 1-42</p> <p>Контрольные работы</p> <p>Опрос</p> <p>Тесты</p>	<p>Вопрос на экзамене 1-18</p>

		владеет: приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей физической электроники.		
--	--	--	--	--

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Практические задания**

1. Что такое электронные лампы?
2. Какие параметры триода вы знаете?
3. Что такое клистрон. Опишите конструкцию клистрона.
4. Перечислите преимущества клистрона перед лампами СВЧ-диапазона?
5. Что такое лампа бегущей волны. Как она устроена?
6. Что такое лампа обратной волны. Как она устроена?
7. Что такое приборы М-типа и чем они отличаются от приборов О – типа?
8. Что такое магнетрон. Опишите конструкцию магнетрона.
9. Какие электронно-лучевые приборы вы знаете?
10. Что такое кинескоп и как он устроен?
11. Что такое фотоумножитель, и какие явления положены в основы его работы?
12. Что представляет собой явление электронной эмиссии?
13. Что такое явление термоэлектронной эмиссии? Выпишите уравнение Ричардсона-Дешмана.
14. В чем заключается эффект Шоттки?
15. В чем заключается явление фотоэлектронной эмиссии?
16. Выпишите закон Эйнштейна для фотоэффекта. Что такое граница фотоэффекта?
17. Что представляет собой явление автоэлектронной эмиссии. Выпишите закон Фаулера-Нордгейма.
18. Что такое электронная пушка. Как она устроена?
19. Опишите поведение электрона в скрещенном электрическом и магнитных полях.
20. Какие устройства управления электронным пучком вы знаете?
21. Изложите основные положения пучком с помощью электронной оптики.
22. Какие элементы магнитной оптики вы знаете?

23. Каковы физические принципы резонансного метода скоростной модуляции?
24. Каковы физические принципы нерезонансного метода скоростной модуляции?
25. Выпишите закон Рамо для наведенного в цепи тока.
26. Каков принцип отбора энергии из электронного пучка?
27. Перечислите основные физические явления при воздействии электронного пучка на мишень.
31. Интеграл энергии при релятивистских скоростях электронов. Виды электронных траекторий при движении в статических однородных электрическом и магнитном полях.
32. 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.
33. Виды электронных микроскопов (эмиссионный, просвечивающий, отражательный, растровый, автоэлектронный, автоионный), принцип их действия.
34. Принцип работы системы рекуперации энергии электронов в мощных электронных приборах.
35. Отличия режимов температурного ограничения эмиссии и ограничения тока пространственным зарядом в электронных диодах. Закон "трех вторых" для плоского диода.
36. Пушки Пирса. Предельный ток транспортировки электронного пучка в пространстве дрейфа.
37. Силы, действующие на электрон при выходе из твердого тела. Профиль потенциального барьера на границе твердого тела.
38. Теория термоэлектронной эмиссии из твердого тела. Механизмы действия пленочного и оксидного катодов.
39. Изменение профиля потенциального барьера на границе твердого тела под действием внешнего электрического поля. Эффект Шоттки. Автоэлектронная и взрывная эмиссия.
40. Зависимость коэффициента вторичной эмиссии от энергии и угла падения первичных электронов. Распределение вторичных электронов по энергиям.
41. Основные законы внешнего фотоэффекта (законы Столетова и Эйнштейна). Типы фотокатодов и их сравнительные характеристики.

42. Принцип работы и быстроедействие фотоэлементов с внешним фотоэффектом. Фотоумножители.

### Варианты тестов для контроля студентов.

#### Физическая электроника.

При движении электрона в магнитном поле:

1. траектория движения не изменяется
2. траектория движения изменяется
3. энергия электрона не изменяется

Волновые свойства электрона проявляются, если его движение ограничено областью пространства, линейные размеры которого по отношению к длине волны Де-Бройля электрона

1. много меньше
2. соизмеримы
3. много больше

Для нахождения энергии уровня Ферми в металле необходимо знать:

1. концентрацию электронов в металле
2. работу выхода электронов из металла
3. среднюю энергию электронов в металле

С увеличением работы выхода электронов из металла плотность термоэлектронного тока:

