

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:  
Декан физико-математического факультета



Н.Б. Федорова  
«30» августа 2019 г.

**ПРОГРАММА**  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
по научной специальности  
01.04.04 Физическая электроника

Уровень основной образовательной программы – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – 03.06.01. «Физическая электроника»

Направленность (профиль) – Физическая электроника

Форма обучения – заочная

Срок освоения ООП – нормативный (5 лет)

Факультет (институт) – физико-математический

Кафедра – общей и теоретической физики и МПФ

Язык преподавания – русский

Рязань, 2019

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1. Место кандидатского экзамена в структуре ОПОП ВО аспирантуры

2.1. Кандидатский экзамен по научной специальности 01.04.04 «Физическая электроника» относится к вариативной части Блока Б. 1 «Дисциплины» и является обязательным.

2.2. Для сдачи кандидатского экзамена необходимо освоение следующих дисциплин, направленных на подготовку к нему:

Физическая электроника

Вакуумная электроника/ Эмиссионная электроника

Физика твердого тела и полупроводников / Плазменная электроника

### 3. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Проверяемые компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	31 ( ОПК-1) <b>Знать</b> методы самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий <b>У1 (ОПК-1) Уметь:</b> осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий <b>В-1 (ОПК-1) Владеть:</b> методами осуществления научно-исследовательской деятельности области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий
ПК-1 способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	31(ПК-1) <b>Знать:</b> методы самостоятельного использования фундаментальных законов природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности <b>У1 (ПК-1) Уметь:</b> применять методы самостоятельного использования фундаментальных законов природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности <b>В-1 (ПК-1) Владеть:</b> методами самостоятельного использования фундаментальных законов природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности
ПК-2 способность самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении	31(ПК-2) <b>Знать:</b> методы самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике <b>У1 (ПК-2) Уметь:</b> пользоваться методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по

теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	физической электронике В-3 (ПК-2) <b>Владеть:</b> методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике
ПК-3 способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий	31(ПК-3) <b>Знать:</b> методы работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии У1 (ПК-3) <b>Уметь:</b> самостоятельно работать в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии В-1 (ПК-3) <b>Владеть:</b> методами самостоятельной работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии
ПК-4 способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники	31(ПК-4) <b>Знать:</b> методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники У1 (ПК-4) <b>Уметь:</b> применять методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники В-1 (ПК-4) <b>Владеть:</b> методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники

**Карта компетенций кандидатского экзамена по научной дисциплине**

**«Физическая электроника»**

В процессе сдачи кандидатского экзамена обучающийся демонстрирует следующие

**Универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции**

Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
<b>ОПК-1</b>	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><b>З1 ( ОПК-1) Знать</b> методы самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>У1 (ОПК-1) Уметь:</b> осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>В-1 (ОПК-1) Владеть:</b> методами осуществления научно-исследовательской деятельности области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	Путем проведения инструктажа, консультаций с научным руководителем, организации самостоятельных работ	Кандидатский экзамен	<p><b>Пороговый:</b> Способен самостоятельно работать в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач</p> <p><b>Повышенный:</b> Способен профессионально работать в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач</p>
<b>ПК-1</b>	способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и	<p><b>З1 (ПК-1) Знать</b> Методы осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием</p>	Путем проведения инструктажа, консультаций с научным	Кандидатский экзамен	<p><b>Пороговый:</b> Способен самостоятельно освоить методы использования фундаментальных законы природы и физики в</p>

	основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	информационно-коммуникационных технологий У1 (ПК-1) <b>Уметь:</b> применять информационно-коммуникационные технологии при осуществлении научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники В-1 (ПК-1) <b>Владеть:</b> информационно-коммуникационными технологиями при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области физической электроники	руководителем, организации самостоятельных работ		профессиональной деятельности <b>Повышенный:</b> Способен профессионально использовать фундаментальные законы природы и физики в профессиональной деятельности
<b>ПК-2</b>	способность самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	З1(ПК-2) <b>Знать:</b> методы самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике У1 (ПК-2) <b>Уметь:</b> пользоваться методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	Путем проведения инструктажа, консультаций с научным руководителем, организации самостоятельных работ	Кандидатский экзамен	<b>Пороговый:</b> Способен самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике <b>Повышенный:</b> Способен профессионально использовать методы математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической

		<b>В1 (ПК-2) Владеть:</b> методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике			электронике
<b>ПК-3</b>	способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий	<b>З1(ПК-3) Знать:</b> методы работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии <b>У1 (ПК-3)Уметь:</b> самостоятельно работать в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии <b>В-1 (ПК-3) Владеть:</b> методами самостоятельной работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии	Путем проведения инструктажа, консультаций с научным руководителем, организации самостоятельных работ	Кандидатский экзамен	<b>Пороговый:</b> Способен самостоятельно осваивать работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии <b>Повышенный:</b> Способен профессионально использовать глобальные информационные сети для получения новых знаний в области физики и астрономии
<b>ПК-4</b>	способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную	<b>З1(ПК-4) Знать:</b> методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в	Путем проведения инструктажа, консультаций с научным руководителем, организации	Кандидатский экзамен	<b>Пороговый:</b> Способен самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в

