

|  |   |   |        |
|--|---|---|--------|
| Документ подписан простой электронной подписью<br>Информация о владельце:<br>ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич<br>Должность: Ректор<br>Дата подписания: 02.04.2024 12:04:08<br>Уникальный программный ключ:<br>8919448819853360754861930988872733 | МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | Рабочая программа дисциплины "Физическая электроника" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 Радиоп физика направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ» | стр. 1 |
|--|---|---|--------|

## Рабочая программа дисциплины (модуля)\*

Физическая электроника

Направление подготовки (специальность)

03.03.03 Радиоп физика

Направленность (профиль)

Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год набора 2024

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2024 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Физическая электроника» состоит в обеспечении необходимого уровня знаний в области физической электроники, используемых при изучении полупроводниковой электроники, цифровой электроники и импульсной техники, электронных методах измерения, дать представление о явлениях, лежащих в основе работы электронных и ионных приборов, работающих в различных диапазонах волн, а также и приборов и аппаратов электронной оптики.

Основными задачами дисциплины является углубленное изучение физических основ электроники, закрепление полученных знаний при выполнении лабораторных работ радиофизического практикума и обретение навыков применения полученных знаний в будущей профессиональной деятельности.

Индикаторы достижения компетенций:

ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физики и радиофизики.

ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики.

ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.27

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Механика

Молекулярная физика

Линейная алгебра

Векторный и тензорный анализ

Введение в специальность

Электричество и магнетизм

Математический анализ

Дифференциальные уравнения

Теория функции комплексного переменного

Теория вероятностей и математическая статистика для физиков, радиофизиков и инженеров

Радиоэлектроника

Оптика

Физика конденсированного состояния вещества

Теория колебаний

Методы математической физики

Атомная физика

Распространение электромагнитных волн

Электродинамика сплошных сред

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Общий физический практикум

Распространение электромагнитных волн

Цифровая электроника

Полупроводниковая электроника

Термодинамика

Цифровая обработка сигналов

Электронные методы измерений

Автоматизированные системы управления

Квантовая радиофизика

Статистическая физика



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Физическая электроника" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 4

Преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;**

**Знать:**

Для достижения индикатора ОПК-1.1: Знать базовые понятия, полученные в области физики и радиофизики (физические принципы работы электронных приборов, технические характеристики и элементную базу генераторных, усилительных и модуляционных устройств различных диапазонов).

**Уметь:**

Для достижения индикатора ОПК-1.2: Уметь решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики (применять на практике электронные приборы).

**Владеть:**

Для достижения индикатора ОПК-1.3: Владеть навыками использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности (методами расчета основных характеристик электронных приборов).

#### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

|            |   |
|------------|---|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>   |
| 3.1.1      | способы самостоятельного поиска информации, используя современные образовательные и информационные технологии;            |
| 3.1.2      | иметь базовые теоретические знания по дисциплине «Физическая электроника»;  |
| 3.1.3      | основные принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования;       |
| 3.1.4      | основные методы радиофизических измерений.  |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>   |
| 3.2.1      | самостоятельно анализировать содержание лекционных и практических занятий;  |
| 3.2.2      | использовать знания по разделу «Физическая электроника»;  |
| 3.2.3      | самостоятельно приобретать новые знания;  |
| 3.2.4      | решать стандартные задачи профессиональной деятельности;  |
| 3.2.5      | анализировать работу радиоэлектронной аппаратуры и результаты радиофизических измерений с позиций физической электроники. |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>   |
| 3.3.1      | обладать навыками самоорганизации и самообразования;  |
| 3.3.2      | обладать навыком решения конкретных задач радиофизики;  |
| 3.3.3      | иметь навыки работы с современными образовательными и информационными технологиями;                                       |
| 3.3.4      | иметь навыки решения стандартных задач профессиональной деятельности;   |
| 3.3.5      | обладать навыками эксплуатации радиоэлектронной и оптической аппаратуры;  |
| 3.3.6      | обладать навыками анализа результатов радиофизических измерений с позиций физической электроники;                         |
| 3.3.7      | иметь навыки работы с компьютером на уровне опытного пользователя с использованием информационных технологий.             |



#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Общая трудоемкость  | З ЕТ   |
|---|--|
| Часов по учебному плану: 108<br>в том числе:<br>аудиторные занятия: 68<br>самостоятельная работа: 11<br>часов на контроль: 18<br>контактная работа: 79<br>ИКР: 11 | Виды контроля в семестрах:<br><br>экзамены 6 |