1. линейно возрастает
2. увеличивается экспоненциально
3. уменьшается

Фотоэлектронная эмиссия - это испускание электронов под действием

1. нагревания
2. электрического поля
3. электромагнитного излучения

Типичная спектральная характеристика фотокатода имеет вид

1. монотонно растущей кривой
2. монотонно убывающей кривой
3. кривой с максимумом

Глубина проникновения первичных электронов в металл пропорциональна их энергии

1. в степени  $1/2$
2. в степени  $3/2$
3. в степени 2

Автоэлектронная эмиссия – это испускание электронов твердым телом под действием

1. электромагнитного излучения
2. нагревания
3. внешнего электрического поля

Основным условием существования объемного заряда в вакуумном диоде является

1. превышение тока эмиссии над анодным током
2. равенство тока эмиссии и анодного тока
3. превышение анодного тока над эмиссионным

Рабочим режимом вакуумного диода является

1. режим насыщения
2. режим объемного заряда
3. любой участок ВАХ диода

Сетка в триоде служит для

1. снижения анодного напряжения
2. управления анодным током
3. управления плотностью объемного заряда

Коэффициент усиления триода – это частная производная

1. анодного тока по анодному напряжению
2. анодного напряжения по анодному току
3. анодного напряжения по сеточному напряжению

Динатронный эффект проявляется

1. только в диодах
2. только в триодах
3. только в тетрадах

В однородном магнитном поле траекторией электрона является

1. спираль
2. парабола
3. гипербола

Чувствительность электростатической отклоняющей системы

1. растет с ростом длины отклоняющих пластин
2. растет с уменьшением длины отклоняющих пластин
3. не зависит от длины отклоняющих пластин

В кинескопе используется

1. электростатическая фокусировка
2. электростатическое отклонение луча

### 3. магнитная фокусировка

Осциллографические трубки относятся к ЭЛТ типа

1. передающих
2. приемных
3. запоминающих

Напряженность однородного электрического поля между двумя параллельными пластинами

1. уменьшается от катода к аноду
2. увеличивается от катода к аноду
3. неизменна

На участке насыщения ВАХ вакуумного диода анодный ток

1. постоянен
2. растет из-за проявления эффекта Шоттки
3. растет из-за проявления туннельного эффекта

Вторичная электронная эмиссия – это испускание электронов под действием

1. нагревания
2. электромагнитного излучения
3. внешнего электрического поля

### **Перечень вопросов для контрольных работ**

1. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона.
2. Термоэлектронная эмиссия.
3. Фотоэлектронная эмиссия.
4. Явление автоэлектронной эмиссии.
5. Виды газового разряда и применение их в современных технологиях.
6. Основные методы исследования характеристик плазмы.
7. Контактная разность потенциалов, ее проявление в электрических схемах.
8. Применение электронных приборов в усилительных схемах.
9. Сканирующий туннельный микроскоп. Применения последних достижений вакуумной микроэлектроники в науке и технике.
10. Современные генераторы СВЧ и их применение в науке, промышленности и бытовой технике.
11. Современные конструкции и принципы работы плазменных и жидкокристаллических мониторов.
12. Эффект Холла

13. Динамические неоднородности и континуальные среды в полупроводниковой функциональной электронике.
14. МОП конденсатор и неравновесное состояние МОП структуры.
15. Инверсионный слой и поверхностный потенциал МОП структуры.
16. ПЗС с поверхностным каналом и ПЗС с объемным (скрытым) каналом, их свойства.
17. Какие существуют приборы с зарядовой связью?
18. Какова тенденция развития фильтров на ПЗС?
19. Какие существуют виды ФПЗС?
20. Для чего предназначены цифровые ПЗС?
21. Какие недостатки имеют ЗУ на ПЗС?
22. Какие функции выполняет конвольвер?

