



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Вакуумная и плазменная электроника**

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа  
**11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки:  
**Микроэлектроника и твердотельная электроника**

Уровень высшего образования:  
**Бакалавриат**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**базовая**

**Махачкала 2017г.**


Рабочая программа дисциплины составлена в 2015 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриат) от «\_12\_» марта 2015. № 218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Рамазанов Ш.М., к.ф.-м.н., ст.преп.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г. \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 210100.62 «Электроника и нанoeлектроника»

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических основ работы вакуумных и газоразрядных приборов, методов анализа электронных процессов в приборах и расчета их параметров и характеристик. Выявление связей между принципами работы, параметрами приборов и свойствами материалов, технологическими процессами.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных - (ОК-1),(ОК-10); профессиональных - (ПК - 1), (ПК -2), (ПК-5), (ПК -21).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия.

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

Объем дисциплины 133зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

| Семестр | Учебные занятия                                |                      |                      |     |              |   | СРС, в том числе экзамен | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) |
|---------|--|----------------------|----------------------|-----|--------------|---|--------------------------|---|
|         | в том числе                                    |                      |                      |     |              |   |                          |   |
|         | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      |     |              |   |                          |   |
|         | Всего  | из них               |                      |     |              |   |                          |   |
| Лекции  |  | Лабораторные занятия | Практические занятия | КСР | консультации |   |                          |   |
| 5       | 133  | 34                   | 68                   | 0   | 8            | 4 | 19                       | экзамен   |

#### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника являются» изучение основ физики вакуума и плазмы, физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники.

#### 2.Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Для изучения данной дисциплины необходимо усвоение предыдущих курсов: общая физика (электричество, магнетизм, оптика); физическая оптика (световая оптика и линзы); физика твердого тела; математический анализ (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения).

В результате изучения дисциплины студенты должны знать физические основы эмиссионных процессов; разбираться в особенностях формирования, транспортировки, управления и преобразования электронных и ионных потоков различной интенсивности (применительно к приборам вакуумной электроники); получить практические знания и навыки по расчетам, конструированию и компьютерному моделированию элементов и узлов электронно-оптических систем вакуумных приборов.

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

| Компетенции  | Формулировка компетенции из ФГОС ВО  | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  |
|--------------|--|--|
| <b>ОК-1</b>  | способностью владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения  | <b>Знать:</b><br>физические процессы, протекающие при движении электронов в вакууме и газах и физические основы работы основных классов электровакуумных и ионных приборов<br><b>Уметь:</b><br>применять полученные знания для теоретического анализа<br><b>Владеть:</b><br>методами измерения параметров и характеристик электровакуумных и ионных приборов |
| <b>ОК-10</b> | умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | <b>Знать:</b><br>законы эмиссии, способы формирования и транспортировки потоков заряженных частиц (ПЗЧ) в вакууме и плазме<br><b>Уметь:</b><br>оценивать и рассчитывать основные эксплуатационные характеристики электровакуумных приборов<br><b>Владеть:</b><br>навыками работы с приборами вакуумной и плазменной электроники                              |

|               |   |  |
|---------------|---|--|
| <b>ПК -1</b>  | профессиональных - способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики | <b>Знать:</b> способы управления параметрами и преобразования энергии ПЗЧ в другие виды энергии<br><b>Уметь:</b> применять компьютерное моделирование и экспериментальные исследования физических процессов<br><b>Владеть:</b> методами работы в среде математического моделирования процессов работы вакуумных приборов                       |
| <b>ПК -2</b>  | способность выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, умение привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат    | <b>Знать:</b> современное состояние и перспективах развития вакуумной и плазменной электроники<br><b>Уметь:</b> применять основные законы лежащие в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники<br><b>Владеть:</b> Теоретическими знаниями в области ядерной физики, физики твердого тела, плазменной и ядерной физики |
| <b>ПК-5</b>   | владение основными приемами обработки и представления экспериментальных данных  | <b>Знать:</b> работу электровакуумных и ионных приборов, их принципах действия, функциональных возможностях и областях применения<br><b>Уметь:</b> использовать полученные экспериментальные результаты<br><b>Владеть:</b> методами постройки моделей работы электровакуумных приборов   |
| <b>ПК -21</b> | способность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций                                    | <b>Знать:</b> теоретические основы электротехники, теории и механизмы формирования различных видов разряда<br><b>Уметь:</b> моделировать процессы работы вакуумных приборов<br><b>Владеть:</b> навыками пользования приборами для исследования характеристик электровакуумных приборов   |

