

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО  
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

**Электронные процессы в твердом теле**  
**рабочая программа дисциплины (модуля)**

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроники**  
Учебный план v11.04.04\_25\_00.plx  
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
Квалификация **магистр**  
Форма обучения **очно-заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр<br>на курсе>)          | 2 (1.2) |       | Итого |       |
|----------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| Неделя                                             | 16      |       |       |       |
| Вид занятий                                        | уп      | рп    | уп    | рп    |
| Лекции                                             | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Практические                                       | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Иная контактная<br>работа                          | 0,35    | 0,35  | 0,35  | 0,35  |
| Консультирование<br>перед экзаменом и<br>практикой | 2       | 2     | 2     | 2     |
| Итого ауд.                                         | 34,35   | 34,35 | 34,35 | 34,35 |
| Контактная работа                                  | 34,35   | 34,35 | 34,35 | 34,35 |
| Сам. работа                                        | 101     | 101   | 101   | 101   |
| Часы на контроль                                   | 44,65   | 44,65 | 44,65 | 44,65 |
| Итого                                              | 180     | 180   | 180   | 180   |

г. Рязань

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., проф., Холомина Татьяна Андреевна*

Рабочая программа дисциплины

**Электронные процессы в твердом теле**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Микро- и нанoeлектроники**

Протокол от 03.06.2025 г. № 8

Срок действия программы: 2025 - 2028 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Микро- и нанoeлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Микро- и нанoeлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Микро- и нанoeлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

**Микро- и нанoeлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2029 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний и умений в области изучения физических процессов в материалах и приборах микро- и нанoeлектроники в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, формирование у студентов способности к логическому мышлению, анализу и восприятию информации, посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков. |
| 1.2 | Задачи:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.3 | - формирование фундаментальных представлений о физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, диэлектрических и полупроводниковых материалах при использовании их в приборах микро- и нанoeлектроники;                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.4 | - обучение физическим принципам работы ряда электронных устройств;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.5 | - формирование навыков обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.6 | - развитие навыков решения практических заданий на основе изученного теоретического материала;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1.7 | - формирование умений обработки и анализа результатов решения теоретических задач;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.8 | - развитие способности предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|                   |                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цикл (раздел) ОП: | Б1.О                                                                                                                  |
| <b>2.1</b>        | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                          |
| 2.1.1             | Методы анализа наносистем                                                                                             |
| 2.1.2             | Оптико-электронные приборы и системы                                                                                  |
| <b>2.2</b>        | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1             | Технологическая (проектно-технологическая) практика                                                                   |
| 2.2.2             | Учебная практика                                                                                                      |
| 2.2.3             | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы                                                                 |
| 2.2.4             | Преддипломная практика                                                                                                |

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

**ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора**

**ОПК-1.1. Выявляет естественнонаучную сущность проблем, определяет пути их решения**

**Знать**

методы выявления естественнонаучной сущности проблем, определения пути их решения

**Уметь**

выявлять естественнонаучную сущность проблем, определяет пути их решения

**Владеть**

навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения пути их решения

**ОПК-1.2. Представляет современную научную картину мира, оценивает эффективность сделанного выбора для решения сущности проблем**

**Знать**

способы представления современной научной картины мира, оценки эффективности сделанного выбора для решения сущности проблем

**Уметь**

представлять современную научную картину мира, оценивает эффективность сделанного выбора для решения сущности проблем

**Владеть**

навыками представления современной научной картины мира, оценки эффективности сделанного выбора для решения сущности проблем