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Литература                           |
|-------------|--|----------------|-------|--------------------------------------|
|             | <b>Раздел 1. Основы зонной теории твердых тел. Статистика электронов и дырок в полупроводниках и металлах</b>  |                |       |                                      |
| 1.1         | Энергетические уровни электрона в изолированном атоме. Обобщение электронов в кристалле. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Заполнение энергетических зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Локальные уровни в запрещенной зоне. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Функция плотности состояний.<br>Концентрация электронов и дырок в полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных полупроводниках. Статистика электронов в примесных полупроводниках. Донорный полупроводник. Акцепторный полупроводник. Закон действующих масс. Сильно легированные полупроводники. Компенсированные полупроводники. Статистика электронов в металлах.<br>/Лек/ | 6              | 10    | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 1.2         | Проработка лекционного материала. Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам.<br>Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Заполнение энергетических зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.<br>Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Полная функция распределения. Функция Ферми-Дирака. Функция плотности состояний.<br>Концентрация электронов и дырок в полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных полупроводниках. Статистика электронов в примесных полупроводниках. Донорный полупроводник. Акцепторный полупроводник. Компенсированные полупроводники.<br>/Ср/  | 6              | 2     | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 1.3         | Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников и определение энергии активации<br>/Лаб/  | 6              | 6     | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
|             | <b>Раздел 2. Эмиссионная электроника. Физика электронных вакуумных ламп</b>  |                |       |                                      |



|   |  |   |    |                                      |
|---|--|---|----|--------------------------------------|
| Рабочая программа дисциплины "Физическая электроника" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ» |  |   |    | стр. 6                               |
| 2.1   | Поверхностный потенциальный барьер для электронов в металле. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона–Дешмена для плотности тока термоэлектронной эмиссии. Эффект Шоттки. Автоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия из металлов, полупроводников и диэлектриков. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронные умножители. Классификации вакуумных ламп. Вакуумный диод. Вольт-амперная характеристика диода. Закон степени трех вторых. Параметры диодов. Трехэлектродные лампы. Характеристики триодов. Недостатки триодов. Тетроды. Динатронный эффект и способы его устранения. Пентод /Лек/ | 6 | 10 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 2.2   | Проработка лекционного материала. Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам. Термоэлектронная эмиссия. Эффект Шоттки. Автоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия из металлов, полупроводников и диэлектриков. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронные умножители. Вольт-амперная характеристика диода. Параметры диодов. Трехэлектродные лампы. Характеристики триодов. Недостатки триодов. Тетроды. Динатронный эффект и способы его устранения. Пентод /Ср/   | 6 | 3  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 2.3   | Определение параметров многоэлектродных ламп<br>Распределение термоэлектронов по скоростям<br>Определение параметров фотоэлектронного умножителя /Лаб/   | 6 | 16 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| <b>Раздел 3. Электрический ток в газах</b>  |  |   |    |                                      |
| 3.1   | Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд. Распределение электронов по длинам свободного пробега. Лавинный разряд. Явление усиления тока при наличии ионизирующих соударений. Коэффициент ударной ионизации. Коэффициент газового усиления. Самостоятельный разряд. Лавинный разряд при объемной ионизации газа электронами и гамма – процессах на катоде. Развитие и установление самостоятельного разряда. Закон Пашена для напряжения зажигания. Формы самостоятельного разряда. /Лек/  | 6 | 8  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 3.2   | Проработка лекционного материала. Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам. Несамостоятельный газовый разряд. Лавинный разряд. Явление усиления тока при наличии ионизирующих соударений. Самостоятельный разряд. Лавинный разряд при объемной ионизации газа электронами и гамма – процессах на катоде. Развитие и установление самостоятельного разряда. Закон Пашена для напряжения зажигания. Формы самостоятельного разряда. /Ср/  | 6 | 2  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 3.3   | Исследование газоразрядной плазмы зондовым методом /Лаб/   | 6 | 6  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| <b>Раздел 4. Электронная оптика</b>   |  |   |    |                                      |
| 4.1   | Движение электрона в электромагнитных полях. Движение электрона в однородных электрическом и магнитном полях. Движение электрона в аксиально-симметричных полях. Электростатические электронные линзы. Магнитные линзы. Электронная микроскопия. Устройство электронного микроскопа. Разрешающая способность и увеличение электронного микроскопа. /Лек/   | 6 | 6  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 4.2   | Проработка лекционного материала. Электростатические электронные линзы. Магнитные линзы. Электронная микроскопия. Устройство электронного микроскопа. Разрешающая способность и увеличение электронного микроскопа. /Ср/   | 6 | 2  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |



| <b>Раздел 5. Термоэлектродвижущая сила в металлах и полупроводниках</b> |   |   |    |                                      |
|---|---|---|----|--------------------------------------|
| 5.1   | Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам.<br>Термоэлектродвижущая сила в металлах и полупроводниках /Ср/ | 6 | 2  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 5.2   | Изучение явления термо-э.д.с. в металлах и полупроводниках /Лаб/  | 6 | 6  | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| <b>Раздел 6. Иная контактная работа</b>                                 |   |   |    |                                      |
| 6.1   | Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/   | 6 | 11 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Собеседование и отчеты по лабораторным работам  
Тест  
Экзамен

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Вопросы для собеседования по лабораторным работам:

1. Объяснить, почему в газоразрядной плазме температура электронов намного выше температуры ионов.
2. Что такое электронная плазменная частота? Чем она определяется и как рассчитывается? Радиус Дебая.
3. Как, используя зондовый метод, определить потенциал плазмы в месте расположения зонда?
4. Виды самостоятельного разряда. Как поддерживается самостоятельный разряд в газоразрядных приборах?
5. Что такое проникаемость и как она связана со статическим коэффициентом усиления трехэлектродной вакуумной лампы?
6. Анодные и анодно-сеточные характеристики вакуумных триодов. Уравнение лампы.
7. Как связана плотность тока эмиссии с температурой?
8. Каким законам подчиняется ток в вакуумном диоде при положительном и отрицательном напряжениях на аноде?
9. Объяснить, почему и как по вольт-амперным характеристикам диода при отрицательном напряжении на аноде можно найти закон распределения термоэлектронов по скоростям.
10. Каков физический смысл интегральной и дифференциальной кривых распределения? Какова связь этих кривых с вероятностными характеристиками?
11. На чем основан метод определения температуры катода по вольт-амперной характеристике вакуумного диода?
12. Что такое квантовый выход фотокатода и как его определить, зная чувствительность фотокатода?
13. Из каких компонент складывается темновой ток фотозлектронного умножителя и от чего он зависит?
14. Почему наряду с энергетическими единицами, характеризующими распределение лучистой энергии, существуют светотехнические единицы?
15. В каких единицах измеряются энергетические и светотехнические величины? Как перевести единицы измерения из одной системы в другую?
16. Как различаются полупроводники, металлы и изоляторы по электропроводности? Какова зонная структура изолятора, проводника и полупроводника?
17. Что такое дырка с точки зрения зонной теории?
18. Объясните возникновение локальных энергетических уровней в кристалле.
19. Объясните механизм собственной и примесной проводимостей у полупроводников.
20. Как подвижность носителей заряда зависит от температуры в полупроводниках?
21. Объясните физический смысл энергий активации  $E_g$  и  $E_{np}$  и температурного коэффициента сопротивления. Как они находятся экспериментально?
22. Почему температурный коэффициент сопротивления для полупроводников дается в справочниках для определенного температурного интервала?
23. Каковы причины возникновения термо-э.д.с.?
24. Как рассчитывается термо-э.д.с. в проводниках и полупроводниках без наличия контактов с другими материалами?
25. Как вычисляется внутренняя контактная разность потенциалов?
26. Как вычисляется внешняя контактная разность потенциалов?
27. Изобразите распределение потенциала в цепи, составленной из двух проводников при одинаковой температуре спаев.
28. Изобразите распределение потенциала в цепи, составленной из двух проводников при различных температурах спаев.
29. Как вычисляется термо-э.д.с. цепи, составленной из двух проводников?
30. Почему в металлах термо-э.д.с. имеет гораздо меньшие значения, чем в полупроводниках?