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

4.1. Объем дисциплины составляет 68 зачетных единиц, 34 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п   | Разделы и темы дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |              |              |                  | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)<br>Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|---|---------|-----------------|--|--------------|--------------|------------------|------------------------|---|
|   |   |         |                 | Лекции   | Практические | Лабораторные | Контроль самост. |                        |   |
| Модуль 1. Введение. Физические основы процессов вакуумной и плазменной электроники.         |   |         |                 |  |              |              |                  |                        |   |
| 1   | Основы физики эмиссионных процессов.  |         |                 | 6  |              | 10           |                  |                        | Устный опрос  |
| 2   | Формирование и транспортировка электронных потоков различной интенсивности. Электронные пушки и прожекторы. |         |                 | 6  |              | 10           |                  |                        | Устный опрос  |
| 3   | Управление электронными потоками. Электронные линзы.  |         |                 | 5  |              | 14           |                  |                        | Контрольная работа  |
|   | Итого по модулю 1:  | 5       |                 | 17   |              | 34           |                  |                        |   |
| Модуль 2. Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты взаимодействия. |   |         |                 |  |              |              |                  |                        |   |
| 1   | Физические процессы в ионизованном газе и плазме. Типы газовых разрядов.                                    |         |                 | 6  |              | 10           |                  |                        | Устный опрос  |

|   |  |   |  |           |  |           |  |  |                    |
|---|--|---|--|-----------|--|-----------|--|--|--------------------|
| 2 | Формирование, методы ускорения и диагностики плазменных потоков.   |   |  | 6         |  | 10        |  |  | Устный опрос       |
| 3 | Заключение. Применение изученных физических процессов в элементах и узлах вакуумных и плазменных приборов. |   |  | 5         |  | 14        |  |  | Контрольная работа |
|   | Итого по модулю 2:   | 5 |  | 17        |  | 34        |  |  |                    |
|   | <b>ИТОГО:</b>  |   |  | <b>34</b> |  | <b>68</b> |  |  |                    |

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

**Модуль 1. Введение. Физические основы процессов вакуумной и плазменной электроники.** Цели и задачи курса. Понятие о потоках заряженных частиц и их формировании. Аналогия между электронной и световой оптикой.

Тема 1. Основы физики эмиссионных процессов. Электронная теория твердого тела. Базовые соотношения и модели, описывающие процессы термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторично-электронной, фотоэлектронной эмиссий. Основные типы катодных структур для указанных видов эмиссионных процессов, их конструктивные, технологические особенности и области применения.

Тема 2. Формирование и транспортировка электронных потоков различной интенсивности. Электронные пушки и прожекторы. Движение заряженных частиц в однородном постоянном и аксиально-симметричном электростатических полях. Отклоняющие и фокусирующие свойства электростатического поля. Понятие параксиального электронного потока. Движение заряженных частиц в однородном постоянном магнитном поле. Отклоняющие и фокусирующие свойства постоянного магнитного поля. Движение заряженных частиц в постоянных электрическом и магнитном полях произвольной ориентации. Фазовая фокусировка. Понятие слабых, интенсивных, релятивистских и нерелятивистских электронных потоков. Понятие первеанса потока. Влияние пространственного заряда на движение электронного потока. Электронные пушки и прожекторы. Плоская пушка Пирса. Пушки Пирса цилиндрического и сферического типов. Влияние

анодного отверстия на формирование электронного потока. Влияние тепловых скоростей на размеры электронного потока. Таблицы значений Лэнгмюра. Пушки электронных приборов магнетронного типа.

Тема 3. Управление электронными потоками. Электронные линзы. Электростатические и магнитные линзы и их типы. Иммерсионные линзы. Одиночные (симметричные) линзы. Диафрагмы. Иммерсионные объективы. Тонкие и толстые линзы. Основные параметры линз. Понятие апертурного угла. Формула Лагранжа-Гельмгольца. Аберрации и другие виды искажений в электронных линзах. Коррекция аберраций. Фокусировка интенсивных электронных пучков. Магнитная фокусировка и ее виды: фокусировка Бриллюэна, фокусировка сопровождения, периодическая фокусировка. Электростатическая фокусировка и ее виды: центробежная фокусировка, периодическая фокусировка.