**ОПК-3: Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач**

**ОПК-3.1. Приобретает и использует новую информацию в своей предметной области**

**Знать**  
методы приобретения и использования новой информации в своей предметной области

**Уметь**  
приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области

**Владеть**  
навыками приобретения и использования новой информации в своей предметной области

**ОПК-3.2. Предлагает новые идеи и подходы к решению инженерных задач**

**Знать**  
способы предложения новых идей и подходов к решению инженерных задач

**Уметь**  
предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач

**Владеть**  
навыками предложения новых идей и подходов к решению инженерных задач

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

|            |                                                                                                                       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>                                                                                                         |
| 3.1.1      | базовые концепции и модели общей физики, квантовой физики, статистической физики, физики конденсированного состояния. |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                         |
| 3.2.1      | применять на практике основные приемы и программные средства решения прикладных задач и представления данных.         |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>                                                                                                       |
| 3.3.1      | экспериментального исследования параметров и характеристик твердотельных материалов.                                  |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                                                                                                                   | Семестр / Курс | Часов | Компетенции                                                                                                                                              | Литература                                                                             | Форма контроля                |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|             | <b>Раздел 1. Введение. Основные особенности электронных процессов в твердом теле.</b>                                                                                       |                |       |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
| 1.1         | Введение. Основные особенности электронных процессов в твердом теле. /Тема/                                                                                                 | 2              | 0     |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
| 1.2         | Введение. Основные особенности электронных процессов в твердом теле. /Лек/                                                                                                  | 2              | 2     | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.                      |
| 1.3         | Локализованные электронные состояния в кристалле. Мелкие и глубокие примесные состояния. Примесная зона. Уровни Тамма и поверхностные состояния в реальных кристаллах. /Ср/ | 2              | 10    | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический отчет. Экзамен. |
|             | <b>Раздел 2. Электронные процессы в полупроводниковых материалах в условиях термодинамического равновесия.</b>                                                              |                |       |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
| 2.1         | Электронные процессы в полупроводниковых материалах в условиях термодинамического равновесия. /Тема/                                                                        | 2              | 0     |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                    |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 2.2 | Обобщенная функция распределения. Расчет концентрации свободных носителей заряда в невырожденном полупроводнике. Условие электронейтральности. Закон действующих масс. /Лек/                                                                       | 2 | 2  | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.                      |
| 2.3 | Зависимость концентрации свободных носителей заряда и положения уровня Ферми в полупроводниках от температуры. Критерии принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости. /Лек/                        | 2 | 2  | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.                      |
| 2.4 | Расчет вероятностей заполнения разрешенных состояний в твердом теле. концентрации носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках. Условие электронейтральности. Закон действующих масс. /Пр/                                           | 2 | 4  | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа.           |
| 2.5 | Расчет концентрации свободных носителей заряда и положения уровня Ферми в полупроводниках при изменении температуры в соответствии с критериями принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости. /Пр/ | 2 | 2  | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа.           |
| 2.6 | Понятие сильного поля. Эффект Френкеля-Пула, туннельный эффект Зинера, лавинное умножение носителей заряда. /Ср/                                                                                                                                   | 2 | 16 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический отчёт. Экзамен. |
|     | <b>Раздел 3. Кинетические явления в твердых телах.</b>                                                                                                                                                                                             |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
| 3.1 | Кинетические явления в твердых телах. /Тема/                                                                                                                                                                                                       | 2 | 0  |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 3.2 | Кинетические явления в твердых телах. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность проводников и полупроводников. Подвижность носителей заряда. /Лек/                                                                                                                                                                                | 2 | 1 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.            |
| 3.3 | Тепловые колебания кристаллической решетки. Статистика фононов. Теплоемкость твердых тел. Модели Эйнштейна и Дебая –Борна зависимости молярной теплоемкости кристалла от температуры. Анггармонизм колебаний. Теплопроводность электронная и решеточная. Термоэлектрические явления в твердых телах, применение в электронной технике. /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.            |
| 3.4 | Гальваномагнитные явления, применение в электронной технике. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 | 1 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.            |
| 3.5 | Электропроводность проводников и полупроводников, зависимость от температуры в соответствии с критериями принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости. /Пр/                                                                                                                                  | 2 | 3 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа. |
| 3.6 | Тепловые колебания кристаллической решетки. Теплоемкость твердых тел. Термоэлектрические явления в твердых телах. Гальваномагнитные явления. /Пр/                                                                                                                                                                                            | 2 | 2 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа. |

|     |                                                                                                                                                                                                   |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                                  |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 3.7 | Смещения атомов в струне, линейной цепочке и структуре с базисом. Колебательные моды одноатомной решетки. Волновой вектор, фазовая и групповая скорости. Закон дисперсии. Температура Дебая. /Ср/ | 2 | 17 | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический<br>отчёт. Экзамен. |
| 3.8 | Природа термо-э.д.с. Вывод и применение соотношений Н. Писаренко. /Ср/                                                                                                                            | 2 | 16 | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический<br>отчёт. Экзамен. |
|     | <b>Раздел 4. Неравновесные процессы в твердых телах.</b>                                                                                                                                          |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                                  |
| 4.1 | Неравновесные процессы в твердых телах. /Тема/                                                                                                                                                    | 2 | 0  |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                                  |
| 4.2 | Неравновесные процессы в твердых телах. Характеристики релаксации основных и неосновных неравновесных носителей заряда /Лек/                                                                      | 2 | 2  | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.                         |
| 4.3 | Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел. /Лек/                                                                                                                                        | 2 | 2  | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Экзамен.                         |
| 4.4 | Закономерности и параметры релаксации основных неравновесных носителей заряда. /Пр/                                                                                                               | 2 | 2  | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная<br>работа.           |