Типовой тест:

- 1) Условия делокализации электронов в металлах?
  - а) Высота потенциального барьера в кристалле должна быть ниже уровня валентного электрона в изолированном атоме
  - б) Высота потенциального барьера в кристалле должна быть выше уровня валентного электрона в изолированном атоме
- 2) Чем ниже расположен уровень валентного электрона, тем
  - а) шире зона разрешенных значений энергии
  - б) уже зона разрешенных значений энергии

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену:

1. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Заполнение зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.
2. Собственные полупроводники. Локальные уровни в запрещенной зоне.
3. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Функция плотности состояний.
4. Концентрация электронов и дырок в полупроводниках.
5. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных полупроводниках.
6. Статистика электронов в примесных полупроводниках: донорный полупроводник.
7. Статистика электронов в примесных полупроводниках: акцепторный полупроводник. Закон действующих масс. Сильно легированные полупроводники. Компенсированные полупроводники.
8. Статистика электронов в металлах.
9. Поверхностный потенциальный барьер для электронов в металле.
10. Формула для плотности тока термоэлектронной эмиссии (формула Ричардсона-Дешмена).
11. Эффект Шоттки.
12. Автоэлектронная эмиссия.
13. Фотоэлектронная эмиссия: основные закономерности, процессы, квантовый выход.
14. Фотоэлектронная эмиссия из металлов, полупроводников и диэлектриков.
15. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронный умножитель.
16. Вакуумный диод: вольт-амперная характеристика, закон степени трех вторых, параметры диодов.
17. Трехэлектродные лампы: замена триода эквивалентным диодом, характеристики, параметры, внутреннее уравнение лампы, межэлектродные емкости.
18. Тетроды и пентоды.
19. Ионизация газов. Упругие и неупругие столкновения. Длина свободного пробега. Эффективное сечение взаимодействия. Скорости генерации и рекомбинации.
20. Несамостоятельный разряд в газе. Экспериментальное определение коэффициента рекомбинации. Распределение электронов по длинам свободного пробега.
21. Лавинный разряд. Явление усиления тока при наличии ионизирующих соударений.
22. Самостоятельный разряд: Лавинный разряд при объемной ионизации электронами и гамма-процессах на катоде.
23. Зажигание самостоятельного разряда. Развитие и установление самостоятельного разряда.
24. Напряжение зажигания самостоятельного разряда. Формы самостоятельного разряда.
25. Электронная оптика.
26. Движение электрона в однородном электрическом поле. Электростатическая электронная линза.
27. Линзы-диафрагмы, бипотенциальные и одиночные линзы. Магнитные линзы.
28. Устройство электронного микроскопа. Разрешающая сила и увеличение электронного микроскопа.
29. Электронная спектроскопия.
30. Физика поверхности.

### 6.4. Критерии оценивания

Критерии оценивания собеседования и отчета по лабораторным работам:

Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра в ходе лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой из выполненных лабораторных работ. Отчет подразумевает выполнение всех заданий в виде таблиц, графиков, проведения расчетов и подведения итогов проделанной работы – написания выводов. Отчет по работе считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после выполнения лабораторной работы.

Промежуточная аттестация проводится в два этапа: в форме тестирования и в форме экзамена.

Первый этап промежуточной аттестации представляет собой тестирование, проводимое во время лекционных занятий.

Второй этап промежуточной аттестации представляет собой экзамен: ответы на вопросы экзаменационного билета.



**Критерии оценивания экзамена:**

На первом этапе промежуточной аттестации – тестировании студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционного занятия. Всего вопросов в тесте 38. Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 1 балл. Максимальное количество баллов – 38. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 20 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

На втором этапе промежуточной аттестации – экзамене студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Максимальный балл за ответы на вопросы билета – 90 баллов.

**Критерии оценивания теоретических вопросов:**

**Характеристики ответа:**

1) Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны незначительные ошибки (80-90 баллов).

2) Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода (65-80 баллов).

3) Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета (45-65 баллов).

4) Не может ответить на вопрос базового уровня (0 баллов).

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации.

**Критерии оценивания экзамена:**

0-65 баллов - неудовлетворительно (2);

65-90 баллов - удовлетворительно (3);

90-117 баллов - хорошо (4);

118-138 баллов - отлично (5).