**Модуль 2.** Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты взаимодействия. Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты взаимодействия. Католюминесценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев.

Тема 1. Основы физики эмиссионных процессов. Электронная теория твердого тела. Базовые соотношения и модели, описывающие процессы термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторично-электронной, фотоэлектронной эмиссий. Основные типы катодных структур для указанных видов эмиссионных процессов, их конструктивные, технологические особенности и области применения.

Тема 2. Физические процессы в ионизованном газе и плазме. Типы газовых разрядов. Ионизованный газ и плазма, элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях, основные методы генерации плазмы, модели для описания свойств плазмы.

Тема 3. Заключение. Применение изученных физических процессов в элементах и узлах вакуумных и плазменных приборов. Изучение эмиссионных процессов; возможностей формирования, транспортировки и управления пучками заряженных частиц с помощью электромагнитных полей, создаваемых различными типами электронных линз. Примеры использования рассматриваемых физических процессов в элементах и узлах электровакуумных приборов.

### *Лекции.*

#### 1. Электронная эмиссия

1.1. Основы электронной теории твердого тела. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричарда-Дешмена. Термоэлектронная эмиссия во внешнем электрическом поле. Эффект Шоттки. Аномальный эффект Шоттки. Термоэлектронные катоды.



- 1.2. Фотоэлектронная эмиссия. Фотокатоды. Вторичная электронная эмиссия. Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Эмиссия горячих электронов.
- 1.3. Автоэлектронная и экзоэлектронная эмиссия. Потенциальная ионно-электронная эмиссия.
2. Движение электронов в вакууме в режиме объемного заряда. Электривакуумные приборы.
  - 2.1. Отбор катодного тока в диоде с термокатодом.
  - 2.2. Закон степени трех вторых для диода.
  - 2.3. Диоды, триоды, многоэлектронные лампы.
  - 2.4. Генераторные и модуляторные лампы.
  - 2.5. Электривакуумные приборы СВЧ диапазона.
3. Формирование и управление параметрами электронного потока. Электронно-лучевые приборы. Фотоэлектронные приборы
  - 3.1. Интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки Способы формирования электронных потоков различной интенсивности (электронные пушки и прожекторы).
  - 3.2. Движение электронов в электрическом и магнитном полях различной интенсивности.
  - 3.3. Электрические и магнитные способы управления плотностью электронов. Квазистатические и динамические способы управления. Электронные линзы.
  - 3.4. Приемные электронно-лучевые трубки. Запоминающие электронно-лучевые трубки. Передающие электронно-лучевые трубки.
  - 3.5. Электронно-оптические преобразователи.
  - 3.6. Фотоэлектронные умножители.
4. Основные виды газовых разрядов
  - 4.1. Классификация разрядов. Самостоятельный и несамостоятельный разряды.
  - 4.2. Несамостоятельный газовый разряд.
  - 4.3. Условие развития самостоятельного разряда. Пробой разрядного промежутка.
5. Элементарные процессы в плазме
  - 5.1. Упругие соударения электронов с атомами и молекулами газа
  - 5.2. Неупругие соударения электронов с атомами и молекулами
  - 5.3. Движение электронов и ионов в газе.
6. Газоразрядная плазма
  - 6.1. Основные понятия.
  - 6.2. Диагностика плазмы.
  - 6.3. Теории газоразрядной плазмы.
  - 6.4. Особенности теории плазмы низкого и высокого давления.
7. Приборы и устройства плазменной электроники
  - 7.1. Приборы тлеющего разряда.
  - 7.2. Газоразрядные приборы, основанные на использовании излучения плазмы.
  - 7.3. Ионизационные камеры и счетчики излучений.

7.4. Приборы дугового несамостоятельного разряда.

7.5. Приборы самостоятельного дугового разряда.

7.6. Газоразрядные индикаторные панели.

7.7. Газоразрядные знаковые индикаторы (монодисплеи).

### ***Самостоятельная работа бакалавра***

Обработка и анализ результатов лабораторных работ, подготовка к коллоквиуму, самостоятельным работам, письменному экзамену.

### ***Лабораторные работы (лабораторный практикум)***

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 68 часов и студенты выполняют 6 - 8 лабораторных работ в зависимости от их сложности (3 - 4 работы по каждому модулю). Каждая лабораторная работа выполняется, как правило, индивидуально.

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 кривых, 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 лаборанта;

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 лаборанту;

ж) выключает установку и сдает ее лаборанту.

