


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО:

на заседании кафедры
физической электроники и нанофизики
протокол от «4» марта 2022г. № 3

Зав. кафедрой



/ Т.И. Шарипов

СОГЛАСОВАНО:

Директор физико-технического
института



/ И.Ф.Шарафуллин
«4» марта 2022г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ
В АСПИРАНТУРЕ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Физическая электроника
Вариативная часть

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки
Физическая электроника

Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная, заочная

Уфа – 2022 г.

Разработчик:



профессор кафедры физической
электроники и нанофизики, д. физ.-мат. н.
Бахтизин Р.З.;

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (модуля), приняты на заседании кафедры физической электроники и нанофизики, протокол № 3 от «4» марта 2022г.

Зав. кафедрой



/ Т.И. Шарипов

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП.....	3
2. Цели и место дисциплины в структуре ОПОП.....	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	11
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	17
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.....	18
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	18
Приложение № 1. Содержание рабочей программы (очная форма)	
Приложение № 2. Содержание рабочей программы (заочная форма)	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать физические явления в электронных приборах и основы теории электронных приборов; задачи экспериментального исследования.	ПК-1	
	Знать важнейшие проблемы и задачи современной физической электроники; современные концепции физической электроники; основные термины физической электроники;	ПК-2	
	Знать теорию и технику эксперимента, физические явления и принципы работы экспериментальной техники.	ПК-3	
Умения	Уметь применять теоретические знания в области физической электроники в ходе научного исследования;	ПК-1	
	Уметь применять расчеты основных параметров физической электроники	ПК-2	
	Уметь проводить эксперименты на современной аппаратуре с применением программно-аппаратных средств для проведения научных исследований	ПК-3	
Владения (навыки / опыт)	Владеть основными подходами физической электроники	ПК-1	
	Владеть расчетами основных параметров физической электроники	ПК-2	

деятельности)	Владеть методикой проведения экспериментов на современной аппаратуре	ПК-3	
---------------	--	------	--

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к разделу Блок 1. Вариативная часть. Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре для очной формы обучения и на 2 и 3 курсе в 4-м семестре и в 5-м семестре для заочной формы обучения.

Дисциплина «Физическая электроника» содержательно и логически соотносится с курсами, изучаемыми в бакалавриате и магистратуре, это «Полупроводниковая электроника», «Физика конденсированного состояния» и «Электрорадиоматериалы».

Физическая электроника – область науки и техники, занимающаяся исследованием физических явлений, составляющих основу для разработок и создания новых электронных приборов и устройств.

Целью изучения дисциплины «Физической электроники» является ознакомление аспирантов с основным содержанием области знаний, относящихся к данной области, с темами, включаемыми в экзамен кандидатского минимума по данной специальности. В результате изучения данной дисциплины аспиранты должны и понимать взаимосвязь различных разделов электроники, на которых базируется современная техника и технологии: процессов формирования и фокусировки электронных потоков, движения электронных потоков в электрических и магнитных полях, взаимодействия электронов со статическими и высокочастотными полями; физических принципов различных видов эмиссии заряженных частиц, используемой при создании новых типов электронных приборов; особенностей усиления и генерации высокочастотных колебаний, в том числе для освоения новых частотных диапазонов электромагнитного излучения (миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов), приборов, использующих релятивистские электронные потоки; основных путей миниатюризации и микроминиатюризации электронных приборов, использование полупроводниковой техники; перспектив использования новых достижений в материаловедении для создания генераторов, усилителей и иных приборов электронной техники.

Также целью курса является знакомство аспирантов: 1) с актуальными проблемами современной физической электроники; 2) формирование профессиональной компетентности обучающихся в аспирантуре в целях методологической и научно-теоретической подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотносить собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы по очной форме представлено в Приложении № 1.