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

|      | Авторы, составители | Заглавие  | Издательство, год   | Ресурс |
|------|---------------------|---|---|--------|
| Л1.1 | Троян П. Е.         | Твердотельная электроника: учебное пособие<br>( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208664">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208664</a> ) | Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроник и, 2006 | ЭБС    |
| Л1.2 | Давыдов В. Н.       | Твердотельная электроника: учебное пособие<br>( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480529">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480529</a> ) | Томск : ТУСУР, 2013   | ЭБС    |
| Л1.3 | Владимиров Г. Г.    | Физика поверхности твердых тел<br>( <a href="https://e.lanbook.com/book/212228">https://e.lanbook.com/book/212228</a> )   | Санкт- Петербург : Лань, 2022   | ЭБС    |

**7.1.2. Дополнительная литература**

|      | Авторы, составители              | Заглавие  | Издательство, год                                      | Ресурс |
|------|----------------------------------|---|--|--------|
| Л2.1 | Марченко А. Л.,<br>Опадчий Ю. Ф. | Электротехника и электроника: в 2 томах том 2: электроника<br>( <a href="http://znanium.com/catalog/document?id=380940">http://znanium.com/catalog/document?id=380940</a> ) | Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022 | ЭБС    |

**7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

|    |  |
|----|--|
| Э1 | Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. - URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>                                      |
| Э2 | Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> |
| Э3 | Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. - URL: <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>  |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

|   |  |         |
|---|--|---------|
| Рабочая программа дисциплины "Физическая электроника" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»   |  | стр. 10 |
| Э4  | Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. - URL: <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a> |         |
| Э5  | eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>     |         |
| <b>7.3 Перечень информационных технологий</b>   |  |         |
| <b>7.3.1 Программное обеспечение</b>  |  |         |
| MS Office365  |  |         |
| Adobe Reader  |  |         |
| LMS Moodle  |  |         |
| Adobe Connect Acrobat   |  |         |
| <b>7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы</b>  |  |         |
| 1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.   |  |         |
| 2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <a href="http://journals.aps.org/about">http://journals.aps.org/about</a> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный. |  |         |
| 3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.   |  |         |
| 4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.  |  |         |
| 5. Springer Link : [сайт]. – URL: <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.   |  |         |

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|  |
|--|
| Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения занятий семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, а также аудитории для самостоятельной работы.  |
| Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).   |
| Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).  |
| Лабораторные занятия проходят в учебной лаборатории радиоспектроскопии и физической электроники (аудитория 129 учебный корпус №1). Материально - техническое обеспечение приведено в паспорте лаборатории.   |
| Для самостоятельной работы студента используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медиацентр) (учебный корпус №1), оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет». |

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|  |
|--|
| Освоение содержания учебной дисциплины «Физическая электроника» осуществляется на лекциях, лабораторных занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.  |
| Лекции составляют основу теоретической подготовки студентов с целью понимания ими сущности дисциплины. Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений дисциплины и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку. В ходе лекционных занятий нужно конспектировать учебный материал, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений. Лекции должны активизировать познавательную деятельность обучающихся, вызывать интерес к поставленным проблемам и направлениям развития в профессиональной области, формировать их профессиональный кругозор, аналитические качества, творческий подход к изучению дисциплины, определять направления дальнейшего самостоятельного изучения и практического освоения в данной области. Изложение материала лекций должно носить проблемный, инновационный характер, способствующий формированию и развитию соответствующих компетенций. Преподавателю необходимо опираться на основную литературу, представленную в рабочей программе данной дисциплины, а также на учебные пособия, монографии, научные статьи и периодические издания известных специалистов в данной области. |



Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации полученных теоретических знаний. Указания к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется преподавателем перед проведением лабораторных работ. На лабораторных занятиях студенты овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе прохождения учебной и производственной практик.

Самостоятельная работа студентов включает проработку лекционного курса, подготовку к лабораторным работам, выполнение всех заявленных в рабочей программе видов самостоятельной работы (выполнение домашних заданий). Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекционного курса, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников. В ходе самостоятельной работы необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. Очень полезно дорабатывать свой конспект лекций, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной рабочей программой.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

#### **10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и ассистивных информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «ElBraille-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой CleVu с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

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



Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

а) доступная форма предоставления инструкции по порядку проведения процедуры оценивания (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.



**Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:**

Проректор по учебной работе                      утверждено 21.02.24                      А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 08 от 25.01.2024

Председатель Ученого совета  
физического факультета    согласовано    М.А. Загребин

**Заседанием кафедры радиофизики и электроники**

Протокол заседания № 05 от 23.01.2024

Заведующий кафедрой    согласовано    А.В. Бутаков

Автор (составитель)    В.М. Чернов

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ»  
от «13» апреля 2021 г. № 247-1**