|     |                                                                                                                         |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 4.5 | Закономерности и параметры релаксации неосновных неравновесных носителей заряда. /Пр/                                   | 2 | 2  | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа.           |
| 4.6 | Расчет оптических и фотоэлектрических характеристик твердых тел. /Пр/                                                   | 2 | 1  | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Контрольная работа.           |
| 4.7 | Кинетические явления в квантующих магнитных полях. /Ср/                                                                 | 2 | 16 | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический отчёт. Экзамен. |
| 4.8 | Диффузионно-дрейфовые уравнения. Уравнение Эйнштейна. /Ср/                                                              | 2 | 16 | ОПК-1.1-З<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-З<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-З<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-З<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 | Аналитический отчёт. Экзамен. |
|     | <b>Раздел 5. Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных материалов и устройств электронной техники.</b> |   |    |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |
| 5.1 | Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных материалов и устройств электронной техники. /Тема/           | 2 | 0  |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                               |

|     |                                                                                                              |   |       |                                                                                                                                                          |                                                             |                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 5.2 | Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных материалов и устройств электронной техники. /Лек/ | 2 | 2     | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Экзамен.                         |
| 5.3 | Квазиуровни Ферми, экстракция и инжекция. /Ср/                                                               | 2 | 10    | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Аналитический<br>отчёт. Экзамен. |
|     | <b>Раздел 6. Промежуточная аттестация.</b>                                                                   |   |       |                                                                                                                                                          |                                                             |                                  |
| 6.1 | Подготовка к аттестации, иная контактная работа. /Тема/                                                      | 2 | 0     |                                                                                                                                                          |                                                             |                                  |
| 6.2 | Подготовка к экзамену. /Экзамен/                                                                             | 2 | 44,65 | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В |                                                             | Контрольные<br>вопросы.          |
| 6.3 | Консультация перед экзаменом. /Кнс/                                                                          | 2 | 2     | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В |                                                             |                                  |
| 6.4 | Приём экзамена. /ИКР/                                                                                        | 2 | 0,35  | ОПК-1.1-3<br>ОПК-1.1-У<br>ОПК-1.1-В<br>ОПК-1.2-3<br>ОПК-1.2-У<br>ОПК-1.2-В<br>ОПК-3.1-3<br>ОПК-3.1-У<br>ОПК-3.1-В<br>ОПК-3.2-3<br>ОПК-3.2-У<br>ОПК-3.2-В |                                                             | Контрольные<br>вопросы.          |

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Электронные процессы в твердом теле"").

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

| №    | Авторы, составители                                                                                   | Заглавие                                                                                   | Издательство, год                                                                     | Количество/название ЭБС                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л1.1 | Анфимов И. М.,<br>Кобелева С. П.,<br>Коновалов М. П.,<br>Осипов Ю. В., Орлова<br>М. Н., Спицына Л. Г. | Физика твердого тела : сборник задач                                                       | Москва:<br>Издательский<br>Дом МИСиС,<br>2011, 70 с.                                  | 978-5-87623-<br>426-1,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/56591.html">http://www.iprbookshop.ru/56591.html</a> |
| Л1.2 | Марков В. Ф.,<br>Мухамедзянов Х. Н.,<br>Маскаева Л. Н.,<br>Маркова В. Ф.                              | Материалы современной электроники : учебное пособие                                        | Екатеринбург:<br>Уральский<br>федеральный<br>университет,<br>ЭБС АСВ,<br>2014, 272 с. | 978-5-7996-<br>1186-6,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/69626.html">http://www.iprbookshop.ru/69626.html</a> |
| Л1.3 | Разумовская И. В.                                                                                     | Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки | Москва:<br>Прометей,<br>2011, 64 с.                                                   | 978-5-4263-<br>0032-3,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/9611.html">http://www.iprbookshop.ru/9611.html</a>   |
| Л1.4 | Епифанов Г.И.                                                                                         | Физика твердого тела : учеб. пособие                                                       | СПб.: Лань,<br>2011, 288с.                                                            | 978-5-8114-<br>1001-9, 1                                                                                          |
| Л1.5 | Холомина Т. А.                                                                                        | Электронные процессы в твердом теле : учебное пособие для вузов                            | Москва:<br>Горячая линия-<br>Телеком, 2021,<br>110 с.                                 | 978-5-9912-<br>0764-5,<br><a href="https://e.lanbook.com/book/402356">https://e.lanbook.com/book/402356</a>       |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

| №    | Авторы, составители         | Заглавие                              | Издательство, год          | Количество/название ЭБС |
|------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Л2.1 | Павлов П.В., Хохлов<br>А.Ф. | Физика твердого тела : Учеб.для вузов | М.:Выш.шк.,<br>2000, 494с. | 5-06-003770-<br>3, 1    |

#### 6.1.3. Методические разработки

| №    | Авторы, составители               | Заглавие                                                                                               | Издательство, год           | Количество/название ЭБС                                                                            |
|------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л3.1 | Холомина Т.А.                     | Физика твердого тела : Методические указания                                                           | Рязань: РИЦ<br>РГРТУ, 2006, | ,<br><a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1294">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1294</a> |
| Л3.2 | Холомина Т.А.,<br>Евдокимова Е.Н. | Подготовка студентов к текущему и промежуточному контролю освоения компетенций : Методические указания | Рязань: РИЦ<br>РГРТУ, 2016, | ,<br><a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1295">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1295</a> |

| №    | Авторы, составители | Заглавие                                              | Издательство, год        | Количество/название ЭБС                                                                         |
|------|---------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЛЗ.3 | Холомина Т.А.       | Электронные процессы в твердом теле : Учебное пособие | Рязань: РИЦ РГРТУ, 2017, | , <a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1302">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1302</a> |
| ЛЗ.4 | Холомина Т.А.       | Электронные процессы в твердом теле : учеб. пособие   | Рязань, 2017, 68с.       | , 1                                                                                             |

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

|    |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Э1 | Сайт кафедры микро- и нанoeлектроники РГРТУ. <a href="http://www.rsreu.ru/faculties/fe/kafedri/mnel">http://www.rsreu.ru/faculties/fe/kafedri/mnel</a>                                                                                            |
| Э2 | Система дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ», режим доступа. <a href="http://cdo.rsreu.ru/">http://cdo.rsreu.ru/</a>                                                                                                                          |
| Э3 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам. <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                                                                                                                         |
| Э4 | Интернет Университет Информационных Технологий. <a href="http://www.intuit.ru/">http://www.intuit.ru/</a>                                                                                                                                         |
| Э5 | Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. <a href="https://www.iprbookshop.ru">https://www.iprbookshop.ru</a>        |
| Э6 | Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. <a href="https://www.e.lanbook.com">https://www.e.lanbook.com</a> |
| Э7 | Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. <a href="http://elib.rsreu.ru/">http://elib.rsreu.ru/</a>                                                                            |

## 6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

### 6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

| Наименование                    | Описание                                                                    |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Операционная система Windows XP | Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно                      |
| Операционная система MS DOS     | Бессрочно. Корпоративная лицензия Microsoft Imagine Membership ID 700565239 |
| Kaspersky Endpoint Security     | Коммерческая лицензия                                                       |
| LibreOffice                     | Свободное ПО                                                                |
| Adobe Acrobat Reader            | Свободное ПО                                                                |
| LabVIEW                         | Коммерческая лицензия                                                       |

### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

|         |                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.3.2.1 | Система КонсультантПлюс <a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a> |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|

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

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 501 лабораторный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий Специализированная мебель (37 посадочных мест)<br>ПК: Intel Celeron CPVJ1800 – 25 шт.<br>Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2 | 343 учебно-административный корпус. Учебно-вспомогательная Аудитория для хранения и ремонта оборудования<br>2 компьютера, принтер, сканер, 5 мест                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3 | 106а учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 42 мест проектор BENQ<br>15 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:<br>ЦП: 2x Intel Pentium II/III class 2126, ОЗУ: 2 Гб, ПЗУ: 74 Гб (1 шт)<br>ЦП: Intel Pentium II/III class 3192, ОЗУ: 4 Гб, ПЗУ: 200 Гб (13 шт.)<br>ЦП: Intel Pentium II/III class 2128, ОЗУ: 2 Гб, ПЗУ: 74 Гб (1 шт.) |

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Электронные процессы в твердом теле").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир  
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**01.07.25** 17:48 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
ВЫПУСКАЮЩЕЙ  
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир  
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**01.07.25** 17:48 (MSK)

Простая подпись