При выполнении лабораторного практикума студент выполняет 6 – 8 лабораторных работ из приводимого ниже перечня в соответствии с графиком:

- исследование характеристик и определение спектральной чувствительности вакуумного фотоэлемента, ФЭУ;
- исследование закономерностей вторичной электронной эмиссии в ФЭУ;
- исследование осциллографической электроннолучевой трубки и кинескопа;

- изучение параметров и характеристик приемно-усилительных ламп (диоды, триоды, тетроды, пентоды);
- характеристики и параметры стабилитронов и тиратронов;
- измерение параметров плазмы;
- пробой разрядного промежутка;
- исследование излучения плазмы.

## 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» применяются следующие образовательные технологии: интерактивное обучение (моделирующие компьютерные программы, виртуальные учебные комплексы), мультимедийное обучение (презентации, моделирование и симуляция процессов и объектов).

**Электронный учебник.** Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника». Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Гипертекстовая структура позволяет обучающемуся определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы, и способ изложения материала.

**Компьютерная тестирующая система.** Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого, а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний студентов.

**Презентация.** Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

**Учебно-исследовательская работа.** В процессе изучения дисциплины используется данная форма практической самостоятельной работы студента, позволяющая студентам изучать научно-техническую информацию по заданной теме, моделировать процессы, проводить расчеты по разработанному алгоритму с применением ЭВМ и сертифицированного программного обеспечения, участвовать в экспериментах, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Результаты исследований представляются на научно-практических конференциях.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и

демонстрации в учебном процессе составляет не менее 40% лекционных занятий.

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

### *Темы для самостоятельной работы:*

1. Катодные линзы и автоэмиссионная микроскопия. Расчет и моделирование полей в электронных источниках с острым катодом.
2. Квадрупольные электронные линзы. Прямоугольная и колоколообразная модели. Дублеты, триплеты, квадруплеты и их применение.
3. Электронные зеркала. Зеркальный электронный микроскоп. Зеркала для энергетического анализа.
4. Каустики и их использование. Каустики осесимметричной и астигматичной линз. Исследование распределения плотности тока. Системы с кольцевой апертурой.
5. Аберрации и другие виды искажений в электронных линзах. Коррекция аберраций. Асимптотические аберрационные коэффициенты. Численный расчет аберраций.

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

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

| Компетенция  | Знания, умения, навыки   | Процедура освоения             |
|--------------|--|--------------------------------|
| <b>ОК-1</b>  | <p><b>Знать:</b><br/>физические процессы, протекающие при движении электронов в вакууме и газах и физические основы работы основных классов электровакуумных и ионных приборов</p> <p><b>Уметь:</b><br/>применять полученные экспериментальные и теоретические знания для построения моделей</p> <p><b>Владеть:</b><br/>методами измерения параметров и характеристик электровакуумных и ионных приборов</p> | Устный опрос, письменный опрос |
| <b>ОК-10</b> | <p><b>Знать:</b><br/>законы эмиссии, способы формирования и транспортировки потоков заряженных частиц (ПЗЧ) в вакууме и плазме</p> <p><b>Уметь:</b><br/>оценивать и рассчитывать основные эксплуатационные характеристики электровакуумных приборов</p> <p><b>Владеть:</b><br/>навыками работы с приборами вакуумной и</p>   | Устный опрос, письменный опрос |

|               |  |                                   |
|---------------|--|-----------------------------------|
|               | плазменной электроники   |                                   |
| <b>ПК -1</b>  | <b>Знать:</b> способы управления параметрами и преобразования энергии ПЗЧ в другие виды энергии<br><b>Уметь:</b><br>применять компьютерное моделирование и экспериментальные исследования физических процессов<br><b>Владеть:</b><br>методами работы в среде математического моделирования процессов работы вакуумных приборов                       | Устный опрос,<br>письменный опрос |
| <b>ПК -2</b>  | <b>Знать:</b> современное состояние и перспективах развития вакуумной и плазменной электроники<br><b>Уметь:</b><br>применять основные законы лежащие в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники<br><b>Владеть:</b><br>Теоретическими знаниями в области ядерной физики, физики твердого тела, плазменной и ядерной физики | Устный опрос,<br>письменный опрос |
| <b>ПК -5</b>  | <b>Знать:</b><br>работу электровакуумных и ионных приборов, их принципах действия, функциональных возможностях и областях применения<br><b>Уметь:</b><br>использовать полученные экспериментальные результаты<br><b>Владеть:</b><br>методами постройки моделей работы электровакуумных приборов  | Устный опрос,<br>письменный опрос |
| <b>ПК -21</b> | <b>Знать:</b><br>теоретические основы электротехники, теории и механизмы формирования различных видов разряда<br><b>Уметь:</b><br>моделировать процессы работы вакуумных приборов<br><b>Владеть:</b><br>навыками пользования приборами для исследования характеристик электровакуумных приборов  | Устный опрос,<br>письменный опрос |

