

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от 01.06. 2020 г.

Согласовано:  
Председатель УМК физико-  
технического института

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Салихов Р.Б

\_\_\_\_\_ / Балапанов М.Х

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

*(указать часть (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

11.03.04 электроника и наноэлектроника,

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

Электронные приборы и устройства

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

Бакалавр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)  
Профессор, д.ф.-м.н., профессор  
*(должность, ученая степень, ученое  
звание)*

\_\_\_\_\_ / Салихов Р.Б.

Для приема 2020 г.  
Уфа - 2020г.

Составитель / составители: Профессор, д.ф.-м.н., профессор Салихов Р.Б.  
Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры  
инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники протокол №8 от 01.06.2020 г.

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б./

### **Список документов и материалов**

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

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

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<p>ПК-1.1. Знать электронную эмиссию: основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транспортировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; способы формирования электронных потоков различной интенсивности (электронные пушки и прожекторы), транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров; примеры использования в приборах вакуумной электроники; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы, излучение плазмы</p> <p>ПК-1.2. Уметь решать задачи по основным темам; управление электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления; примеры использования в приборах вакуумной электроники; ионизованный газ и плазма; элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генерации плазмы</p> <p>ПК-1.3. Владение способами, основанные на взаимодействии с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способы, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия (катодоллюминисценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев)</p>

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

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» относится к *обязательной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» заканчивает цикл дисциплин «Общая физика», в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, и начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах микрообъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физический практикум, математический анализ.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

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

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

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

ПК-1- Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Знать основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транс-портировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; способы формирования электронных потоков различной интенсивности; элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генера-	Не знает основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транс-портировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; спосо-	Имеет фрагментарные знания основ электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транс-портировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; спосо-	Достаточно уверенно знает основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транс-портировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; спосо-	Уверенно знает основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транс-портировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские электронные потоки; способы формирования электронных потоков различной интенсивности; элементарные процессы в плазме и на по-

<p>ции плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы</p>	<p>бы формирования электронных потоков различной интенсивности; элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генерации плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы</p>	<p>элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генерации плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы</p>	<p>ных потоков различной интенсивности; элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генерации плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы.</p>	<p>верхностях; основные методы генерации плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы.</p>
<p>ПК-1.2. Уметь применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления; преобразовывать энергию электронного потока в другие виды энергии</p>	<p>Не умеет применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления; преобразовывать энергию электронного потока в другие виды энергии</p>	<p>Частично умеет применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления</p>	<p>Умеет применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления</p>	<p>В полном объеме умеет применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления; преобразовывать энергию электронного потока в другие виды энергии</p>
<p>ПК-1.3. Владеть основными способами, основанные на взаимодействии с внеш-</p>	<p>Не владеет основными способами, основанные на взаимо-</p>	<p>Частично владеет основными способами, основанные на взаимодействии</p>	<p>Владеет методами экспериментального определения электропро-</p>	<p>Уверенно владеет основными способами, основанные на взаимодействии с внешними элект-</p>

ними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способами, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия методы генерации плазмы; моделями для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов.	действию с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способами, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия методы генерации плазмы; моделями для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов.	с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способами, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия методы генерации плазмы; моделями для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов.	водности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике., но не всегда уверенно	ромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способами, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия методы генерации плазмы; моделями для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов.
--	---	--	--	--

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

#### **4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Компетенция (с указанием кода)	Результаты обучения <i>Индикатор достижения компетенции (с кодом)</i>	Оценочные средства
ПК-1- Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и устано-	ПК-1.1. Знать основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторич-	тесты; лаб. работы; решение задач; экзамен

<p>вок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования</p>	<p>но-электронная, фотоэлектронная эмиссия; электронный поток, его формирование и транспортировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки; способы формирования электронных потоков различной интенсивности; элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях; основные методы генерации плазмы; модели для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов; общие свойства плазмы: явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы</p>	
	<p>ПК-1.2. Уметь применять приборы вакуумной электроники; управлять электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов; квазистатические и динамические способы управления; преобразовывать энергию электронного потока в другие виды энергии</p>	
	<p>ПК-1.3. Владеть основными способами, основанные на взаимодействии с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия; способами, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия методы генерации плазмы; моделями для описания свойств плазмы; типы газовых разрядов.</p>	

