

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕН-  
НЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

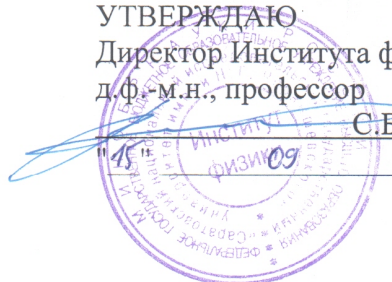
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,  
д.ф.-м.н., профессор

С.Б. Вениг

2021 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Вакуумная и плазменная электроника**

Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки  
«Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов, 2021 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Ремпен Ирина Сергеевна		14.09.21
Председатель НМС	Скрипаль Анатолий Владимирович		14.09.21
Заведующий кафедрой	Гришин Сергей Валерьевич		14.09.21
Специалист Учебно-го управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» являются:

1. Развитие общепрофессиональных компетенций в области изучения и анализа открытых нелинейных систем в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и наноэлектроника»;
2. Приобретение навыков самостоятельного решения практических задач;
3. Формирование у обучающихся навыков владения современным математическим аппаратом для описания процессов, протекающих при взаимодействии заряженных частиц с электрическими и магнитными полями;
4. Приобретение навыков работы с экспериментальными электрическими схемами, построенными на основе как вакуумных, так и газоразрядных электронных приборов.
5. Формирование навыков экспериментального исследования, работы с современным измерительным оборудованием.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП и изучается студентами очной формы обучения института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», в течение 6-го учебного семестра. Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать знаниями в рамках дисциплин «Математический анализ и ТФКП», «Векторный и тензорный анализ», «Механика» «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Атомная и ядерная физика», изучаемых в 1 - 5 семестрах в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» содержит описание как теоретических сведений, так и практических методов и приемов работы с современными электронными приборами и схемами, знание которых необходимо для освоения ООП по направлению «Электроника и наноэлектроника».

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>ОПК-1</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>1.1_Б.ОПК-1.</b> Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов. <b>2.1_Б.ОПК-1.</b> Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения	<u>Знает</u> , как находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи из области физики и электроники. <u>Умеет</u> анализировать поставленную задачу, определять основные физические законы и математические методы,

	<p>задач теоретического и прикладного характера.</p> <p><b>3.1 Б.ОПК-1.</b></p> <p>Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>необходимые для ее решения, рассматривать различные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки; использовать полученные знания при анализе и решении проблем профессиональной деятельности</p> <p><u>Владеет</u> аппаратом математического и векторного анализа для решения практических задач физики и электроники; методами обработки и представления экспериментальных данных, оценки погрешности результатов расчетов и измерений, методами анализа и содержательной интерпретации полученных результатов.</p>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекц	лаборат. раб.	практ	СР	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка		
1	Раздел 1. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.	6	1-5	10	10		14	Текущий-контроль практических навыков в процессе проведения лабораторных занятий

2	Раздел 2. Основы эмиссионной электроники	6	6-10	10	10			16	Текущий-контроль практических навыков в процессе проведения лабораторных занятий. Контрольная работа
3	Раздел 3. Электрический ток в газе. Плазма.	6	11-16	12	12			14	Текущий-контроль практических навыков в процессе проведения лабораторных занятий
	<b>Промежуточная аттестация</b>	6							<b>Экзамен</b>
	<b>Итого ( 144 часа)</b>	6		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	
	<b>Контроль</b>			<b>36</b>					

## Содержание учебной дисциплины

### РАЗДЕЛ I. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

#### 1. Общие закономерности

Законы сохранения. Волновые свойства электрона. Движение заряженных частиц в однородных полях (общий случай, движение только в электрическом поле, движение только в магнитном поле, движение во взаимноперпендикулярных полях).

Отклонение и фокусировка заряженных частиц (фокусировка в однородном магнитном поле, фокусировка в однородном электрическом поле, отклонение в магнитном поле, отклонение в электрическом поле).

#### 2. Электронная оптика

Электростатические электронные линзы. Общая теория фокусирующего действия аксиально-симметричного поля. Теория тонких электростатических линз. Типы электростатических электронных линз (линзы-диафрагмы, бипотенциальные линзы, одиночные линзы, электростатические зеркала).

Магнитные линзы. Механизм фокусировки в магнитной линзе. Влияние экранирования.

Аберрации электронных линз.

Устройство электронно-лучевой трубки. Основные элементы. Изучение переменных напряжений с помощью ЭЛТ.