#### **Примеры заданий для самостоятельной работы.**

1. Рассчитать траекторию электрона для заданной стационарной конфигурации электрического и магнитного полей.
2. Построить изображение в заданной системе электростатических линз.
3. Построить изображение в заданной системе электростатических линз.
4. Построить изображение в заданной системе магнитных линз.
5. Рассчитать аберрации заданной системы электронных линз.
6. Рассчитать режим температурного ограничения эмиссии диода.
7. Рассчитать быстродействие фотоумножителя.
8. Электронно-оптические системы микроскопов в их историческом развитии.
9. Последние достижения эмиссионной электроники.
10. Способы повышения интенсивности электронных пучков.
11. Применения фотоэлектронной эмиссии.
12. Современные устройства с использованием вторичной эмиссии электронов.
13. Перспективные источники для лазеров на свободных электронах.

#### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамену)**

##### **Вопросы к экзамену**

1. Движение электронов в электрическом и магнитном статических полях
2. Токи в лампах СВЧ.
3. Теорема Шокли-Рамо.

4. Виды электронной эмиссии.
5. Термоэлектронная эмиссия.
6. Формула Дэшмана.
7. Эффект Шоттки.
8. Физические явления в вакуумном диоде.
9. Вакуумный триод.
10. Действующий потенциал и проницаемость электрода.
11. Классификация электронных приборов.
12. Особенности работы электронных приборов на СВЧ.
13. Устройство и принцип действия пролетного клистрона.
14. Устройство и принцип действия отражательного клистрона.
15. Устройство и принцип действия магнетрона.
16. Устройство и принцип действия лампы бегущей волны.
17. Замедляющие системы и пространственные гармоники.
18. Устройство и принцип действия лампы обратной волны.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

#### **Основная литература:**

1. Владимиров Г.Г., Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом: Учебное пособие – СПб: Лань, 2013, ISBN:978-5-8114-1515-1, [https://e.lanbook.com/book/38838#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/38838#book_name)
2. Бобылев Ю.Н., Физические основы электроники, Издательство Горная книга, М: 2005, 2-е Издание, ISBN:5-7418-0203-6, <https://e.lanbook.com/book/3486#authors>
3. Сушков А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы: Учебное пособие – СПб: Лань, 2004
4. Щука А.А., Электроника: Учебное пособие. – СПб: БВХ Петербург, 2006

#### **Дополнительная литература:**

1. Жаворонков М.А., Кузин А.В. Электротехника и электроника: Учебное пособие. – М.: ИЦ «Академия», 2005
2. Трубецков Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М. ФИЗМАТЛИТ, Т1. 2003. - 496 с.
3. Трубецков Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М. ФИЗМАТЛИТ, Т2. 2004. - 496 с.
4. Нефедов Е.И., Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие для студентов вузов. М.: Академия, 2009 – 376 с.
5. Электронные устройства СВЧ. Кн. 1/ под редакцией И.В. Лебедева. – М: Радиотехника, 2008 – 355 с.
6. Электронные устройства СВЧ. Кн. 2/ под редакцией И.В. Лебедева. – М: Радиотехника, 2008 – 349 с.

## 5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. В мире науки.
4. Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.
5. Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.
6. Известия ВУЗов. Серия: Физика.
7. Успехи физических наук.
8. Физика. Реферативный журнал ВИНТИ.
9. Электромагнитные волны и электронные системы.
10. Электроника.
11. Электроника. Реферативный журнал ВИНТИ.
12. Электроника: наука, технология, бизнес.

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

На самостоятельную работу студентов отводится 40% времени от общей трудоемкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы студентов организовано в следующих формах:

Самостоятельная работа призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные студентами на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Кроме того, часть времени, отпущенного на самостоятельную работу, должна быть использована на освоение теоретического материала по дисциплине и на подготовку к лабораторным занятиям.

В своей работе обучающийся может использовать: общие рекомендации по самостоятельной работе обучающихся; методические рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям; методические рекомендации по подготовке к семинарским (практическим/лабораторным) занятиям.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта

между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

### 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Аудитория 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Интерактивный проектор и магнитно-маркерная доска.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Аудитории 230С, 317С, 311С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Магнитно-маркерная доска, компьютерная техника с подключением к сети Интернет.
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 205Са	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Оборудование необходимое для проведения лабораторных работ

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 311С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

	образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	--	--