

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СарФТИ НИЯУ МИФИ)**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Радиофизика и электроника»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФТФ, член-  
корреспондент РАН**

\_\_\_\_\_ **А.К. Чернышев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Вакуумная и плазменная электроника**

наименование дисциплины

|  |   |
|--|---|
| Направление подготовки (специальность) | <u>11.04.04 Электроника и нанoeлектроника</u> |
| Наименование образовательной программы | <u>Электронные приборы и устройства</u>       |
| Квалификация (степень) выпускника      | <u>магистр</u>                                |
| Форма обучения                         | <u>очная</u>                                  |

Программа одобрена на заседании кафедры

протокол № 3 от 17.12.2021г.

Зав. кафедрой РФЭ

д.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ **Д.Б. Николаев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022г.**

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой РФЭ, д.т.н., доцент Д.Б. Николаев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой РФЭ, д.т.н., доцент Д.Б. Николаев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой РФЭ, д.т.н., доцент Д.Б. Николаев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой РФЭ, д.т.н., доцент Д.Б. Николаев

| Семестр      | В форме практической подготовки | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | СРС, час. | КР/КП    | Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/ |
|--------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|-----------|----------|-----------------------------------|
| 1            | 16                              | 3                   | 108                     | 16           | 32                     | -                     | 60        | 0        | Зач                               |
| <b>ИТОГО</b> | <b>16</b>                       | <b>3</b>            | <b>108</b>              | <b>16</b>    | <b>32</b>              | <b>-</b>              | <b>60</b> | <b>0</b> | <b>36</b>                         |

## **АННОТАЦИЯ**

Учебная дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» предполагает изучение устройства, принципов работы, характеристик и схем включения электронных вакуумных и газоразрядных приборов, а также развитие навыков проведения экспериментов в специализированных лабораториях. Основной целью дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» является формирование базового уровня специальных теоретических и практических знаний, которые обеспечили бы возможность понимать и анализировать процессы, протекающие в вакуумных и плазменных устройствах.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» имеет цель – изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения. Основным акцентом делается на описании процессов группирования в электронных пучках, описании волн пространственного заряда и их взаимодействии с электромагнитными волнами. Задачами курса является изучение физических основ работы вакуумных и газоразрядных приборов, методов анализа электронных процессов в приборах и расчета их параметров и характеристик, а также выявление связей между принципами работы, параметрами приборов и свойствами материалов, технологическими процессами.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» является продолжением изучения курса общей радиотехники, электротехники, физических основ электроники СВЧ, электродинамики и микроволновой техники, компьютерного моделирования и проектирования электронных приборов и устройств. Знания и практические навыки, полученные в курсе «Вакуумная и плазменная электроника» используются обучаемыми при разработке курсовых и дипломных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и математики. Необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисление, основы теории цепей, основы радиотехники и электротехники, физики плазмы. Необходимо ориентироваться в задачах радиофизики и радиотехники, электродинамики и микроволновой техники.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

#### Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД)  | Объект или область знания  | Код и наименование профессиональной компетенции  | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции  |
|---|--|--|--|
| <b>Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>   |  |  |  |
| Компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере | Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники | <p>ПК-4 Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов<br/>           Профессиональный стандарт «40.008. Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»<br/>           В/01.6. Организация выполнения научно-исследовательских работ по проблемам, предусмотренным тематическим планом сектора (лаборатории)</p> | <p>З-ПК-4 Знать: современные экспериментальные методы в области физики конденсированного состояния, электроники и нанoeлектроники<br/>           У-ПК-4 Уметь: проводить экспериментальные исследования в электронике и нанoeлектронике с применением современных средств и методов.<br/>           В-ПК-4 Владеть: компьютерными технологиями в применении к экспериментальным исследованиям в электронике и нанoeлектронике.</p> |
|   |  | <p>ПК-5 Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.<br/>           Профессиональный стандарт «40.008. Специалист по организации и</p>  | <p>З-ПК-5 Знать: современные теоретические и экспериментальные достижения в области электроники и нанoeлектроники<br/>           У-ПК-5 Уметь: делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем.</p>   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  | <p>управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»<br/>В/02.6. Управление ресурсами соответствующего структурного подразделения организации</p>   | <p>В-ПК-5 Владеть: навыками подготовки научных публикаций и заявок на изобретения</p>   |
|  |  | <p>ПК-6 Способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях<br/>Профессиональный стандарт «40.008. Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»<br/>В/03.6. Организация анализа и оптимизации процессов управления жизненным циклом проектирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p> | <p>З З-ПК-6 Знать: основные законы высшей математики, физики конденсированных сред и других естественнонаучных дисциплин.<br/>У-ПК-6 Уметь: использовать основные законы физики конденсированных сред, методы высшей математики в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях по электронике и нанoeлектронике.<br/>В-ПК-6 Владеть: навыками математического и компьютерного моделирования в исследованиях по электронике и нанoeлектронике.</p> |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