### Рейтинг – план дисциплины (при необходимости)

#### Рейтинг – план дисциплины

##### «Вакуумная и плазменная электроника»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность \_\_\_\_\_ Электроника и наноэлектроника \_\_\_\_\_  
курс \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_, семестр \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Эмиссионная электроника. Движение электронов в электрических и магнитных полях.»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 1	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				



1. Контрольная работа №1	5	3	0	15
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2 «Элементы газоразрядной электроники. Газоразрядные приборы.»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
3. Контрольная работа №2	5	4	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест 2	3	5	0	15
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах по общей физике (баллы за задачи по атомной физике)			0	<b>10</b>
<b>Итого поощрительных баллов</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
<b>Экзамен</b>	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	

### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов.*

Примерные вопросы для экзамена:

1. Особенности газовой среды
2. Вакуум, степени вакуума, основной критерий степени.
3. Средняя длина свободного пробега частиц в газе.
4. Поверхностный потенциальный барьер.
5. Твердое тело, энергетическая диаграмма.
6. Энергия электронов в кристалле.
7. Плотность энергетических уровней в металле, заполнение уровней.
8. Электрические свойства твердых тел.
9. Термоэлектронная эмиссия.
10. Одномерная энергетическая диаграмма катодов.
11. Влияние внешнего ускоряющего поля на термоэмиссию, эффект Шоттки.
12. Электрический ток в вакууме при наличии объемного заряда.
13. Параметры термокатодов.
14. Вакуумные лампы, характеристики.
15. Фотоэлектронная эмиссия.
16. Законы фотоэмиссии, квантовый выход.
17. Интегральная и спектральная фоточувствительность
18. Вакуумный фотоэлемент.
19. Параметры фотокатодов.

20. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ).
21. Микроканальные пластины.
22. . Электронно-оптические преобразователи (ЭОПы).
23. Электростатическая (автоэлектронная) эмиссия.
24. Вторично электронная эмиссия.
25. . Движение электронов в вакууме в электрическом и магнитных полях.
26. Движение электрона в однородном электрическом поле.
27. Движение электрона в однородном магнитном поле.
28. Закон Снеллиуса –Декарта для электронной оптики.
29. Электронный поток, его формирование.
30. Фокусировка электронного потока в электрических полях.
31. Электростатические линзы.
32. Магнитные линзы.
33. Электростатические отклоняющие системы.
34. Устройство электронно-лучевой трубки.
35. Осциллографические трубки.
36. Газовый разряд, виды.
37. Явление газового усиления.
38. Ионный фотоэлемент.
39. Вторичная ионно-электронная эмиссия.
40. Условие возникновения самостоятельного разряда.
41. Закон Пашена.
42. Коэффициенты Таунсенда для газового разряда.
43. Свойства тлеющего разряда.
44. Условие возникновения дугового разряда.
45. Газоразрядные элементы и устройства.
46. Газосветные лампы, рановидности.
47. Газоразрядные индикаторные панели, плазменные экраны.

**Образец экзаменационного билета:**

**БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Курсовые экзамены 2019/2020 учебного года

Дисциплина Вакуумная и плазменная электроника

«Утверждаю» \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ИТН, профессор Салихов Р.Б.

*Экзаменационный билет № 1*

1. Вакуум, степени вакуума, основной критерий степени.
2. Условие возникновения самостоятельного разряда.

*Примерные критерии оценивания ответа на экзамене (только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):*

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополни-

тельные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **0-10 баллов** выставляется студенту, если он отказался от ответа или не смог ответить на вопросы билета, ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Задания для проведения письменных опросов (тестов)**

#### **Модуль 1. Вакуумная электроника**

**При движении электрона в магнитном поле:**

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

**Динактронный эффект проявляется**

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

**В однородном магнитном поле траекторией электрона является**

1. спираль
2. парабола
3. гиперболола

**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. электронной бомбардировки
3. внешнего электрического поля

## **Модуль 2. Плазменная электроника**

**При упругих столкновениях с атомами или молекулами газа электроны**

1. теряют часть энергии пропорционально отношению масс
2. не обмениваются энергией
3. приобретают часть энергии пропорционально отношению масс

**Состояние вещества в виде низкотемпературной плазмы реализуется в**

1. положительном столбе тлеющего разряда
2. катодных областях тлеющего и дугового разряда
3. искровом разряде

**При неупругих столкновениях второго рода с атомами и молекулами газа электроны**

1. теряют большую часть энергии
2. теряют малую часть энергии
3. приобретают энергию