### **3. Движение потока электронов с учетом пространственного заряда.**

Особенности движения потока электронов, ограниченного пространственным зарядом. Уравнение Пуассона. Закон степени  $3/2$ . Устройство вакуумного диода, распределение потенциала, вольтамперная характеристика.

## **РАЗДЕЛ II. ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ**

### **1. Введение.**

Природа потенциального барьера на границе металл – вакуум. Контактная разность потенциалов.

### **2. Термоэлектронная эмиссия.**

Плотность термоэмиссионного тока. Формула Ричардсона-Дешмана. Понятие прозрачности потенциального барьера. Распределение скоростей термоэлектронов.

### **3. Фотоэлектронная эмиссия**

Законы Эйнштейна и Столетова. Спектральные фотохарактеристики элементов. Влияние поляризации света на фотоэмиссию. Теория фотоэмиссии металлов (теория Фаулера). Влияние температуры на фототок. Фотоэмиссия полупроводников и диэлектриков. Внутренний фотоэффект.

### **4. Автоэлектронная эмиссия**

Влияние внешнего электрического поля на потенциальный барьер на границе металла. Теория эффекта Шоттки.

Переход электронов сквозь потенциальный барьер. Потенциальный барьер как граница раздела двух сред (оптическая аналогия). Прозрачность барьера. Формула Фаулера-Нордгейма. Автоэмиссионные катоды, их изготовление. Туннельный микроскоп и микроскоп на атомных силах. Другие примеры применения автоэмиссии.

### **5. Взрывная эмиссия.**

Качественное рассмотрение взрывной эмиссии. Физические процессы, протекающие при взрывной эмиссии.

### **6. Вторичная электронная эмиссия.**

Качественное рассмотрение вторичной эмиссии. Распределение вторичных электронов по скоростям. Коэффициент вторичной эмиссии. Теория вторичной эмиссии. Формула Виддингтона.

## РАЗДЕЛ III. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ

**1.** Качественное описание разрядной ВАХ. Ионизация и рекомбинация. Направленное движение электронов и ионов в газе. Дрейфовое движение носителей заряда в газе. Диффузионное движение. Лавинная ионизация. Полная система уравнения газового разряда. Переход от несамостоятельного разряда к самостоятельному, кривые Пашена. Таунсендовский (темный) разряд, особенности теории Таунсенда.

**2. Виды газового разряда. Качественное описание, примеры, применение.**

Тлеющий разряд.

Дуговой разряд.

Искровой разряд.

Коронный разряд.

**3. Плазма.**

Общая характеристика плазмы. Коэффициент ионизации, понятие высокотемпературной и низкотемпературной плазмы.

Квазинейтральность. Радиус Дебая. Условие существования плазмы.

Плазма как идеальный газ.

Колебания в плазме. Ленгмюровская частота.

Характеристики плазмы и методы их определения. Ленгмюровский метод зондов. Спектральные методы. Радиометрические методы.

### Перечень лабораторных работ

**Лабораторная работа №1** – Изучение движения заряженных частиц в однородном тормозящем электрическом поле

**Цель работы** – изучение движения заряженных частиц в однородном тормозящем электрическом поле и его фокусирующих и дисперсионных свойств на примере плоскопараллельного спектрометра энергий заряженных частиц.

Содержание теоретического раздела и экспериментальной части в описании к лабораторной работе:

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Движение заряженных частиц в однородном электрическом поле.

2.2. Фокусирующие и дисперсионные свойства однородного электростатического поля и использование их в спектрометрах энергии заряженных частиц.

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание экспериментальной установки. Обработка результатов.

**Задание**

1. Снять зависимость тока верхней пластины конденсатора от тормозящего напряжения в интервале ускоряющих напряжений 20-40В через 5В и опреде-

лить средний угол ввода пучка в спектрометр, используя зависимость  $\frac{J_{\text{п}}}{J_{\text{п,max}}} = f\left(\frac{V_{\text{т}}}{V_0}\right)$ .

2. Снять зависимости  $J_{\text{к}} = f(V_{\text{т}})$  коллекторного тока от тормозящего напряжения при ускоряющих потенциалах 20-40В через 5В. Определить  $K$  коэффициент связи спектрометра.

3. Рассчитать максимальную высоту и дальность полета электрона. Значения  $K$  и  $\alpha$  взять из эксперимента.

4. Определить разрешение спектрометра.

5. Определить геометрическую ширину изображения входной щели, и угол полураствора пучка, величину дисперсии и удельной дисперсии.

**Лабораторная работа №2** – Изучение движения заряженных частиц в комбинированных статических электрических и магнитных полях

**Цель работы** – изучение движения заряженных частиц в комбинированных статических, электрических и магнитных полях на примере цилиндрического магнетронного диода и электронно-лучевой трубки

Содержание теоретического раздела и экспериментальной части в описании к лабораторной работе:

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Силы, действующие на заряженную частицу, и уравнение движения

2.2. Движение электрона в цилиндрическом диоде во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях

1. Движение электрона в продольном магнитном поле

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание экспериментальной установки. Обработка результатов

**Задание**

1. Снять семейство зависимостей анодного тока  $I_{\text{а}}$  в магнетронном диоде от величины магнитного поля  $B$  при значениях анодного напряжения в интервале 150-600 В.

2. Построить полученное семейство зависимостей в координатах  $\frac{I_{\text{а}}}{I_{\text{а0}}}$ ,  $\frac{B}{\sqrt{V_{\text{а}}}}$ , где  $I_{\text{а0}}$  - величина анодного тока в отсутствии магнитного поля.

3. Определить из построенного графика среднюю величину  $\frac{B}{\sqrt{V_{\text{а}}}}$ , соответствующую критическому режиму, и по формуле (9) вычислить удельный заряд электрона.

4. Сфокусировать луч в центре ЭЛТ при отсутствии отклоняющего напряжения и магнитного поля.

5. Выставить отклоняющее напряжение  $V_{\text{откл}}$  так, чтобы пятно сместилось к краю экрана. При прохождении луча вблизи центра экрана соответственно при

$n = 1, 2, 3, \dots$  измерить ток соленоида и по формуле (12) вычислить величину магнитного поля. Измерения провести при 3-4 значениях ускоряющего напряжения.

6. Построить график в координатах  $\frac{B}{\sqrt{V_a}}$ ,  $\frac{V_{откл}}{V_a}$ . Графически усредняя полученные значения  $\frac{B}{\sqrt{V_a}}$  для каждого  $n$ , определить по формуле (16) удельный заряд электрона.

### **Лабораторная работа №3 – Эффекты пространственного заряда электронов в диодных промежутках**

**Цель работы** – изучение процессов, связанных с проявлением поля пространственного заряда при прохождении заряженных частиц в вакуумных приборах.

Содержание теоретического раздела и экспериментальной части в описании к лабораторной работе:

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Используемая модель. Основные уравнения

2.2. Распределение потенциала в межэлектродном промежутке

2.3. Зависимость минимального безразмерного потенциала  $V_m/V_2$  в межэлектродном промежутке от тока влета

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание экспериментальной установки. Обработка результатов

#### **Задание**

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и работой на ней.

2. Снять зависимость  $J_\alpha = J_\alpha(V_1)$ ,  $J_\varepsilon = J_\varepsilon(V_1)$  при  $V_2 = 80\text{В}$ ,  $V_\alpha = 2, 3, 4\text{В}$ . Потенциал управляющей сетки  $V_1$  изменять через 0,5В от -9В до 0.

3. Снять зависимость,  $J_\alpha = J_\alpha(V_1)$ ,  $J_\varepsilon = J_\varepsilon(V_1)$  при  $V_2 = 100\text{В}$ ,  $V_\alpha = 2, 3, 4\text{В}$ . Потенциал управляющей сетки  $V_1$ , изменять через 0,5В от -9В до 0.

4. Построить зависимости  $J_\alpha = J_\alpha(V_1)$ ,  $J_\varepsilon = J_\varepsilon(V_1)$  по данным п.п. 2,3.

5. Для каждого значения  $V_1$  определить катодный ток  $J_k = J_\alpha + J_\varepsilon$  и построить зависимости  $J_\alpha = f(J_k)$ ,  $J_\varepsilon = f(J_k)$  при  $V_2 = 80\text{В}$  и  $100\text{В}$ . Параметром семейства кривых является значение анодного напряжения  $V_\alpha$ .

6. Объяснить полученные зависимости.

### **Лабораторная работа №4 – Контактная разность потенциалов**

**Цель работы** – изучение образования контактной разности потенциалов, возникающей при контакте металлов, ее измерение термоэлектронным методом, а также определение работы выхода электронов из контактирующих металлов.

Содержание теоретического раздела и экспериментальной части в описании к лабораторной работе:

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Элементы статистики электронов в металле. Работа выхода



2.2. Контакт двух металлов. Внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов

2.3. Измерение контактной разности потенциалов термоэлектронным методом

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание экспериментальной установки. Обработка результатов

**Задание**

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и работой на ней.
2. Снять вольт-амперные характеристики диода при токах накала  $I_H = 160, 180, 200 \text{ mA}$  в интервале изменения анодного напряжения  $0-1,5 \text{ В}$ . Построить вольт-амперные характеристики диода  $I_a = f(U_a)_{I_H = \text{const}}$  и зависимость  $I_e = f(I_H)$  тока эмиссии от тока накала.
3. По вольт-амперным характеристикам, построенным в полупологарифмическом масштабе, определить верхнюю границу по анодному напряжению области начальных токов при различных токах накала. Определить контактную разность потенциалов, экстраполируя полученные данные к нулевому току накала. Определить температуру катода при различных токах накала.
4. Определить работу выхода катода, используя данные п.2 по току эмиссии и п.3 по температуре катода. Определить работу выхода анода по найденным значениям контактной разности потенциалов и работы выхода катода.

## **Лабораторная работа №5 – Изучение фотоэффекта**

**Цель работы** – изучение закономерностей внутреннего и внешнего фотоэффекта и исследование характеристики некоторых типов фотоэлементов и фотосопротивлений, работа которых основана на этом явлении.

Содержание теоретического раздела и экспериментальной части в описании к лабораторной работе:

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1. Внешний фотоэффект

2.2. Внутренний фотоэффект

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание экспериментальной установки. Обработка результатов

**Задание**

1. Снять вольтамперные характеристики вакуумного и газонаполненного фотоэлементов в интервале напряжений от  $0$  до  $300 \text{ В}$  при двух значениях освещенности.
2. Выяснить зависимость фототока от освещенности. Для газонаполненного фотоэлемента определить коэффициент газового усиления.
3. Снять спектральную характеристику вакуумного фотоэлемента и сравнить её с типовой. Температура нити накала  $T = 2070 \text{ К}$ . Оценить красную границу фотоэффекта.

4. Снять световые характеристики фотосопротивления при ускоряющих напряжениях 20В, 40В, 60В.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Лекционно-лабораторно-зачетная система обучения;
- Информационно-коммуникационные технологии;
- Проектные методы обучения;
- Лабораторные исследования;
- Исследовательские методы в обучении;
- Проблемное обучение.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (лабораторные экспериментальные исследования, компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- формирование навыков проведения экспериментальных исследований;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в области анализа сложных электронно-волновых систем и различных технических устройств на их основе в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;

- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

В рамках учебного курса предусмотрены также встречи с представителями российских компаний и научных организаций.

Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

1. стимулирование мотивации и интереса в области анализа сложных систем и обработки данных и в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
2. повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
3. развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
4. саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

В институте предусмотрена также возможность получения высшего образования *гражданами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами*. В данном случае при изучении отдельных дисциплин применяются следующие адаптивные технологии:

7. Индивидуальные консультации;
8. Педагогическое сопровождение учебного процесса студентов с ограниченными возможностями здоровья в зависимости от нозологий, например, опорные конспекты лекций для студентов с патологиями слуха, аудиозаписи лекций для студентов с патологиями зрения;
9. Увеличение времени на 30% при подготовке к ответу во время промежуточной аттестации.
10. Предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
11. Организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
12. Проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;

13. Использование индивидуальных графиков обучения:

14. Использование дистанционных образовательных технологий.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков работы с литературой и представления своих результатов.

Самостоятельная работа студента включает в себя составление и оформление отчетов.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Важную роль при освоении дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров «Электроника и наноэлектроника».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, семинарах, лабораторных занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- Работа с конспектами лекций.
- Проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- Написание рефератов по отдельным разделам дисциплины.
- Подготовка научных докладов и творческих работ,
- Проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- Самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса.
- Работа над проектами.
- Подготовка к лабораторным занятиям.
- Изучение литературы по теме занятия.
- Подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
- Выполнение контрольных работ.
- Подготовка группового отчета или презентации.

В целях фиксации результатов самостоятельной работы студентов по дисциплине проводится аттестация самостоятельной работы студентов. Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра и завершается в период зачетно-экзаменационной сессии перед аттестацией учебной работы студентов по дисциплине.

При освоении дисциплины используются следующие формы контроля самостоятельной работы:

- устный опрос,
- доклад,
- реферат,
- отчет по выполненной лабораторной работе,
- тест,
- контрольная работа.

Студент организует самостоятельную работу в соответствии с рабочим учебным планом и графиком, рекомендованным преподавателем. Студент должен выполнить объем самостоятельной работы, предусмотренный рабочим учебным планом, максимально используя возможности индивидуального, творческого и научного потенциала для освоения образовательной программы в целом. Самостоятельная работа студентов может носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. Самостоятельная работа, носящая репродуктивный характер, предполагает, что в процессе работы студенты пользуются методическими материалами и методическими пособиями, в которых указывается, в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращается внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов. Самостоятельная работа, носящая частично-поисковый характер и поисковый характер, нацеливает студентов на самостоятельный выбор способов выполнения работы, на развитие у них навыков творческого мышления, инновационных методов решения поставленных задач.

Студенту при выполнении самостоятельной работы по дисциплине следует:

1. Внимательно изучить материалы, характеризующие курс и тематику самостоятельного изучения. Это позволит четко представить как круг, изучаемых тем, так и глубину их постижения.
2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем. Существует список литературы. Который носит рекомендательный характер, это означает, что всегда есть литература, которая может не входить в данный список, но является необходимой для освоения темы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов:
  - учебники, учебные и учебно-методические пособия;
  - первоисточники. К ним относятся оригинальные работы теоретиков, разрабатывающих проблемы.

- монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, любой эмпирический материал;
  - справочная литература – энциклопедии, словари, тематические, терминологические справочники, раскрывающие категориально-понятийный аппарат;
3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу. Работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания категорий посредством обращения к энциклопедическим словарям и справочникам.
  4. Абсолютное большинство проблем носит не только теоретический, умозрительный характер, но самым непосредственным образом выходят на жизнь, они тесно связаны с практикой социального развития, преодоления противоречий и сложностей в обществе. Это предполагает наличие у студентов не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструмента для анализа социальных проблем. Иными словами студент должен совершать собственные интеллектуальные усилия, а не только механически заучивать понятия и положения.
  5. Соотнесение изученных закономерностей с жизнью, умение достигать аналитического знания предполагает у студента мировоззренческой культуры. Формулирование выводов осуществляется прежде всего в процессе творческой дискуссии, протекающей с соблюдением методологических требований к научному познанию.

Контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации, задания для самостоятельной работы, лабораторных занятий приведены в приложении «Фонд оценочных средств дисциплины».

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	10	40	0	10	0	0	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента 6 семестр

#### Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

**Лабораторные занятия**

от 0 до 40 баллов.

Критерии оценки:

Выполнение лабораторных работ. Количество баллов за каждую работу определяется как  $40/5$ , где 5 – число работ.

**Практические занятия**

Не предусмотрены

**Самостоятельная работа**

от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

Работа с литературой – 0-10 баллов.

**Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

**Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрены

**Промежуточная аттестация (экзамен)**

Экзамен проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 25 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 15 до 24 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 14 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 6 семестр (экзамен) по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2. Таблица пересчёта полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника» в оценку (экзамен):

85-100 баллов	«отлично»
71-84 баллов	«хорошо»
51-70 баллов	«удовлетворительно»
0-50 баллов	«неудовлетворительно»

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) литература:

1. Щука А. А. ЭЛЕКТРОНИКА В 4 Ч. ЧАСТЬ 1 ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА [Электронный ресурс]: Учебник. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2022. - 172 с. – ЭБС «ЮРАЙТ»
2. Щука А. А. Электроника: учеб. пособие /. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 739 с. **Гриф УМО** (7 экз.)
3. Владимиров Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Электронный ресурс]. - Москва : Лань", 2021. - 368 с. - ЭБС "ЛАНЬ"
4. Сушков А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы. СПб. – М. – Краснодар: Лань, 2004. – 462 с. (64 экз.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. OS MS Windows
2. Adobe Acrobat Reader
3. MS Office
4. свободный программный продукт для визуализации численных данных Gnuplot
5. Свободно распространяемые среды программирования (Lazarus и т.п.)

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

2. Мультимедийное оборудование;
3. Компьютерное оборудование с лицензионным или свободно распространяемым программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.02 «Электроника и наноэлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и наноэлектроника, диагностика nano- и биомедицинских систем»

Автор:

к.ф.–м.н., доцент кафедры электроники,  
колебаний и волн

Ремпен И.С.

Программа разработана в 2020 году и одобрена на заседании кафедры электроники, колебаний и волн от 01.09.2020 года, протокол № 6.

Программа актуализирована в 2021 году и одобрена на заседании кафедры электроники, колебаний и волн от 14.09.2021 года, протокол № 14.