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

### ОК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения».

| Уровень     | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала       |                         |                   |
|-------------|--|-----------------------|-------------------------|-------------------|
|             |  | Удовлетворитель но    | Хорошо                  | Отлично           |
| Порого- вый | Способностью владеть культурой мышления,               | Ознакомлен сразделами | Демонстрирует свободное | Показывает навыки |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения | физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |
|--|--|---|---|

### ОК-10

Схема оценки уровня формирования компетенции «Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования».

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |   |   |
|-----------|--|---|---|---|
|           |  | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично   |
| Пороговый | Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

### ПК -1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала   |        |         |
|---------|--|-------------------|--------|---------|
|         |  | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |

|                |  |  |   |   |
|----------------|--|--|---|---|
|                | продемонстрировать)  | но   |   |   |
| Порого-<br>вый | Способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики | Ознакомлен сразделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

### ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, умение привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат»

| Уровень        | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала  |   |   |
|----------------|--|--|---|---|
|                |  | Удовлетворитель-<br>но   | Хорошо  | Отлично   |
| Порого-<br>вый | Способность выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, умение привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат | Ознакомлен сразделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

### ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «Владение основными приемами обработки и представления экспериментальных данных»

| Уровень | Показатели (что | Оценочная шкала |
|---------|-----------------|-----------------|
|---------|-----------------|-----------------|

|           | обучающийся должен продемонстрировать)   | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично   |
|-----------|--|---|---|---|
| Пороговый | Владение основными приемами обработки и представления экспериментальных данных | Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

### ПК -21

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций».

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |   |   |
|-----------|--|---|---|---|
|           |  | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично   |
| Пороговый | Способность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций | Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

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

### 7.3. Типовые контрольные задания



## ***Вопросы для промежуточного контроля***

### **Модуль 1**

#### ***Вакуумная электроника***

Что такое вакуумная электроника?

Какие элементы входят в модель прибора вакуумной электроники?

Что представляет собой явление электронной эмиссии?

Что такое явление термоэлектронной эмиссии? Выпишите уравнение Ричардсона-Дешмана.

В чем заключается эффект Шоттки?

В чем заключается явление фотоэлектронной эмиссии?

Выпишите закон Эйнштейна для фотоэффекта. Что такое красная граница фотоэффекта?

Выпишите закон Фаулера для фотоэффекта.

Что такое автоэлектронная эмиссия? Выпишите закон Фаулера-Нордгейма.

Что такое электронная пушка? Как она устроена?

Опишите поведение электрона в скрещенном электрическом и магнитном полях.

Какие устройства управления электронным пучком вы знаете?

Изложите основные положения управления пучком с помощью электронной оптики.

Какие элементы магнитной оптики вы знаете?

Каковы физические принципы резонансного метода скоростной модуляции?

Каковы физические принципы нерезонансного метода скоростной модуляции?

Выпишите закон Рамо для наведенного в цепи тока.

Каков принцип отбора энергии из электронного пучка?

Перечислите основные физические явления при воздействии электронного пучка на мишень.

Что такое электронные лампы?

Какие параметры триода вы знаете?

Что такое клистрон? Опишите конструкцию клистрона.

Перечислите преимущества клистрона перед лампами СВЧ-диапазона.

Что такое лампа бегущей волны? Как она устроена?

Что такое лампа обратной волны? Как она устроена?

Что такое магнетрон? Опишите конструкцию магнетрона.

Какие электронно-лучевые приборы вы знаете?

Что такое кинескоп и как он устроен?

Что такое иконоскоп и как он устроен?

Что такое видикон, какие разновидности видиконов вы знаете?

Что такое ЭОП и как он устроен?

Что такое фотоумножитель, и какие явления положены в основу его работы?