	<p>физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники</p>	<p>области физической электроники У1 (ПК-4) <b>Уметь:</b>          применять методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники В-1 (ПК-4) <b>Владеть:</b>          методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники</p>	<p>самостоятельных работ</p>		<p>области физической электроники <b>Повышенный:</b>          Способен профессионально применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники</p>
--	--	--	------------------------------	--	--

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **1. ОБЪЕМ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА И ВИДЫ РАБОТЫ АСПИРАНТА**

#### **1.1. Объем кандидатского экзамена в зачетных единицах**

Объем кандидатского экзамена составляет 1 зачетную единицу, всего 36 часов, из которых 1,5 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (1 часов консультации, 0,5 мероприятия промежуточной аттестации (кандидатский экзамен), 34,5 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

### **2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**



РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ и ШКАЛА оценивания		ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
	Пороговый	Повышенный	
<p>31 (ОПК-1) <b>Знать</b> методы самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p>У1 (ОПК-1) <b>Уметь:</b> осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p>В-1 (ОПК-1) <b>Владеть:</b> методами осуществления научно-исследовательской деятельности области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Способен самостоятельно работать в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач</p>	<p>Способен профессионально работать в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач</p>	Кандидатский экзамен
<p>31 (ПК-1) <b>Знать</b> Методы осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p>У1 (ПК-1) <b>Уметь:</b> применять информационно-коммуникационные технологии при осуществлении научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники</p> <p>В-1 (ПК-1) <b>Владеть:</b> информационно-коммуникационными технологиями при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области физической электроники</p>	<p>Способен самостоятельно освоить методы использования фундаментальных законы природы и физики в профессиональной деятельности</p>	<p>Способен профессионально использовать фундаментальные законы природы и физики в профессиональной деятельности</p>	Кандидатский экзамен
<p>31(ПК-2) <b>Знать:</b> методы самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике</p> <p>У1 (ПК-2) <b>Уметь:</b> пользоваться методами самостоятельного использования</p>	<p>Способен самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных</p>	<p>Способен профессионально использовать методы математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных</p>	Кандидатский экзамен

<p>математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике</p> <p><b>В1 (ПК-2) Владеть:</b></p> <p>методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике</p>	<p>исследований по физической электронике</p>	<p>исследований по физической электронике</p>	
<p><b>З1(ПК-3) Знать:</b></p> <p>методы работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии</p> <p><b>У1 (ПК-3) Уметь:</b></p> <p>самостоятельно работать в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии</p> <p><b>В-1 (ПК-3) Владеть:</b></p> <p>методами самостоятельной работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии</p>	<p>Способен самостоятельно осваивать работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии</p>	<p>Способен профессионально использовать глобальные информационные сети для получения новых знаний в области физики и астрономии</p>	<p>Кандидатский экзамен</p>
<p><b>З1(ПК-4) Знать:</b></p> <p>методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники</p> <p><b>У1 (ПК-4) Уметь:</b></p> <p>применять методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники</p> <p><b>В-1 (ПК-4) Владеть:</b></p> <p>методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники</p>	<p>Способен самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники</p>	<p>Способен профессионально применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники</p>	<p>Кандидатский экзамен</p>

## **2.1. Критерии допуска, содержание и процедура проведения кандидатского экзамена по научной специальности 01.04.04 – физическая электроника**

Успешная сдача зачетов по дисциплинам, направленным на подготовку к кандидатскому экзамену, и реферата (статьи) является допуском к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности «Физическая электроника».

### **Содержание кандидатского экзамена**

Требования к содержанию экзамена кандидатского минимума представлены в п. 2.2 рабочей программе кандидатского экзамена.

### **Процедура проведения кандидатского экзамена:**

1. Программа кандидатского экзамена по научной специальности «Физическая электроника» состоит из двух обязательных разделов: «Физическая электроника» (программа кандидатского минимума) и конкретной (предметной) области специализации в рамках данной специальности (дополнительная программа к кандидатскому экзамену по тематика научно-квалификационной работы (диссертации)).

2. Экзаменационные билеты должны включать: один вопрос из раздела «Программа кандидатского минимума», один вопрос из раздела программы по предлагаемой специализации.

3. Кандидатские экзамены проводятся по билетам, утвержденным на заседании кафедры общей и теоретической физики и МПФ. Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года.

4. На каждого аспиранта заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии.