| № п/п                           | Наименование раздела /темы дисциплины          | № недели       | Виды учебной работы |                          |             |     |    | Текущий контроль (форма)* | Максимальный балл (см. п. 6.3) |
|---------------------------------|--|----------------|---------------------|--------------------------|-------------|-----|----|---------------------------|--------------------------------|
|                                 |  |                | Лекции              | Практ. занятия/ семинары | Лаб. работы | СРС |    |                           |                                |
|                                 |  |                | 16                  | 32                       |             | 60  |    |                           |                                |
| Семестр № 1                     |  |                |                     |                          |             |     |    |                           |                                |
| 1.                              | <b>Особенности электронных приборов на СВЧ</b> |                | 8                   | 16                       |             | 28  |    |                           |                                |
| 1.1.                            | Тема 1   | 1-2            | 2                   | 4                        |             | 7   | УО | 2                         |                                |
| 1.2.                            | Тема 2   | 3-4            | 2                   | 4                        |             | 7   | УО | 2                         |                                |
| 1.3                             | Тема 3   | 5-6            | 2                   | 4                        |             | 7   | УО | 3                         |                                |
| 1.4                             | Тема 4   | 7-8            | 2                   | 4                        |             | 7   | УО | 3                         |                                |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | <b>8</b>       |                     |                          |             |     |    | <b>УО</b>                 | <b>10</b>                      |
| 2.                              | <b>Приемники и источники излучения</b>         |                | 8                   | 16                       |             | 32  |    |                           |                                |
| 2.1.                            | Тема 5   | 9-10           | 2                   | 4                        |             | 8   | УО | 3                         |                                |
| 2.2.                            | Тема 6   | 11-12          | 2                   | 4                        |             | 8   | УО | 3                         |                                |
| 2.3.                            | Тема 7   | 13-14          | 2                   | 4                        |             | 8   | УО | 4                         |                                |
| 2.4.                            | Тема 8   | 15-16          | 2                   | 4                        |             | 8   | УО | 5                         |                                |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | <b>16 (15)</b> |                     |                          |             |     |    | <b>Тест</b>               | <b>10</b>                      |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |  | <b>Зач</b>     |                     |                          |             |     |    | <b>36 / 0</b>             | <b>0 - 50</b>                  |
| <b>Посещаемость</b>             |  |                |                     |                          |             |     |    |                           | <b>5</b>                       |
| <b>Итого:</b>                   |  |                |                     |                          |             |     |    | <b>100</b>                |                                |

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

Контр. – контрольная работа

Тест – тестирование (письменный опрос)

ДЗ – домашнее задание

РГР – расчетно-графическая работа

Э/Зач/ЗсО – экзамен/зачет/зачет с оценкой и др.

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

### Лекционный курс

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины | Содержание   |
|------|---------------------------------------|--|
| 1.   | <b>Эмиссионная электроника</b>        |  |
| 1.1. | Тема 1                                | Электрон и его свойства. Электроны в металлах.   |
| 1.2. | Тема 2                                | Термоэлектронная эмиссия металлов. Вывод и анализ уравнения Ричардсона-Дэшмана. Простые металлические термокатоды.             |
| 1.3  | Тема 3                                | Фотоэлектронная эмиссия. Основные закономерности, сложные фотокатоды. Фотоэлектронные приборы.                                 |
| 1.4  | Тема 4                                | Электронная оптика - основные понятия, сходство и различия световой и электронной оптик. Электронные линзы.                    |
| 2.   | <b>Электроракуумные приборы</b>       |  |
| 2.1. | Тема 5                                | Электронно-оптические системы и принципы их построения. Особенности формирования интенсивных пучков. Ионно-оптические системы. |
| 2.2. | Тема 6                                | Движение электронов в режиме объемного заряда. Вывод уравнения "трех вторых". Вольт-амперная характеристика вакуумного диода.  |
| 2.3. | Тема 7                                | Движение электронов в газах. Столкновения. Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами.          |
| 2.4. | Тема 8                                | Плазма - основные понятия. Параметры плазмы и их определение.  |

### Практические/семинарские занятия

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины | Содержание  |
|------|---------------------------------------|---|
| 1.   | <b>Эмиссионная электроника</b>        |   |
| 1.1. | Тема 1                                | Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды.                                       |
| 1.2. | Тема 2                                | Эффект Шоттки. Эмиссия с поверхности полупроводников. Оксидный катод.   |
| 1.3  | Тема 3                                | Вторичная электронная эмиссия и её применение в приборах. Фотоэлектронные и вторичные электронные умножители. Автоэлектронная эмиссия.  |
| 1.4  | Тема 4                                | Фотоэлектронные и вторичные электронные умножители. Автоэлектронная эмиссия.  |
| 1.5. | Тема 5                                | Движение электронов в магнитных полях. Магнитные линзы.   |
| 1.6. | Тема 6                                | Ионно-оптические системы.   |
| 1.7  | Тема 7                                | Отклонение электронов в электрических и магнитных полях. Отклоняющие системы. Принципы построения и работы электронно-лучевых приборов. |
| 1.8  | Тема 8                                | Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов.   |
| 2.   | <b>Электроракуумные приборы</b>       |   |
| 2.1. | Тема 9                                | Особенности движения электронов в СВЧ-полях. Наведённые токи. Физические основы работы клистронов, ламп бегущей волны, магнетронов.     |
| 2.2. | Тема 10                               | Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашина.                                       |



|      |         |   |
|------|---------|---|
| 2.3. | Тема 11 | Тлеющий разряд. Феноменологическое описание. Теория катодных областей разряда.              |
| 2.4. | Тема 12 | Приборы тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. |
| 2.5  | Тема 13 | Коронный разряд. Применение разрядов.   |
| 2.6  | Тема 14 | Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений.          |
| 2.7  | Тема 15 | Излучение плазмы и его применение в приборах.   |
| 2.8  | Тема 16 | Газоразрядные индикаторные панели.  |

### 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Астайкин А.И., Воронина Л.В., Липатов А.Ф., Профе В.Б. Приборы физической электроники. Саров, 2002.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Раздел                          | Темы занятий | Компетенция | Индикаторы освоения    | Текущий контроль, неделя |
|---------------------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| <b>Семестр 1</b>                |              |             |                        |                          |
| Раздел 1                        | Тема 1.      | ПК-4        | З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4 | УО - 1                   |
|                                 | Тема 2.      | ПК-5        | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | УО - 3                   |
|                                 | Тема 3.      | ПК-6        | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 | УО - 5                   |
|                                 | Тема 4.      |             | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 | УО - 7                   |
| <b>Рубежный контроль</b>        |              | ПК-4        | З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4 | УО – 7                   |
|                                 |              | ПК-5        | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 |                          |
|                                 |              | ПК-6        | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 |                          |
| Раздел 2                        | Тема 5.      | ПК-4        | З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4 | УО - 9                   |
|                                 | Тема 6.      | ПК-5        | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | УО - 11                  |
|                                 | Тема 7.      |             | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 | УО - 13                  |
|                                 | Тема 8.      | ПК-6        | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 | УО - 15                  |
| <b>Рубежный контроль</b>        |              | ПК-4        | З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4 | Тест – 15 (16)           |
|                                 |              | ПК-5        | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 |                          |
|                                 |              | ПК-6        | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 |                          |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |              | ПК-4        | З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4 | <b>Зачет</b>             |
|                                 |              | ПК-5        | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 |                          |
|                                 |              | ПК-6        | З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6 |                          |

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

### 5.2.1. Примерные вопросы к экзамену или зачету

а) типовые вопросы (задания):

1. Вакуум. Средняя длина свободного пробега, вид столкновений молекул газа, как критерий разделения вакуума на низкий, высокий и средний.
2. Процесс нанесения тонких пленок в вакууме.
3. Вакуумные насосы и их параметры. Механические форвакуумные насосы.
4. Вакуумные насосы и их параметры. Диффузионные паромасляные насосы.
5. Использование вакуума в рутинных и модернизируемых технологиях. Использование вакуума в рутинных и модернизируемых технологиях.
6. Плазменная электроника, основные разделы. Отличие от вакуумной электроники.
7. Назовите типы столкновений электронов с атомами и молекулами газа, укажите их количественные характеристики.
8. Сформулируйте понятия плазмы и ее разновидностей (высокотемпературная, низкотемпературная, изотермическая, неизотермическая).
9. Назовите основные параметры плазмы и укажите, что они характеризуют.
10. Рассмотрите методы экспериментального определения концентраций частиц плазмы.
11. Рассмотрите возможности и ограничения зондового метода исследования плазмы.
12. Рассмотрите возможности и ограничения спектральных методов исследования плазмы.
13. Рассмотрите возможности и ограничения СВЧ метода исследования плазмы.
14. Плазменные ускорители. Механизм ускорения.
15. Радиационно-пучковые технологии.
16. Три вида взаимодействия излучения с веществом. Формы проявления.
17. Упругое и неупругое взаимодействие. Удельные потери энергии. Линейная тормозная способность вещества. Правило Брэгга.
18. Пробеги частиц в веществе. Определения.
19. Характеристики пучка. Интенсивность пучка.
20. Основные характеристики плазмы. Степень ионизации плазмы.
21. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус экранирования. Температура плазмы.
22. Основные методы описания плазмы. Вмороженность магнитного поля.
23. Кинетическое описание плазмы.
24. Диагностика плазмы.
25. Плазма в природе и технике.
26. В чем заключается сущность ионно-обменных процессов. Что такое иониты. Емкость ионита.
27. Какие стадии могут лимитировать ионообменные процессы. Уравнения, описывающие скорость ионного обмена.
28. Каковы способы глубокой очистки воды. Области применения воды высокой степени чистоты.
29. Какова связь между электрической проводимостью воды и содержанием в ней примесных ионов. В чем принцип действия ионообменных смол в процессе очистки воды.
30. Процессы испарения и конденсации в вакууме. Стадии процесса переноса компонента из испаряемого объема на поверхность конденсации.
31. Процессы испарения и конденсации в вакууме. Какими стадиями можно представить процесс конденсации.

32. В чем заключается сущность эффузионного метода измерения давления насыщенного пара веществ.
33. Как определяется давление насыщенного пара, эффективная площадь отверстия Ячейки Кнудсена и коэффициент испарения.
34. Нарисуйте ВАХ вакуумного диода и опишите ее. Уравнение ВАХ.
35. Распределение потенциала и напряженности эл. поля в межэлектродном промежутке при различных режимах работы вакуумного диода.
36. Основные термины и определения вакуумной техники (давление, длина свободного пробега молекул газа, поток газа, проводимость, быстрота откачки и т.д.)
37. Основное уравнение вакуумной техники.
38. Условные обозначения элементов вакуумных систем. Буквенные коды наиболее распространенных элементов вакуумных систем.
39. На чем основана работа сканирующего силового микроскопа, в частности, атомно-силового микроскопа?
40. Обоснуйте необходимость наличия системы обратной связи в сканирующем зондовом микроскопе. Назовите основные характеристики зондов кантеливерного типа.
41. Опишите основные режимы работы атомно-силового микроскопа: контактный, бесконтактный, полуконтактный.
42. В чем заключается принцип работы сканирующего силового микроскопа по двухпроходной методике? Основные режимы работы магнитно-силового микроскопа: квазистатический и колебательный.
43. Что представляет собой плазматрон? Каковы его основные элементы?
44. Как получают плазму в плазматроне? Какие явления обеспечивают ее устойчивое существование? Какие газы применяются в плазматронах в качестве плазмообразующих?
45. Как и в каких единицах определяется быстрота действия вакуумного насоса?
46. Каков механизм удаления газа в гетероионном и магниторазрядном насосах?
47. Какова роль хемосорбции в процессе откачки газа с помощью гетероионного насоса?
48. В чем заключается принцип гравиметрического метода измерения объема сосудов (камеры)? Преимущества метода измерения объема, основанного на использовании закона Бойля-Мариотта, перед гравиметрическим.
49. Что называется потоком откачки? В чем смысл вакуумной температурной тренировки? Что называется постоянной времени откачки?
50. Чем определяется минимальное количество ступеней откачки в высоковакуумных насосах? В чем смысл согласованных насосов? От чего зависит эффективная быстрота откачки насоса?

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

балльно-рейтинговая система

в) описание шкалы оценивания:

приведено в п 5.3.

### 5.2.2. Примерные вопросы для устного опроса

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Ток в вакууме и газах. Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов.
2. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения
3. Характеристики диодного пространства. Характеристики вакуумного диодного пространства
4. Характеристики диодного пространства газонаполненного с холодным катодом.
5. Виды разрядов, основные процессы в плазме

6. Формирование управляемого электронного потока. Иммерсионный объектив, назначение, конструкции.
7. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки.
8. Работа устройств формирования электронного пучка
9. Формирование интенсивных электронных и ионных потоков
10. Приемник заряженных частиц
11. Принцип построения пушек Пирса
12. Основные процессы, происходящие при бомбардировке твердого тела заряженными частицами: люминесценция, зарядка мишени.
13. Потенциал мишени при бомбардировке электронным лучом, измерение тока электронного луча, алюминирование экрана

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

балльная система

в) описание шкалы оценивания:

правильный ответ – весовой коэффициент оценки в баллах, неправильный ответ – 0 баллов.

### 5.2.3. Наименование оценочного средства (тест)

а) типовые задания (вопросы) - образец:

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

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

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

балльная система

в) описание шкалы оценивания:

правильный ответ – весовой коэффициент оценки в баллах, неправильный ответ – 0 баллов.

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины  |
|--------------|-------------------------------|-------------|--|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно |

|         |                           |   |   |
|---------|---------------------------|---|---|
|         |                           |   | его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.  |
| 85-89   | 4 – «хорошо»              | B | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84   |                           | C |   |
| 70-74   |                           | D |   |
| 65-69   | 3 – «удовлетворительно»   | E | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.  |
| 60-64   |                           |   |   |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И.В. Лебедев. Техника и приборы СВЧ., М., Высшая школа, 1972
2. В.М. Березин, В.С. Буряк и др. Электронные приборы СВЧ. М., Высшая школа, 1985
3. С.М. Левитский, С.В. Кошечая. Вакуумная и твердотельная электроника СВЧ. К., «Вища школа», 1986
4. Плазменные и электронные усилители и генераторы СВЧ. Под редакцией З.С. Чернова устройств. М., 1965
5. В. Н. Васильев Электронные и квантовые приборы СВЧ. М, Связь, 1972
5. А.И. Костиенко Введение в электронику СВЧ. М., Изд-во МГУ, 1989
6. Ю.А. Кацман. Приборы СВЧ М., Высшая школа, 1973
7. Астайкин А.И., Воронина Л.В., Липатов А.Ф., Профе В.Б. Приборы физической электроники. Саров, 2002.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Д. Федоров Электронные и квантовые приборы СВЧ. Атомиздат, 1974.
2. Дж. Лоусон. Физика пучков заряженных частиц. М., Мир, 1980.
3. Гайдук В.И., Палатов В.И., Петров Д.М. Физические основы электроники СВЧ. М. Сов.радио, 1971.
4. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки М., Советское радио, 1966
5. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки, М., Энергоатомиздат, 1991.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Национальная платформа открытого образования

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Освоение дисциплины производится на базе учебных лабораторий кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ. Лаборатории оснащены современным оборудованием, позволяющим проводить практические и лабораторные занятия. Выполнение лабораторных работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах, оснащенных макетами.

В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При чтении лекционного материала используется электронное сопровождение курса: справочно-иллюстративный материал воспроизводится и озвучивается в аудитории с использованием проектора и переносного компьютера в реальном времени.

По дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника» в рабочем учебном плане предусмотрены интерактивные часы для проведения практических занятий.

Данный вид деятельности реализуется с помощью видео лекций ведущих специалистов в области исследования.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение данного курса обеспечивает студента сведениями о современном состоянии в области моделирования электронной техники. Курс существенно расширяет и углубляет знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника». Материал курса основан на последних достижениях зарубежных и отечественных специалистов, как в классических областях применения, так и в новых, связанных с новыми информационными технологиями.

Существенное место в курсе уделено стандартным методам и рекомендациям, позволяющим существенно ускорить разработку и внедрение новых систем.

### **Рекомендации преподавателю**

#### **Предлагается:**

При изучении теоретического курса работать с обучающими и контролирующими программами, содержащими учебный материал по отдельным вопросам курса.

При проведении практических работ применять расчетные программы, а также контролирующие программы по проверке усвоения студентом знаний, полученных при выполнении практических работ.

#### **Рекомендации студенту**

Предлагается:

- Самостоятельно прорабатывать лекционный материал для более полного усвоения материала;
- В учебном процессе при выполнении практикума эффективно использовать методические пособия и методический материал;
- Активно использовать Интернет-ресурсы для получения актуального материала по изучаемой дисциплине;

- Активно использовать Интернет-ресурсы для обновления инструментальной базы (систем программирования, инструментальных сред и т.д.) при выполнении лабораторных работ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы): старший преподаватель кафедры РФЭ

Л.В.. Воронина

Рецензент(ы): профессор кафедры РФЭ

В.Н. Фомченко