**Электронное возбуждение атомов и молекул газа при электронном ударе –это процесс столкновения**

1. упругий
2. неупругий первого рода
3. неупругий второго рода

**Зависимость сечения возбуждения атомов и молекул при электронном ударе от энергии электронов имеет вид**

1. экспоненциально возрастающей кривой
2. кривой с максимумом
3. кривой с минимумом

**В условиях неравномерного распределения электрического поля в разрядном промежутке, когда радиус кривизны одного электрода существенно отличается от другого, наиболее вероятно возникновение разряда**

1. тлеющего
2. высокочастотного
3. коронного

**Прерывистый характер присущ разряду**

1. дуговому
2. искровому
3. тлеющему

**Поддержание самостоятельного тлеющего разряда постоянного тока обеспечивается**

1. термоэлектронной эмиссией
2. вторичной электрон-ионной эмиссией
3. фотоэлектронной эмиссией

**Для неравновесной газоразрядной плазмы низкого давления характерное соотношение энергии частиц газа ( $E_g$ ), ионов ( $E_i$ ) и электронов ( $E_e$ ) имеет вид**

1.  $E_e = E_i = E_g$
2.  $E_e \gg E_i > E_g$
3.  $E_i > E_e > E_g$

**Сверхвысокочастотные методы диагностики плазмы преимущественно применяются для исследования характеристик**

1. дугового и высокочастотного разрядов высокого давления
2. искровых разрядов
3. тлеющего разряда низкого давления

**Образование заряженных частиц в объеме самостоятельного тлеющего разряда происходит в основном за счет:**

1. термической ионизации
2. ионизации при прямом электронном ударе
3. фотоионизации

**Зависимость потенциала зажигания разряда от давления (кривая Пашена) имеет вид:**

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

**В газовых стабилитронах используется участок вольт-амперной характеристики, соответствующий**

1. аномальному тлеющему разряду
2. нормальному тлеющему разряду
3. дуговому разряду

**Закономерности развития какого разряда позволяет описать понятие стриммера**

1. дугового
2. тлеющего
3. искрового

**Скорость дрейфа электронов – это скорость:**

1. теплового хаотического движения
2. скорость движения электронов на внешней орбите атома или молекулы
3. скорость направленного движения вдоль силовых линий поля

**Ртуть в люминесцентных лампах используется:**

1. для облегчения зажигания разряда
2. для создания инверсной заселенности в атомах неона
3. как источник УФ излучения

### **Лабораторные занятия по дисциплине и порядок их проведения**

Лабораторный практикум выполняется в соответствии с графиком и календарным планом, составляемым на каждый учебный год. По дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" объем лабораторного практикума составляет 36 час и студенты выполняют 4 - 6 лабораторных работ в зависимости от их сложности (1 - 2 работы по каждому модулю). Описания всех возможных лабораторных работ приведены в лабораторном практикуме. Каждая лабораторная работа выполняется, как правило, индивидуально. Допускается выполнение отдельных лабораторных работ бригадами в составе не более двух студентов.

На первом, вводном занятии до студентов доводится содержание и календарный план проведения практикума, Указывается число баллов, которое может набрать студент при выполнении лабораторного практикума в соответствии с действующей в вузе рейтинговой системой со 100-балльной шкалой оценок, проводится инструктаж по технике безопасности при выполнении работ с оформлением в соответствующем журнале. На этом же занятии преподаватель выдает задания по лабораторным работам первого модуля.

Лабораторные работы выполняются в соответствии с модулями, указанными в рабочей программе. По завершении каждого модуля проводится итоговое занятие, на котором обсуждаются результаты его выполнения и выдаются задания по работам следующего модуля. Итоговое занятие по последнему модулю завершает лабораторный практикум в целом.

Перед каждой лабораторной работой студент сдаёт краткий коллоквиум, отражающий уровень предварительной подготовки к выполнению работы. Коллоквиум проводится в виде устного собеседования с преподавателем или путем тестирования на ПЭВМ.

В процессе выполнения работы студент

- а) изучает по литературным данным параметры и характеристики исследуемого прибора или макета, обращая особое внимание на предельно эксплуатационные параметры;
- б) составляет план проведения эксперимента, оценивает интервал изменения измеряемых величин, выбирает количество характеристик, подлежащих измерению и число точек на кри-

- вых, обращая особое внимание на возможные немонотонности в их ходе, согласует план работы с преподавателем;
- в) изучает экспериментальную установку, собирает (если нужно) измерительную схему, знакомится с правилами эксплуатации всех её элементов и электрорадиоизмерительных приборов;
- г) готовит установку к работе и проверяет правильность подготовки у преподавателя или дежурного инженера;
- д) включает нужные приборы и выполняет запланированный объем измерений, обращая внимание на воспроизводимость результатов. Все экспериментальные данные и показания приборов заносятся в рабочий журнал без каких-либо пересчетов или преобразований в уме;
- е) проводит предварительную обработку результатов эксперимента и сравнивает их с ожидаемыми. Предъявляет полученные данные преподавателю или дежурному инженеру;
- ж) выключает установку и сдает ее дежурному инженеру.

Все данные, полученные в ходе работы, записываются в рабочий лабораторный журнал. Рабочий журнал по лабораторному практикуму ведется в отдельной тетради. По каждой лабораторной работе в журнал заносятся:

- название работы;
- задание на выполнение работы;
- план работы;
- схема установки;
- первичные экспериментальные данные в виде таблиц без каких-либо пересчетов или преобразований;
- результаты предварительной обработки данных в объеме, необходимом для определения их полноты и надежности.

По окончании работы лабораторный журнал подписывается преподавателем.

По итогам каждой лабораторной работы оформляется отчет, который сдается преподавателю на следующем после выполнения данной работы занятии.

Отчет должен включать:

- краткое теоретическое введение, отражающее устройство, принцип действия и назначение исследуемого прибора;
- задание на выполнение работы;
- план проведения эксперимента;
- схему установки и ее краткое описание;
- результаты и их обсуждение, в том числе анализ погрешности эксперимента, методике обработки результатов,
  - теоретические расчеты, анализ полученных данных и сравнение их с литературными;
  - выводы;
- список использованной литературы.

По итогам каждой лабораторной работы преподаватель выставляет оценку, учитывающую предварительную подготовку, объем и качество экспериментальной части работы, глубину обсуждения результатов и качество отчета.

"Удовлетворительно" выставляется при выполнении работы по стандартной схеме и удовлетворительном знании основных закономерностей изучаемого явления.

"Хорошо" выставляется при наличии творческого, тщательно продуманного плана работы, качественного выполнения экспериментальной части, детального анализа полученных результатов и хороших знаний изучаемого вопроса.

"Отлично" требует нестандартного подхода к выполнению работы, включения в нее элементов исследования, машинной обработки результатов.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. Сушков Вакуумная электроника: Физико-технические основы.— СПб. [и др.]: Лань, 2004 .— 462 с [В библиот. БашГУ имеется 5 экз.]
2. Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. Эмиссионная электроника. – М.:Наука, 1966. – 564с.
3. Протасова, Ю. С., Чувашев, С. Н. Основы плазменной электроники.— М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 .— 632 с.

#### Дополнительная литература:

1. Светцов В.И. Вакуумная и плазменная электроника .— Иваново, 2003 .— 171с.
2. Гусев, В. Г., Гусев, Ю. М. Электроника .— М.: Высш. шк., 1982 .— 496 с.
3. Светцов, В. И., Рыбкин, В. В., Титов, В. А. и др. Физическая электроника и электронные приборы. Лабораторный практикум. Иваново, 2001.— 234 с

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

1. <http://window.edu.ru/resource/528/69528/files/vpe.pdf>
2. <https://studfiles.net/preview/1007673/>
3. [https://www.twirpx.com/files/radioelectronics/components/electrovacuum/vacuum\\_plasma/](https://www.twirpx.com/files/radioelectronics/components/electrovacuum/vacuum_plasma/)

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

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

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Вакуумная и плазменная электроника	<b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b>	<b>Аудитория 415</b> Доска, учебная мебель, проектор <b>Лаборатория материалов электроники</b>	1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian



	<p>аудитория 415 (физико-технического корпус учебное)</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа:</b> лаборатория материалов электронной техники 408 (физико-технического корпус учебное)</p> <p><b>3. учебная аудитория для консультирования и промежуточной аттестации:</b> аудитория 415 (физико-математический корпус учебное)</p> <p><b>4. помещения для самостоятельной работы</b> Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж): Зал доступа к электронной информации Библиотеки</p> <p><b>5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> Лаборатория по техническому обеспечению учебного процесса, к.605 г</p>	<p><b>тронной техники № 408</b> Учебная мебель, доска аудиторная, генератор сигналов Г3-102, генератор GFG-8215A, измеритель добротности Е4-11, монитор 17 «Samsung 783 DF», монитор 17 «Samsung 783 DF», монитор 15 «LG 1530S Flatron», монитор 17 «Samsung 793 MB», монитор 15 «LG 575e, ТСО»99, мост точный ВМ-401Е, нановольтамперметр Р 341, нановольтамперметр Р 341, насос ротационный РВ-5/2А, осциллограф С1-68, осциллограф С1-83, осциллограф С1-83, осциллограф С1-112А, осциллограф GOS-620, потенциометр КСП-4, потенциометр Р 363-3, потенциометр Р 363-3, принтер SAMSUNG ML-1615 лазерный, системный блок компьютера Intel Celeron, системный блок компьютера Intel Celeron, системный блок компьютера Celeron-D 326, станок сверлильный 2М 112, сушилка лабораторная вакуумная СПТ-200, шкаф сушильный SPT-200</p> <p><b>Читальный зал</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50, ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест – 8</p> <p><b>Лаборатория 605 г</b> Станок токарный ТВ16; Станок сверлильный НС-Ш; Осциллограф С1-67; Паяльная аппаратура; Весы аналитические Labof; Весы лабораторные; Шкаф с набором вспомогательного материала (резисторов, конденсаторов, предохранителей и т.д) Набор инструментов для ремонта оборудования</p>	<p>Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>3. Система централизованного тестирования Moodle. Лицензион &lt;<a href="http://www.gnu.org/licenses/gpl.html">http://www.gnu.org/licenses/gpl.html</a>&gt;</p>
--	--	---	--

Приложение № 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» на 5 семестр  
 (наименование дисциплины)  
очная  
 форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор, д.ф.-м.н., Салихов Ренат Баязитович,  
 (должность, уч. степень, ф.и.о.)

Лабораторные занятия: профессор, д.ф.-м.н., Салихов Ренат Баязитович  
 (должность, уч. степень, ф.и.о.)

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	36
практических/ семинарских	36
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	26
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	44

Форма контроля:  
 экзамен 5 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Модуль 1. Эмиссионная электроника. Движение электронов в электрических и магнитных полях.</b> Электрон и его свойства. Электроны в металлах. Термоэлектронная эмиссия металлов. Вывод и анализ уравнения Ричардсона-Дэшмана. Простые металлические термокатоды. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды. Эффект Шоттки. Эмиссия с поверхности полупроводников. Оксидный катод.	4		4	4	1 (§12), 2 (§117,118), 3 (§8,10), 5(§1)	2(§119,120), 4(5.292, 293, 296, 305).	
2	Фотоэлектронная эмиссия. Основные закономерности, сложные фотокатоды. Фотоэлектронные приборы. Вторичная электронная эмиссия и её применение в приборах. Фотоэлектронные и вторичные электронные умножители. Автоэлектронная эмиссия.	4		4	4	1(§6,8,9), 3(§11), 5(§2,3)	1(§3), 4(49,50, 62,63)	Тест
3	Электронная оптика - основные понятия, сходство и различия световой и электронной оптики. Электронные линзы. Движение электронов в магнитных полях. Магнитные линзы.	2		2	4	1(§16,17), 3(§13-15), 5(§3-8).	4(§67,72,75, 77)	
4	Электронно-оптические системы и принципы их построения. Особенности формирования интенсивных	4		4	4	1(§16,17), 3(§13-15), 5(§3-8).	4(§67,72,75, 77)	

	пучков. Ионно-оптические системы. Отклонение электронов в электрических и магнитных полях. Отклоняющие системы. Принципы построения и работы электронно-лучевых приборов.							
5	Движение электронов в режиме объемного заряда. Вывод уравнения "трех вторых". Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов. Особенности движения электронов в СВЧ-полях. Наведённые токи. Физические основы работы клистронов, ламп бегущей волны, магнетронов..	4		4	6	1 (26,27,29), 3(\$17-20), 5(9-11).	6(\$23), 4(\$6.80,81,84,85)	Тест
8	<b>Модуль 2. Элементы газоразрядной электроники. Газоразрядные приборы.</b> Движение электронов в газах. Столкновения. Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашина.	4		4	4	1 (\$30,31), 3 (\$21,22), 5 (\$12, 15, 20)	4(6.122,124)	
9	Тлеющий разряд. Феноменологическое описание. Теория катодных областей разряда. Приборы тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. Коронный разряд. Применение разрядов.	2		2	4	3(\$21,23), 5(\$21,27), 1(\$33,34)	4 (6.105, 107, 111)	Тест
10	Плазма - основные понятия. Параметры плазмы и их определение. Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений. Излучение плазмы и его применение в приборах. Газоразрядные индикаторные панели.	4		4	4	1(\$37,39), 5(\$25,30)	4(6.154, 156,160)	
	<b>Всего часов:</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>70</b>			