### **Примерный перечень вопросов к кандидатскому экзамену**

#### **Раздел 1. (программа кандидатского минимума)**

1. Распределение частиц по скоростям в газоразрядной плазме
2. Законы симметрии в твердом теле
3. ОЖЕ-спектроскопия
4. Атомно-силовая микроскопия
5. Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в газе
6. Электроразрядные насосы: строение, возможности
7. Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в газоразрядной плазме
8. Зонная структура строения твердого тела
9. Квантовые эффекты при взаимодействии частиц в электрических и магнитных полях
10. Эмиссионные характеристики твердого тела
11. Квантовые законы излучения твердого тела
12. Нелинейные квантовые процессы
13. Физико-химические процессы и характеристики на поверхности полупроводниковых приборов
14. Физико-химические процессы и характеристики на поверхности газоразрядных приборов
15. Физико-химические процессы и характеристики на поверхности квантовых приборов
16. Плазменная сварка
17. Физико-химические процессы и характеристики на поверхности электровакуумных приборов
18. Методы диагностики электрофизических характеристик приборов нанoeлектроники
19. Квадрупольная масс-спектрометрия

20. Вакуумное напыление пленочных структур
21. Спектральный анализ вещества
22. Методы диагностики оптических характеристик приборов наноэлектроники
23. Физические процессы в вакууме
24. Молекулярно-лучевая эпитаксия
25. Техника низкого и высокого вакуума
26. Распределение частиц по энергиям в твердом теле
27. Теория и расчет процессов эмиссии с поверхности твердого тела
28. Криогенные насосы: строение, возможности
29. Турбомолекулярные насосы: строение, возможности
30. Электрофизические технологии очистки
31. Плазменная резка
32. Лазерная 3D наплавка
33. Лазерная резка
34. Лазерная сварка
35. Лазерные процессы гравировки
36. Методы расчета полупроводниковых систем
37. Методы расчета параметров плазмы
38. Колебательно-волновые процессы в газоразрядной плазме
39. Методы расчета газоразрядных приборов
40. Методы расчета квантовых приборов
41. Технологические процессы, обеспечивающие формирование эмиссионных структур
42. Законы излучения. Коэффициенты Эйнштейна
43. Нелинейные колебания. Странный аттрактор
44. Методы диагностики электрофизических характеристик газоразрядной плазмы
45. Модуляция добротности резонатора
46. Лазерный эффект удвоения частоты
47. Методы диагностики оптических характеристик газоразрядной плазмы
48. Физика строения лазера
49. Лазерные лидары, области применения
50. Технологическое оборудование для производства изделий микро(нано) электроники
51. Технологическое оборудование для производства вакуумных (газоразрядных) приборов
52. Электрофизические процессы очистки
53. Электрохимические процессы пленочных покрытий
54. Лазерные измерительные системы
55. Лазерные 3D сканеры
56. Электронная микроскопия
57. Рентгеновская микроскопия
58. Моделирование и расчет физических процессов в твердом теле
59. Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в твердом теле
60. Ультразвуковые технологии (сварка)

## **Раздел 2. Дополнительная программа к кандидатскому экзамену по предметной области специализации**

1. Технологическое оборудование для производства вакуумных (газоразрядных приборов)
2. Техника низкого и высокого вакуума. Электроразрядные насосы: строение, возможности.
3. Электрофизические процессы очистки металлокерамических изделий.

### Критерии оценки

Критерии	Показатели
Усвоение программного теоретического материала	- аргументированный, логически выстроенный, полный ответ по вопросу, демонстрирующий знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; - знание основной и дополнительной литературы; - глубокое, всестороннее знание и понимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.
Умение излагать программный материал научным языком	- владение научным стилем речи; - точное, связное, последовательное, логичное, обоснованное и аргументированное изложение материала, - умение формулировать обоснованные выводы

Ответ оценивается по традиционной системе:

**«отлично»** - аргументированный, логически выстроенный, полный ответ по вопросу, демонстрирующий отличное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой;

- знание основной и дополнительной литературы; свободное владение научным стилем речи; точное, связное, последовательное, логичное, обоснованное и аргументированное изложение материала, умение формулировать обоснованные выводы; глубокое, всестороннее знание и понимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.

**«хорошо»** - ответ по вопросу, демонстрирующий хорошее знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; знание основной литературы; сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; владение научным стилем речи;

точное, связное, последовательное, логичное, изложение материала, умение формулировать выводы.

**«удовлетворительно»** - ответ по вопросу, демонстрирующий удовлетворительное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой и основной литературы; нечеткое представление о сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; слабое владение научным стилем речи; неточное изложение материала, трудности с формулированием выводов.

**«неудовлетворительно»** - ответ по вопросу, демонстрирующий неудовлетворительное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой и основной литературы; непонимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; невладение научным стилем речи; неверное изложение материала, неумение формулировать выводы.

## 2.2. Содержание разделов программы кандидатского экзамена

### Раздел 1.

#### 1. Корпускулярная оптика

1.1. Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель в корпускулярной оптике. Оптический и подходы при решении задач оптики. Законы подобия, пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей. Теорема Буша и закон сохранения углового момента. Теорема Лагранжа-Гельмгольца и ее следствия.

1.2. Основные типы электростатических линз. Тонкие линзы. Линза-диафрагма. Одиночная линза, иммерсионный объектив и иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчет фокусных расстояний. Линза Глазера. Аберрации линз.

1.3. Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Конструкции электронных микроскопов. Особенности электрооптических систем. Корпускулярные микроскопы.

1.4. Динамика заряженной частицы в переменных во времени полях; движение частиц в полях электромагнитных волн, захват и ускорение, ускорение на биениях.

## **2. Эмиссионная электроника**

2.1. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод' прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика.

2.2. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже- электроны. Электронно-стимулированная десорбция.

2.3. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордское рассеяние. Ионно- электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия.