### **Модуль 2**

***Плазменная электроника.***

- Что такое плазменная электроника?  
 Какие типы газового разряда вы знаете?  
 Что такое плазма?  
 Что такое степень ионизации плазмы?  
 Какими свойствами отличается плазма от нейтрального газа?  
 В чем физический смысл дебаевского радиуса экранирования?  
 Что такое идеальная плазма?  
 Какие силы действуют на частицу, дрейфующую в плазме?  
 Что такое тормозное излучение плазмы?  
 Что представляет собой синхротронное излучение плазмы?  
 Какие параметры плазмы определяются в процессе диагностики?  
 Что представляют собой пассивные и активные методы измерения параметров плазмы?  
 Что такое ионные приборы?  
 Что такое тиратрон и как он устроен?  
 Что такое декатрон и как он устроен?  
 Что такое газоразрядная панель и как она устроена?  
 Какие типы газоразрядных панелей вы знаете?

***Экзаменационные вопросы.***

1. Электронные пучки. Формирование электронных пучков.
2. Распределение молекул по скоростям. Формула Максвелла.
3. Влияние внешнего ускоряющего поля на термоэмиссию электронов.
4. Частота столкновений с поверхностью.
5. Характеристики низкотемпературной плазмы.
6. Средняя длина свободного пробега молекул.
7. Отклоняющие системы. Фотоэлектронные умножители
8. Католюминесценция.
9. Термоэлектронная эмиссия.
10. Люминесцентные экраны и их характеристики.
11. Вторичная электронная эмиссия.
12. Электронные пушки.
13. Аномальный эффект Шоттки.
14. Формирование электронных пучков.
15. Спектральные характеристики металлического катода.
16. Электростатическая или автоэлектронная эмиссия.
17. Элементарные процессы в газовых разрядах.
18. Электростатическая фокусировка.
19. Вакуумные фотоэлементы.
20. Движение заряженных частиц в низкотемпературной плазме.
21. Электронно-лучевые трубки.
22. Вакуумные и плазменные приборы.
23. Ионные приборы.

24. Оптика ионных пучков. Её особенность.

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

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации. По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен зачет во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

*Текущий контроль:*

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5баллов
- написание и защита рефератов 5баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

*Промежуточный контроль* освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 65 балла – удовлетворительно
- от 66 до 85 балла – хорошо
- от 86 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

*Итоговый контроль* по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 40%, среднего балла по всем модулям 60%.

Критерии оценок следующие:

- 100 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- 60 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- 50 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- 40 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- 0 баллов – нет ответа.

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

### ***а) основная литература:***

- 1.Щука А.А. Электроника. СПб.: Изд-во «БХВ-Петербург», 2005.
- 2.Щука А.А. Вакуумная электроника. М. МИРЭА, 2002.
- 3.Сушков А.Д. Вакуумная электроника. СПб.: Изд-во «Лань». 2004.
- 4.Светцов В. И. Вакуумная и плазменная электроника: Учеб.пособие. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2003. 172 с.
- 5.Светцов, В. И., Холодков И. В. Физическая электроника и электронные приборы. Учеб.пособие. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2008.
- 6.Кузнецов Г.Д., Курочка С.П., Курочка А.С. Вакуумная и плазменная электроника: Курс лекций. М.: Изд-во МИСИС, 2008

### ***б) дополнительная литература:***

- 1.Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки, 2-е изд. -М., Энергоатомиздат, 1990.
- 2.Кацман Ю.А. Электронные лампы. -М., Высшая школа, 1979.
- 3.Жигарев А.А. Электронная оптика и электронно-лучевые приборы. -М., Высшая школа, 1972.

- 4.Фридрихов С.А., Мовнин С.М. Физические основы электронной техники. - М., Высшая школа, 1982.
- 5.Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. -М., Атомиздат, 1977.

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

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. Ресурсы МГУ [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru).
7. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
8. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

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

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

### ***Работа на лекции***

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является неперенным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлечься при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуется волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию"(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используйте не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### ***Подготовка к сессии***

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), MS Word, Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, интерактивная доска.
2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
3. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

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

Наименование лабораторий, ауд.: физический факультет, ауд. 2-41 (лекционная), 1-10 (лабораторная). Основное оборудование: Мультимедийный проектор-11г.; Ноутбук aser-11г.; лабораторное оборудование по вакуумной и плазменной электронике. Программа составлена в соответствии с

требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению и профилю подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника»