

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

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
"Физика полупроводников"**

Программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.3.11. Физика полупроводников

Квалификация (степень) выпускника

–Преподаватель-исследователь

Формы обучения – очная

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (практических заданий, описаний форм и процедур проверки), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Цель – оценить соответствие приобретенных знаний и умений обучающихся целям и требованиям программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в ходе проведения промежуточной аттестации.

Контроль знаний проводится в форме промежуточной аттестации. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Форма проведения экзамена – устный ответ по теоретическим вопросам, сформулированным с учетом содержания дисциплины.

## 2 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ

Качество освоения дисциплины оценивается в процессе проведения экзамена в форме бальной отметки:

**«Отлично»** заслуживает аспирант, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется аспирантам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

**«Хорошо»** заслуживает аспирант, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется аспирантам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

**«Удовлетворительно»** заслуживает аспирант, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется аспирантам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

**«Неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### 3. ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Тема 1. Основы электронной теории полупроводников.	Кандидатский экзамен
2	Тема 2. Кинетические явления в полупроводниках.	Кандидатский экзамен
3	Тема 3. Размернозависимые электронные процессы в полупроводниках и барьерных структурах.	Кандидатский экзамен
4	Тема 4. Поверхностные и контактные явления в полупроводниках и барьерных структурах.	Кандидатский экзамен
5	Тема 5. Магнитные свойства твердых тел.	Кандидатский экзамен
6	Тема 6. Заключение.	Кандидатский экзамен

### 4 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

#### Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине

1. Статистические свойства электронов Классические представления Друде-Лоренца и квантовые Зоммерфельда.
2. Представления о квазичастицах. Закон дисперсии для свободных электронов.
3. Плотность разрешенных электронных состояний в разрешенных и запрещенной зонах.
4. Основные характеристики электрона в периодическом поле решетки. Квазиимпульс. Эффективная масса. Скорость и ускорение электрона в периодическом поле решетки кристалла
5. Мелкие и глубокие энергетические уровни в запрещенной зоне полупроводника, их параметры и методы изучения.
6. Статистика заполнения локальных уровней.
7. Невырожденные и вырожденные полупроводники. Статистические особенности. Уровень Ферми, концентрация электронов и дырок
8. Рассеяние носителей заряда в металлах и полупроводниках. Подвижность свободных носителей заряда. Основные механизмы рассеяния. Рассеяние на колебаниях кристаллической решетки. Рассеяние на ионизированных и нейтральных примесях.
9. Квантовая теория колебаний кристаллической решетки. Фононы. Энергия и импульс фонона. Статистика фононов. Плотность фононных состояний. Теплоемкость кристаллической решетки, температура Дебая. Ангармонизм колебаний.
10. Приближение эффективной массы. Доноры и акцепторы в кубических полупроводниках. Распределение электронной плотности.
11. Классические и квантовые размерные эффекты в ограниченных кристаллах. Основные характеристические длины в полупроводниках и барьерных структурах.
12. Классические размерные эффекты на длине свободного пробега и длине остывания.
13. Плотность разрешенных состояний и энергия Ферми в двумерной электронной системе.

14. Квазиодномерная электронная система и квантовая точка. Энергетический спектр, плотность состояний и энергия Ферми.
15. Эффект Френкеля-Пула.
16. Туннельный эффект Зинера.
17. Лавинное умножение носителей заряда. Ударная ионизация в собственных и легированных полупроводниках.
18. Зависимость скорости дрейфа носителей заряда и подвижности в полупроводниках от напряженности электрического поля.
19. Зависимость кинетических коэффициентов от напряженности электрического поля.
20. Нелинейные ВАХ полупроводниковых кристаллов в сильном электрическом поле. *S* и *N*-образные ВАХ.
21. Эффект Ганна, отрицательная дифференциальная проводимость в многодолинных полупроводниках, возникновение СВЧ колебаний электрического тока в полупроводниках со сложным строением зон в *k*-пространстве. Электрические домены и токовые шнуры.
22. Функция распределения в сильном электрическом поле. Влияние электрон-электронных столкновений на функцию распределения. Смещенное максвелловское распределение.
23. Термоэлектронная эмиссия. Явления на контакте полупроводник-металл, напряженность электрического поля, потенциал, толщина слоя Шоттки. Теория выпрямления на контакте полупроводника с металлом.
24. Электронно-дырочный переход, контактная разность потенциалов, напряженность электрического поля, потенциал и толщина резкого *p-n*-перехода.
25. Теория выпрямления на *p-n*-переходе. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Влияние генерации и рекомбинации носителей заряда на вольт-амперную характеристику *p-n*-перехода.
26. Физические явления на контакте металл – неупорядоченный полупроводник.
27. Электронные состояния в кристаллах. Электрон в периодическом потенциальном поле. Одноэлектронное приближение. Волновые функции Блоха. Зона Бриллюэна.
28. Свойства энергетического спектра электронов, энергетические зоны. Волновой вектор, импульс, скорость и эффективная масса электрона.
29. Характер заполнения энергетических зон. Электроны и дырки. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Типы химических связей. Металлические, ионные, ковалентные, молекулярные кристаллы. Характеристика энергетических зон, распределение электронной плотности.
30. Водородоподобная модель мелкого примесного центра. Приближение эффективной массы. Доноры и акцепторы в кубических полупроводниках.
31. Мелкие и глубокие энергетические уровни в запрещенной зоне полупроводника, их параметры и методы изучения.
32. Статистика заполнения локальных уровней.
33. Невырожденные и вырожденные полупроводники. Статистические особенности. Уровень Ферми, концентрация электронов и дырок.
34. Рассеяние носителей заряда в металлах и полупроводниках. Подвижность свободных носителей заряда. Основные механизмы рассеяния. Рассеяние на колебаниях кристаллической решетки. Рассеяние на ионизированных и нейтральных примесях.
35. Квантовая теория колебаний кристаллической решетки. Фононы. Энергия и импульс фонона. Статистика фононов. Плотность фононных состояний. Теплоемкость кристаллической решетки, температура Дебая. Ангармонизм колебаний.

36. Зависимость электропроводности полупроводников и металлов от температуры.
37. Термоэлектрические эффекты. Эффект Холла. Диффузионные уравнения. Уравнения Эйнштейна.
38. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Неравновесные носители заряда. Время жизни. Максвелловская релаксация заряда в твердых телах, время релаксации, дебаевская длина экранирования.
39. Неравновесная функция распределения, квазиуровни Ферми. Уравнение непрерывности. Время жизни неосновных неравновесных носителей. Диффузионная длина.
40. Механизмы рекомбинации. Рекомбинация зона-зона. Рекомбинация с участием уровней в запрещенной зоне, модель Шокли-Рида. Модель рекомбинации П.Т.Орешкина.
41. Межзонные электронные переходы. Собственное оптическое поглощение, край собственного поглощения. Экситонные эффекты.
42. Поглощение на свободных носителях заряда. Поглощение света в примесной области спектра. Фотопроводимость. Оптическое поглощение на колебаниях кристаллической решетки.
43. Магнитные моменты атомов. Диамагнетики, парамагнетики. Намагниченность, магнитная проницаемость.
44. Магнитное упорядочение. Спонтанная намагниченность. Обменное взаимодействие. Спиновые волны. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
45. Доменная структура, механизмы намагничивания, гистерезис.
46. Магнитные резонансы, зеемановское расщепление.
47. Магнитные примеси в немагнитных металлах и полупроводниках.
48. Особенности рассеяния носителей заряда с переворотом спина.
49. Спин-орбитальное взаимодействие и рассеяние на магнитных центрах.
50. Спиновый эффект Холла.
51. Особенности электронных процессов переноса в магнитоупорядоченных средах.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

СОГЛАСОВАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир  
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ

**11.10.24** 10:22 (MSK)

Простая подпись