2.4. Фотоэлектронная эмиссия. Трехступенчатый механизм эмиссии.

2.5. Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссия.

## **3. Вакуумная электроника**

3.1. Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков - ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве, неустойчивости Пирса, диокотронная и токово-конвективная неустойчивости, слипинг-неустойчивость.

3.2. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное (синхротронное) и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Доплера. Томсоновское рассеяние.

3.3. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

3.4. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.

3.5. Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц. Нелинейные механизмы насыщения излучения - захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источников излучения.

## **4. Электроника твердого тела**

4.1. Физические основы электроники твердого тела. Особенности динамики электрона в идеальном твердом теле. Волновая функция, квазиимпульс, зоны Бриллюэна, зонный энергетический спектр, закон дисперсии. Энергетический спектр электрона в кристалле во внешних полях (электрическом и магнитном). Полуклассическая модель динамики электрона в кристалле; границы применимости. Дырки как способ описания ансамбля электронов, свойства и законы движения дырок.

Энергетический спектр электрона в ограниченном кристалле. Условия локализации. Локализованные состояния Тамма. Поверхностные состояния Шокли. Особенности энергетического спектра электронов в тонких пленках (квантовый размерный эффект).

Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках. Водородоподобная модель примесного центра.

Неупорядоченные системы - аморфные полупроводники. Понятие идеального аморфного твердого тела (идеального стекла). Случайная структура и случайное поле. Энергетический спектр неупорядоченных систем (без случайного поля и со случайным полем). Дефекты в аморфных материалах.

Статистика носителей заряда в полупроводниках. Обоснование применения статистики Ферми-Дирака к электронам в твердом теле (идеальном). Статистика \ примесных состояний: невырожденные и вырожденные полупроводники. Уровень электрохимического потенциала и концентрация свободных и связанных носителей в вырожденных полупроводниках: в собственном, с одним типом примеси, в частично компенсированном. Явление компенсации.

4.2. Явления переноса заряда в твердом теле. Интеграл столкновений. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Классический и квантовый размерный эффекты в электропроводности.

Электропроводность в неупорядоченных системах. Прыжковая проводимость по локализованным состояниям вблизи уровня Ферми (закон Мотта) и хвостах плотности состояний вблизи краев щели подвижности.

4.3. Неравновесные носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Генерация и рекомбинация. Механизмы рекомбинации.

Диффузия и дрейф неравновесных носителей, соотношение Эйнштейна. Плотность тока и градиент уровня Ферми. Уравнение непрерывности, анализ частных случаев локального возбуждения и инжекции.

4.4. Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт твердое тело - вакуум.

Контакт металл - полупроводник. Диоды Шоттки. Диодная и диффузионная теории выпрямления.

Электронно-дырочный переход. Количественная теория инжекции и экстракции неосновных носителей. Выпрямление и усиление с помощью р-п переходов. Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) р-п перехода. Туннельный эффект в р-п переходах. Основные представления о полупроводниковых гетеропереходах, их применение.

4.5. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Поглощение и испускание света полупроводниками. Механизмы поглощения. Поглощение и отражение электромагнитных волн свободными носителями заряда. Поглощение и излучение при оптических переходах зона-зона. Прямые и непрямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения кристаллами.

Спонтанное и вынужденное излучение. Полупроводниковые лазеры. Оптические свойства аморфных полупроводников. Фотоэффект в р-п переходах. Солнечные батареи. Преобразование электрических сигналов в световые.

4.6. Нанoeлектроника. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах. Транспортные явления в низкоразмерных системах. Оптические свойства наноструктур. Одноэлектронные явления в нанoeлектронных устройствах. Нанотехнология. Приборы нанoeлектроники.

## **5. Физические основы электроники поверхности и пленочной электроники**

5.1. Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость. Полевые транзисторы.

5.2. Проблема микроминиатюризации элементов микроэлектроники. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии.

5.3. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения.

5.4. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства.

5.5. Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках.

5.6. Тонкие диэлектрические и полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери.

5.7. Токопрохождение через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ).

5.8. Пленочные активные элементы. Использование неравновесных (горячих) электронов в металлических пленках. Активные элементы, основанные на использовании характеристик с отрицательным сопротивлением. Аналоговые триоды на основе ТОПЗ в диэлектриках. Пленочный полевой триод.

## **6. Методы анализа поверхности и тонких пленок**

6.1. Методики определения плотности поверхностных состояний, основанные на эффекте поля (C-V метод и метод, основанный на изменении -поверхностной проводимости).

6.2. Основы энергоанализа заряженных частиц. Основные типы энергоанализаторов. Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Детекторы для быстрых частиц (поверхностно-барьерный детектор).

6.3. Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение) как методы исследования структуры поверхности.

6.4. Электронная Оже-спектроскопия. Основное уравнение.. Методы количественной Оже- спектроскопии.

6.5. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС или ЭСХА - электронная спектроскопия для химического анализа) и конструкции приборов. Химические сдвиги уровней. Количественная РФЭС.

6.6. Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции-приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твердом теле. Количественная СХПЭЭ.

6.7. Растровая электронная микроскопия. Режимы работы. Особенности формирования контраста. Рентгеновский микроанализ. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов.

6.8. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов. Применения.

6.9. Методы ионной спектроскопии. Масс- спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Стигматический и растровый режим МСВИ. Ионно-нейтрализационная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние. Спектроскопия рассеяния ионов низких и средних энергий.

## **7. Функциональная электроника**

7.1. Магнетоэлектроника. Цилиндрические магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках.

7.2. Акустоэлектроника: взаимодействие электронов с длинно-волновыми акустическими колебаниями решетки, акустоэлектрический эффект, усиление ультразвуковых волн. Акустоэлектрические явления на поверхностных волнах и их практические применения - малогабаритные линии задержки, усилители и генераторы электрических колебаний.

7.3. Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Перспективы одномерных и квазиодномерных систем, структурная неустойчивость одномерных проводников, переходы Пайерлса и Мотта-Хаббарда. Электронные возбуждения в одномерных системах, солитонная проводимость. Фотопроводимость, нелинейные оптические свойства. Молекулярные полупроводники - полиацетилен и полидиацетилен: структура, свойства, легирование. Приборы молекулярной электроники.

7.4. Кривоэлектроника. Электронные свойства твердых тел (металлы, диэлектрики, полупроводники) при низких температурах. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость. Свойства и параметры сверхпроводников с высокой  $T_k$ .

Макроскопические квантовые эффекты сверхпроводимости. Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона. Типы джозефсоновских переходов. Аналоговые устройства на эффектах Джозефсона. Стандарты напряжения, сквиды, приемные СВЧ-устройства.

Цифровые ячейки логики и памяти. Проблемы создания больших интегральных схем (БИС). Особенности электронных устройств на высокотемпературных сверхпроводниках.

## **Раздел 2.**

1. Технологическое оборудование для производства вакуумных (газоразрядных приборов)

Основные технологические требования и особенности электровакуумного производства. Основные технологические документы. Методы обработки и очистки деталей. Основные



детали электровакуумных приборов. Сборка узлов приборов. Откачка электронных приборов. Тренировка.

2. Техника низкого и высокого вакуума. Электроразрядные насосы: строение, возможности.

**ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ.** Определение давления газа при напылении пленок в вакууме. Основное уравнение вакуумной техники. Режимы течения газов по трубопроводам. Основные параметры и классификация насосов.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ.** Принцип объемной откачки. Объемные вакуумные насосы с масляным уплотнением. Молекулярные насосы. Выбор вакуумных насосов.

**ПАРОМАСЛЯНЫЕ ДИФфуЗИОННЫЕ НАСОСЫ.** Принцип откачки. Параметры паромасляных диффузионных насосов

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКУУМА.** Хемосорбционная откачка. Криогенная откачка. Ионная откачка. Ионно-сорбционная откачка.

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ ГАЗА.** Общие сведения. Тепловые вакуумметры. Электронные ионизационные вакуумметры. Электронные ионизационные манометрические преобразователи для измерения сверхвысокого вакуума. Манометрические преобразователи с повышенной чувствительностью и малой мощностью рентгеновского излучения для измерения низких и сверхнизких давлений

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ВАКУУМНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ**

3. Электрофизические процессы очистки металлокерамических изделий

Технологические процессы электрохимической обработки. Классификация.

Электроэрозионная обработка: Электроискровая обработка. Электроимпульсная обработка. Электромеханическая обработка. Электроконтактная обработка. Электроабразивная обработка. Магнитоимпульсная обработка. Электродинамическая обработка. Ультразвуковая обработка. Лучевая обработка. Лазерная обработка. Электронно-лучевая. Плазменная обработка.

### **2.3. Методические рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену**

Освоение Основной программы следует начать с изучения материалов основной литературы.

Однако освоение минимума материала, содержащегося в основной литературе, представляет собой начальную стадию подготовки к экзамену. Ведь кандидатский экзамен решает качественно иные, по сравнению со студенческим, задачи. И ответ экзаменуемого на этом экзамене должен существенно отличаться от ответа студента и по содержанию, и по внутренней структуре.

Прежде всего — обязательным требованием к ответу на любой вопрос программы является характеристика степени его изученности в научной литературе. При этом важно показать не только знание современного состояния изучения той или иной проблематики, но и историю её «открытия», а также основные этапы дальнейшего осмысления. Приложенный список литературы (см.: Приложение № 2) носит при этом рекомендательный характер, и ответ аспиранта оценивается тем более высоко, чем больший круг исследований будет привлечён им в ходе ответа. Завершая исторический раздел ответа, необходимо выделить наиболее дискуссионные и недостаточно изученные вопросы, а затем, в процессе изложения материала, обосновать своё видение проблемы. Для успешного решения этих задач необходимо обновить свои знания по истории и методологии специальности.

Другим важным слагаемым ответа аспиранта на кандидатском экзамене является характеристика того круга источников, на основании которого ведётся изучение данной проблематики. Поэтому помимо научной литературы в процессе подготовки к кандидатскому экзамену необходимо уделить большое внимание работе с текстами источников. При ответе следует воспользоваться возможностью показать свои знания в области методики специальности,

внешней и внутренней критики источника. Подготовка к этой части ответа также едва ли будет возможна без консультаций с научным руководителем и опытными преподавателями.

Вслед за историческим и методическим разделами должен следовать развёрнутый ответ по существу поставленного вопроса. При подготовке к этой части ответа следует обратить особое внимание на его логическую выстроенность, а также литературный стиль изложения. Оптимальным вариантом видится создание проблемной ситуации и — вслед за ним — всесторонне аргументированное обоснование той точки зрения, которая видится аспиранту наиболее убедительной.

Экзаменационный билет включает в себя три вопроса из материала, предложенного программой. Каждый билет составлен при этом таким образом, чтобы проверить знания аспиранта по всем основным разделам дисциплины.

Экзаменаторы имеют право задать аспиранту дополнительные вопросы по завершении им ответа, имеющие целью уточнить оставшиеся неясными моменты, а также составить более полное представление об уровне подготовки аспиранта. Дополнительные вопросы могут быть связанными с проблематикой вопросов экзаменационного билета, однако члены экзаменационной комиссии имеют право задать любой вопрос, присутствующий в содержании программы экзамена.

Помимо испытания на знание общей программы кандидатского экзамена по специальности, которую обязан освоить любой аспирант, обучающийся в аспирантуре, кандидатский экзамен по научной специальности включает в себя вторую, не менее значимую часть — ответ на так называемый специальный вопрос. Специальный вопрос определяется на основе второго раздела программы к кандидатскому экзамену по научной специальности.

Дополнительная программа к кандидатскому экзамену по специальности с точки зрения её содержания теснейшим образом связана с темой диссертационного исследования аспиранта. Она представляет собой развёрнутый план изучения той проблемы, задачи осмысления которой обусловили выбор темы кандидатской диссертации.

Дополнительная программа (раздел 2) составляется научным руководителем аспиранта, утверждается на заседании кафедры, а затем включается в состав рабочей программы кандидатского минимума. Помимо содержательной части она должна включать в себя список обязательных для изучения источников и литературы.

Оценивая уровень подготовки аспиранта по разделу 2, члены экзаменационной комиссии предлагают экзаменуемому ответить на один из вопросов. Отвечая на каждый из них, аспирант должен показать его значимость и место в осмыслении общей проблемы, составляющий стержень Дополнительной программы, ввести экзаменаторов в существо современных научных споров, выявить особенности языка, формы и содержания источников.

Как и по завершении ответа аспиранта на вопросы Основной программы, так и после его ответов на вопросы Дополнительной программы, экзаменаторы имеют право задать дополнительные вопросы.

Итоговая оценка складывается из ответов на все вопросы Основной и Дополнительной программ. Она выносится членами экзаменационной комиссии после совещания и затем доводится до сведения аспиранта.

Таким образом, кандидатский экзамен по специальности является очень важным рубежом в академической жизни аспиранта, подготовка к нему требует высокой степени ответственности, организованности, самостоятельного творческого поиска.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

##### 3.1.1. Основная литература

П/П	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Се	ме	ст	Количество экземпляров
-----	--	----	----	----	------------------------

			в библиот еке	на кафед ре
1	2	4	5	6
1	Чехлова Т.К. Учебное пособие по курсу «Физическая электроника» для преподавания с использованием мультимедийных технологий [Электронный ресурс] / Т.К. Чехлова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Российский университет дружбы народов, 2013. — 124 с. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/22155.html">http://www.iprbookshop.ru/22155.html</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	
2	Иванов И. Г. Основы квантовой электроники: учебное пособие - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2011 Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=241055">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=241055</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	

## 3.1.2. Дополнительная литература

п/ п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Семестр	Количество экземпляров	
			в библиот еке	на кафедре
1	2	4	5	6
1	Афанасова, М.М. Физика твердого тела и полупроводников: практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad [Текст]: Практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad / Афанасова М.М., Горбунова Ю.Н. / РГУ им. С. А. Есенина. - Рязань, Рязанский институт развития образования, 2014 – 41 с.	5	10	5
2	Гантмахер, В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах [Электронный ресурс] / В.Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2005. - 233 с. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495</a> (28.04.2019)	5	ЭБС	
3	Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1978. - Т. 1. - 391 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483337">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483337</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	
4	Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1979. - Т. 2. - 419 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483336">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483336</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	

5	Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. Гусева. - Москва : Наука, 1978. - 788 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483361">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483361</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	
6	Задачи по физике твердого тела / под ред. Г.Д. Голдсמיד ; пер. с англ. А.А. Гусева, М.П. Шаскольской. - Москва : Наука, 1976. - 429 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483354">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483354</a> (28.04.2019).	5	ЭБС	

### 3.2. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. BOOK.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.book.ru> (дата обращения: 28.04.2019).

2. East View [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам статей научных журналов из сети РГУ имени С. А. Есенина. – Режим доступа: <https://dlib.eastview.com> (дата обращения: 28.04.2019).

3. Moode [Электронный ресурс] : среда дистанционного обучения/ Ряз. гос. ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С. А. Есенина, из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 28.04.2019).

4. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://znanium.com> (дата обращения: 28.04.2019).

5. Труды преподавателей [Электронный ресурс]: коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С. А. Есенина. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 28.04.2019).

6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 28.04.2019).

7. Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : официальный сайт/ Рос. гос. б-ка. – Москва : Рос. гос. б-ка, 2003 -.- Доступ к полным текстам из комплексного читального зала НБ РГУ имени С. А. Есенина. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru> (дата обращения: 28.04.2019).

8. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 28.04.2019)

### 3.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный (дата обращения: 28.04.2019).

2. КиберЛенинка[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>, свободный (дата обращения: 28.04.2019).
3. [www.plasmalabs.ru](http://www.plasmalabs.ru) – Сайт ОАО «Плазма»
4. [www.nature.web.ru](http://www.nature.web.ru) – Научная сеть
5. [www.elinform.ru](http://www.elinform.ru) Информационный портал для производителей электроники ЭЛИНФОРМ – это источник профессиональной информации по современным технологиям в производстве электроники и передовым достижениям предприятий электронной промышленности.
6. <http://emkelektron.webnode.com> Электроника для всех. Интерактивная система обучения
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] федеральный портал. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, свободный (дата обращения: 28.06.2018).
8. Информационно-коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс] : система федеральных образовательных порталов. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru>, свободный (дата обращения: 28.04.2019).
9. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс] // Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>, свободный (дата обращения: 28.04.2019).
10. Guide to physics on the web — URL: <http://www.physics.org> - (дата обращения 28.04.2019)
11. Сайт, посвященный современным достижениям физики и смежных с ней областей исследования «Физика сегодня» — URL: <http://www.physicstoday.org> (дата обращения 28.04.2019)
12. Сайт журнала теоретической и математической физики — URL: <http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf> (дата обращения 28.04.2019)
13. Сайт журнала «Физика твердого тела» — URL: <http://journals.ioffe.ru/ftt/> (дата обращения 28.04.2019)
14. Подборка моделей по физике твердого тела — URL: <http://jas.eng.buffalo.edu/> (дата обращения 28.04.2019)
15. Center of Solid State Physics — URL: <http://www.e-physics.pl/> (дата обращения 28.04.2019)

### **3.4. Описание материально-технической базы.**

#### **Стандартный набор ПО (в компьютерных классах):**

Операционная система WindowsPro (договор №Тг000043844 от 22.09.15г.);  
 Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142от 30/03/2018г.);

Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО);

Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);

Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО);

PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);

Медиа проигрыватель VLC mediaplayer (свободно распространяемое ПО);

Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);  
DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

**Стандартный набор ПО (для кафедральных ноутбуков):**

Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142от 30/03/2018г.);

Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО);

Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);

Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО);

PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);

Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);

Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);

DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО).

**3.5. Описание материально-технической базы.**

Проведение занятий требует мультимедийной аудитории с маркерной доской, с программно-аппаратными средствами ИТ, компьютер, проекционные устройства, ноутбуки, включая программное обеспечение.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
01.04.04 «ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

**ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ**

Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Элементы компетенции	Индекс элемента
<b>ОПК-1</b>	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>знать</b>	<b>З1</b> (ОПК-1)
		методы самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий	
		<b>уметь</b>	<b>У1</b> (ОПК-1)
		осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий	
<b>ПК-1</b>	способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	<b>знать</b>	<b>З1</b> (ПК-1)
		Методы осуществления научно-исследовательской деятельности в области физической электроники с использованием информационно-коммуникационных технологий	
		<b>уметь</b>	<b>У1</b> (ПК-1)
		применять информационно-коммуникационные технологии при осуществлении научно-исследовательскую деятельность в области физической электроники	
<b>ПК-2</b>	способность самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении	<b>владеть</b>	<b>В1</b> (ПК-1)
		информационно-коммуникационными технологиями при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области физической электроники	
<b>ПК-2</b>	способность самостоятельно использовать методы математического анализа и моделирования при проведении	<b>знать</b>	<b>З1</b> (ПК-2)
		методы самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	

	теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	<b>уметь</b> пользоваться методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	<b>У1</b> (ПК-2)
		<b>владеть</b> методами самостоятельного использования математического анализа и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований по физической электронике	<b>В1</b> (ПК-2)
<b>ПК-3</b>	способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных информационных технологий	<b>знать</b> методы работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии	<b>З1</b> (ПК-3)
		<b>уметь</b> самостоятельно работать в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии	<b>У1</b> (ПК-3)
		<b>владеть</b> методами самостоятельной работы в глобальных информационных сетях для получения и использования новых знаний в области физики и астрономии	<b>В1</b> (ПК-3)
<b>ПК-4</b>	способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники	<b>знать</b> методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники	<b>З1</b> (ПК-4)
		<b>уметь</b> применять методы самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники	<b>У1</b> (ПК-4)
		<b>владеть</b> методами самостоятельного освоения и применения в научных исследованиях современной физической, аналитической и технологической аппаратуры в области физической электроники	<b>В1</b> (ПК-4)



**КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ (КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН)**

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1.	Распределение частиц по скоростям в газоразрядной плазме	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
2.	Законы симметрии в твердом теле	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-2 31, У1, В1</b>
3.	ОЖЕ-спектроскопия	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
4.	Атомно-силовая микроскопия	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
5.	Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в газе	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
6.	Электроразрядные насосы: строение, возможности	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
7.	Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в газоразрядной плазме	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
8.	Зонная структура строения твердого тела	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-2 31, У1, В1</b>
9.	Квантовые эффекты при взаимодействии частиц в электрических и магнитных полях	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
10.	Эмиссионные характеристики твердого тела	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
11.	Квантовые законы излучения твердого тела	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
12.	Нелинейные квантовые процессы	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
13.	Физико-химические процессы и характеристики на поверхности полупроводниковых приборов	<b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
14.	Физико-химические процессы и характеристики на поверхности газоразрядных приборов	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
15.	Физико-химические процессы и характеристики на поверхности квантовых приборов	<b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
16.	Плазменная сварка	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
17.	Физико-химические процессы и характеристики на поверхности электровакуумных приборов	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
18.	Методы диагностики электрофизических характеристик приборов нанoeлектроники	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
19.	Квадрупольная масс-спектрометрия	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
20.	Вакуумное напыление пленочных структур	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
21.	Спектральный анализ вещества	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
22.	Методы диагностики оптических характеристик приборов нанoeлектроники	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
23.	Физические процессы в вакууме	<b>ПК-3 31, У1, В1</b>

		<b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
24.	Молекулярно-лучевая эпитаксия	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
25.	Техника низкого и высокого вакуума	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
26.	Распределение частиц по энергиям в твердом теле	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
27.	Теория и расчет процессов эмиссии с поверхности твердого тела	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
28.	Криогенные насосы: строение, возможности	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
29.	Турбомолекулярные насосы: строение, возможности	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
30.	Электрофизические технологии очистки	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
31.	Плазменная резка	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
32.	Лазерная 3D наплавка	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
33.	Лазерная резка	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
34.	Лазерная сварка	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
35.	Лазерные процессы гравировки	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
36.	Методы расчета полупроводниковых систем	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
37.	Методы расчета параметров плазмы	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
38.	Колебательно-волновые процессы в газоразрядной плазме	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
39.	Методы расчета газоразрядных приборов	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
40.	Методы расчета квантовых приборов	<b>ПК-2 31, У1, В1</b>
41.	Технологические процессы, обеспечивающие формирование эмиссионных структур	<b>ПК-3 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
42.	Законы излучения. Коэффициенты Эйнштейна	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
43.	Нелинейные колебания. Странный аттрактор	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
44.	Методы диагностики электрофизических характеристик газоразрядной плазмы	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b> <b>ПК-2 31, У1, В1</b>
45.	Модуляция добротности резонатора	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
46.	Лазерный эффект удвоения частоты	<b>ПК-3 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
47.	Методы диагностики оптических характеристик газоразрядной плазмы	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
48.	Физика строения лазера	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
49.	Лазерные лидары, области применения	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
50.	Технологическое оборудование для производства изделий микро(нано) электроники	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
51.	Технологическое оборудование для производства вакуумных (газоразрядных) приборов	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
52.	Электрофизические процессы очистки	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b>
53.	Электрохимические процессы пленочных покрытий	<b>ПК-2 31, У1, В1</b>

		<b>ПК-3 31, У1, В1</b>
54.	Лазерные измерительные системы	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
55.	Лазерные 3D сканеры	<b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
56.	Электронная микроскопия	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
57.	Рентгеновская микроскопия	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
58.	Моделирование и расчет физических процессов в твердом теле	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b>
59.	Электронные процессы взаимодействия частиц (электронов, ионов, атомов, фотонов) в твердом теле	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>
60.	Ультразвуковые технологии (сварка)	<b>ПК-4 31, У1, В1</b>
61.	Теоретические основы разработки информационной системы	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-3 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
62.	Основные процессы жизненного цикла ИС	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
63.	Основные модели управления процессом разработки программного обеспечения	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
64.	Качество ПО и методы его контроля	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
65.	Методы обеспечения инфраструктурных требований к программному обеспечению	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
66.	Теоретические основы аддитивного производства	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
67.	Понятие аддитивного производства	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
68.	Подготовка аддитивного производства	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
69.	Процессы и технологии аддитивного производства	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b>
70.	Материалы для аддитивных процессов	<b>ПК-2 31, У1, В1</b> <b>ПК-4 31, У1, В1</b> <b>ОПК-1 31, У1, В1</b>

## ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются на экзамене - по пятибалльной шкале.

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине

**«отлично»** - аргументированный, логически выстроенный, полный ответ по вопросу, демонстрирующий отличное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой;

- знание основной и дополнительной литературы; свободное владение научным стилем речи; точное, связное, последовательное, логичное, обоснованное и аргументированное изложение материала, умение формулировать обоснованные выводы; глубокое, всестороннее знание и понимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.

**«хорошо»** - ответ по вопросу, демонстрирующий хорошее знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; знание основной литературы; сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; владение научным стилем речи;

точное, связное, последовательное, логичное, изложение материала, умение формулировать выводы.

**«удовлетворительно»** - ответ по вопросу, демонстрирующий удовлетворительное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой и основной литературы; нечеткое представление о сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; слабое владение научным стилем речи; неточное изложение материала, трудности с формулированием выводов.

**«неудовлетворительно»** - ответ по вопросу, демонстрирующий неудовлетворительное знание основного содержания в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой и основной литературы; непонимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; не владение научным стилем речи; неверное изложение материала, неумение формулировать выводы.