Содержание рабочей программы по заочной форме представлено в Приложении № 2.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-1 – способностью к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач радиофизики, электроники, радиотехники, автоматизированных систем регулирования и управления, информационных и коммуникационных технологий

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать важнейшие проблемы и задачи современной физической электроники; современные концепции физической	Отрывочные знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры	Неполные знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения	Имеются отдельные пробелы знания в области теоретических и физических закономерностей полей	Систематические знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и

	электроники; основные термины физической электроники; методы расчетов основных параметров молекулярных и электронных устройств.	в геологически х средах; методов решения задач	обратных задач	давления и температуры в геологически х средах; методов решения обратных задач	температур ы в геологическ их средах; методов решения прямых и обратных задач
Второй этап (уровень)	Уметь применять методы расчета основных параметров физической электроники	Отрывочные умения ставить и решать прямые задачи о распределени и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрацион ного потока	Неполные умения ставить и решать прямые задачи о распределении давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационног о потока	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения ставить и решать прямые задачи о распределени и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрацион ного потока	Сформирова ны умения ставить и решать прямые задачи о распределен ии давления и температур ы в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрацио нного потока
Третий этап (уровень)	Владеть лабораторными методами измерения рабочих параметров экспериментальной техники.	Отсутствуют навыки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде невзаимодейс твующих частиц методом характеристики	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде невзаимодействи ющих частиц	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелынавы ки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде невзаимодейс твующих	Успешное владение навыкамире шения прямых задач об эволюции локального параметра в среде невзаимодейс твующих частиц

		к и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы
--	--	---	---	--	---

ПК-2- способностью формулировать задачи теоретического и прикладного характера в рамках радиофизики, электроники, радиотехники, автоматизированных систем регулирования и управления, информационных и коммуникационных технологий.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать фундаментальные основы корпускулярной оптики; общие принципы работы микроскопов и их устройства; знать физические основы работы эмиссионной электроники, знать понятия термоэлектронной эмиссии, фотоэлектронной эмиссии, автоэлектронной и взрывной эмиссии; Знать физические основы электроники	Отрывочные знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения задач	Неполные знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения обратных задач	Имеются отдельные пробелы знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения обратных задач	Систематические знания в области теоретических и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения прямых и обратных задач

	<p>твердого тела, особенности динамики электрона в идеальном твердом теле; явление компенсации; явления переноса заряда в твердом; диодную и диффузионную теории выпрямления; спектральные характеристики поглощения кристаллами; преобразование электрических сигналов в световые; оптические свойства наноструктур; знать основы магнетoeлектроник и, акустоэлектроники, молекулярной электроники, криоэлектроники.</p>				
<p>Второй этап (уровень)</p>	<p>Уметь применять теоретические знания в области корпускулярной оптики, в области эмиссионной и вакуумной электроники, электроники твердого тела, в области пленочной электроники, магнетoeлектроник и, акустоэлектроники, молекулярной</p>	<p>Отрывочные умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрацион</p>	<p>Неполные умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационнo потока</p>	<p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой</p>	<p>Сформированы умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температур в насыщенной пористой среде для различных геометрий</p>

	электроники и криоэлектроники	ного потока		среде для различных геометрий фильтрационного потока	фильтрационного потока
Третий этап (уровень)	Владеть физическими методами расчета электронных устройств	Отсутствуют навыки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы навыки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	Успешное владение навыками решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы

ПК-3- готовностью использовать современные информационные технологии, программно-аппаратные средства для проведения научных исследований.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать теорию и экспериментальную методику работы на экспериментально	Отрывочные знания в области теоретических и	Неполные знания в области теоретических и физических закономерностей	Имеются отдельные пробелы знания в области	Систематические знания в области теоретическ

	й технике, физические явления и принципы работы экспериментальной техники.	физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения задач	полей давления и температуры в геологических средах; методов решения обратных задач	теоретически и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения обратных задач	их и физических закономерностей полей давления и температуры в геологических средах; методов решения прямых и обратных задач
Второй этап (уровень)	Уметь проводить эксперименты на современной аппаратуре с применением программно-аппаратных средств для проведения научных исследований	Отрывочные умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационного потока	Неполные умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационного потока	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационного потока	Сформированы умения ставить и решать прямые задачи о распределении и давления и температуры в насыщенной пористой среде для различных геометрий фильтрационного потока
Третий этап (уровень)	Владеть методикой проведения экспериментов на современной аппаратуре	Отсутствуют навыки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы навыки решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде	Успешное владение навыками решения прямых задач об эволюции локального параметра в среде взаимодействующих частиц

		методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	невоздействию частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	невоздействию частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы	частиц методом характеристик и навыками решения обратных задач методом линейной анаморфозы
--	--	---	--	--	--

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать фундаментальные основы корпускулярной оптики; физические основы электроники твердого тела; основы магнетoeлектроники, акустоэлектроники, молекулярной электроники, криоэлектроники	ПК-1	Индивидуальная беседа по заданию для самостоятельной работы; семинарские занятия; экзамен
	Знать методы расчета основных параметров молекулярной и физической электроники	ПК-2	
	Знать методы моделирования молекулярные устройства на ЭВМ; методы измерения основных параметров молекулярной и физической электроники	ПК-3	
2-й этап Умения	Уметь применять теоретические знания в области эмиссионной и вакуумной электроники, в области пленочной электроники, магнетoeлектроники, акустоэлектроники,	ПК-1	Индивидуальная беседа по заданию для самостоятельной работы; семинарские

	молекулярной электроники и криоэлектроники		занятия; экзамен
	Уметь применять методы расчета основных параметров молекулярной и физической электроники	ПК-2	
	Уметь применять методы моделирования молекулярных структур на ЭВМ; методы измерения на экспериментальной технике.	ПК-3	
3-й этап Владеть навыками	Владеть физическими методами расчета электронных устройств и лабораторными методами измерения их рабочих параметров.	ПК-1	Индивидуальная беседа по заданию для самостоятельной работы; семинарские занятия; экзамен
	Владеть методами расчета основных параметров молекулярной и физической электроники	ПК-2	
	Владеть методами моделирования молекулярных структур на ЭВМ; методиками измерения на экспериментальной технике.	ПК-3	

Система контроля и оценивания качество усвоения дисциплины аспирантом.

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – письменная контрольная работа. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен.

Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Экзамен оценивается по пятибалльной шкале.

Структура экзаменационного билета: билет состоит из двух теоретических вопросов.

Примерные вопросы для экзамена

1. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую.

2. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

3. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы.

4. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии.

5. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения.

6. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства. Явления переноса в тонких металлических пленках.

7. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках.

Образец экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Физическая электроника»

Направление направления 03.06.01 «Физика и астрономия»

Профиль «Физическая электроника»

1. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую.

2. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

Доктор физ.-мат.наук, профессор _____ Бахтизин Р.З.

Примерные критерии оценивания ответа на экзамене

5 баллов (отлично) выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

4 балла (хорошо) выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

3 (удовлетворительно) выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

2 (неудовлетворительно) выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Семинарские занятия

Семинар 1. Влияние внешнего электрического поля на ТЭЭ металлов.

Примерные темы для семинарского занятия №1:

Эффект Шоттки. Аномальный эффект Шоттки.

Семинар 2. Влияние внешнего электрического поля на ТЭЭ полупроводников

Примерные темы для семинарского занятия №2:

Радиус экранирования Дебая-Хюккеля.

Влияние адсорбции чужеродных атомов поверхности металлов на ТЭЭ; системы Th-W, Ba-W, Cs-W, Cs-O-W. Термоэлектрические преобразователи тепловой энергии в электрическую .

Критерии оценивания доклада на семинаре:

- Оценка «зачтено» ставится, если аспирант хорошо раскрыл и проработал вопрос и хорошо доложил на семинаре с использованием мультимедиа.
- Оценка «не зачтено» ставится, если аспирант не выполнил задание или же не раскрыл и не проработал вопрос более 50 % и не смог внятно преподнести материал на семинаре.

Задания для самостоятельной работы

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины заключается в изучении лекционного материала и рекомендованной литературы, выполнении лабораторных и практических работ, решения конкретно поставленных задач.

№	Раздел дисциплины (количество часов самостоятельной работы)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Рекомендуемая литература	Форма контроля самост. работы
1.	Модель Зоммер-фельда (16 часов (14 ч. – 30))	Проработать лекцию и рекомендуемую литературу	[1-3, 10]	Контрольная работа
2.	Основные законы фотоэффекта. Теория Спайсера (16 часов (16 ч.-30))	Проработать лекцию и рекомендуемую литературу	[1-3, 5, 9, 11]	Контрольная работа
3.	Полевой электронный и ионный ми-кроскоп. Атомный зонд. (16 ч. (30 ч. – 30))	Проработать лекцию и рекомендуемую литературу	[1-3, 4, 7, 9]	Контрольная работа
4.	Оже электронная и фотоэлектронная спектроскопия (16 ч. (29 ч. – 30))	Проработать лекцию и рекомендуемую литературу	[1-3, 6, 8, 13]	Контрольная работа

Критерии оценивания самостоятельной работы аспиранта:

- **оценка «зачтено»**, – в работе дал полные, развернутые решения и ответы на все задания, продемонстрировано знание функциональных возможностей, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий.

оценка «не зачтено» - допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании условия заданий, или же отсутствует решение или полностью ошибочно.

Вопросы для промежуточной аттестации (КСР)

1. Изучением каких основных вопросов занимается физическая электроника?
2. Какие проблемы стоят перед современной физической электроникой?
3. Физическая природа работы выхода?
4. Как влияет адсорбция чужеродных атомов на работу выхода?
5. Что такое поле пятен?
5. В чем состоит суть термодинамического вывода основного уравнения термоэлектронной эмиссии?
6. Как влияет внешнее электрическое поле на термоэлектронную эмиссию?
7. Что такое радиус экранирования Дебая-Хюккеля?
8. Основные характеристики оксидного катода.
10. Как устроены термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую?
11. Назовите основные законы фотоэффекта?
12. Фотонная теория фотоэффекта Эйнштейна.
13. Теория фотоэмиссии Фаулера.
14. Модель фотоэмиссии Кейна.
15. Теория фотоэмиссии Спайсера.
16. Вывод уравнения Фаулера-Нордгейма.
17. Полевой электронный микроскоп-проектор Мюллера.
18. Полевая электронная спектроскопия.
19. Полевая ионизация. Теория Гомера-Ингрема. Полевой ионный микроскоп.
20. Атомный зонд и его применение для решения задач материаловедения.
21. Приведите примеры использования дифракции медленных электронов для изучения структуры поверхности твердых тел.
22. Спектроскопия характеристических потерь энергии и ее применение.

23. Оже-электронная спектроскопия.
24. Электронные умножители и их характеристики. Микроканальные пластины и электронно-оптические преобразователи.
25. На каком базовом предположении основано получение уравнения Саха-Ленгмюра?
26. В чем заключается различие между положительной и отрицательной поверхностной ионизацией?
27. Применение поверхностной ионизации для исследования поверхности твердых тел.

Критерии оценивания ответов аспиранта:

- Оценка «зачтено» ставится в случае абсолютно верного ответа на вопрос или с незначительной ошибкой, но в объёме не менее 50% .
- Оценка «не зачтено» выставляется, если дан ответ на вопрос в объёме менее 50 или дан ответ на посторонний вопрос.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Владимиров Г.Г.- Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие - СПб. : Лань, 2013 . – 368 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/38838>
2. Проскуровский Д.И.- Эмиссионная электроника.- Томск: Томский государственный университет, 2010.
URL:<https://www.twirpx.com/file/1661305/>
3. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е. - Физические основы электроники: Учебное пособие. СПб: Лань, 2013. 560 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/5856>

Дополнительная литература:

4. Сушков А.Д. – Вакуумная электроника: Физико-технические основы. – СПб: Лань, 2004 – 464 с. URL: <https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tekhnicheskie-nauki/vakuumnaya-elektronika-fiziko-tehnicheskie-osnovy-3883606/>

5. Модинос А. - Авто, термо и вторично-электронная эмиссионная спектроскопия.- М: Наука, 1990.
6. Шимони К. - Физическая электроника.- М: Энергия, 1977.
URL:<https://www.twirpx.com/file/391367/>
7. Миллер М.К. и Смит Г.- Зондовый анализ в автоионной микроскопии.- М: Мир, 1993.
8. Ненакаливаемые катоды (под ред. М.И. Елинсона). М.: Советское Радио. 1974. URL: <http://fireras.su/biblio/wp-content/uploads/26674.pdf>
9. Murr L.E. Electron and Ion Microscopy and Microanalysis. Principles and applications. 2-nd Edition. NY-Basel-Hong Kong: 1991.
10. Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. - Эмиссионная электроника.- М: Наука, 1966. URL: <https://www.twirpx.com/file/2015789/>
11. Швилкин Б.Н., Мискинова Н.А. - Физическая электроника в задачах.- М: Наука, 1987.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru//>
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
4. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp
5. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
6. Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования SCOPUS - <http://www.gpntb.ru>.
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования WebofScience - <http://www.gpntb.ru>
9. Электронная база OnePetro публикаций Общества инженеров нефтяников SPE- <http://www.spe.com>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения.
<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное).</p> <p>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное), лаборатория № 312 (Научно-образовательный центр нанофизики и нанотехнологий) (физмат корпус – учебное).</p> <p>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное), лаборатория № 312 (Научно-образовательный центр нанофизики и нанотехнологий) (физмат корпус – учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной</p>	<p>Лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум»)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Генератор ГЗ – 118, 2 шт. 2. Интерактивная доска Hitachi Star Board FX-82 WL (HT-FX-82WL) – 1 шт. 3. Мультимедиа проектор AcerP 1203. 4. Персональный компьютер в комплекте Моноблок iRU 502 21.5”, 3 шт. 5. Системный блок HP Pavilion Simline S3500F AMD Athlon 64 X2 5400+/2/8 GHz, 4Gb, 500Gb, Wi-Fi (IEEE 802.11g), NVIDIA GeForce 6150 SE (кл-ра, мышь). 6. Телевизор LED 42” (106 см) LG 45 LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB). 7. Флипчарт/ доска белая/ 60*90. 8. Кронштейн HOLDERPFS-4015 20-65, до 90 кг. до стены 28 мм. 9. Прибор Щ – 4313, 2 шт. 10. Стенд универсальный «ОАВТ». 11. Монитор 17” LG Flatron L1750U-SN. 12. Монитор 15” Samsung 510. 13. Монитор 17” Philips 170 S6FB (LCD, 1280-1024+DVI). 14. Монитор 19” Samsung 920N (KSZ), (LCD, TFT, 1280*1024-75Hz, 700:1,8 ms, 160/160, 250кд/м) TCO”99 15. Осциллограф C1-68, C1-93, C1-93OCY-10. <p>Лаборатория № 312 (Научно-образовательный центр нанофизики и нанотехнологий)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Монитор Beng SE2241, 21.5” TFT, glossyblak. 2. Измерительный модуль для нанолаборатории SFV01. 3. Картотека. ШК-4, 4 ящика, замок. 4. Компьютер (ноутбук) ARBYTE 164C/P4-2.8/512/60/DVD-CDRW/GF4-64MB/WINXP. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия - OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензия-OLPNL Academic Edition.Сроклицензии - бессрочно. 3. «Права на программы для ЭВМ Office Standart 2013 Russian OLP NL Academic Edition», гражданско-правовой договор № 114 от 12 ноября 2014 г. Срок лицензии - бессрочно.

<p>аттестации: лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное), лаборатория № 312 (Научно-образовательный центр нанофизики и нанотехнологий) (физмат корпус – учебное).</p> <p>5. помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физмат корпус – учебное).</p> <p>6. помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: лаборатория № 605 г (физмат корпус – учебное).</p>	<p>5. Компьютер в составе: монитор, клавиатура, мышь (логитек). 6. Копировальный аппарат (цифр) МПА КМ 1500. 7. Мультимедиа проектор HitachiCPS 235. 8. Ноутбук Aser Aspire E1-571G-52454G50M nks 15.6” i5 wifi, cam. MS Win7. 9. ОсциллографОСУ-10. 10. ОсциллографС-1-220 (20МГц, 2 кан.). 11. Пирометр (измеритель температуры) Centre-352. 12. ПринтерKJOCERAFC-920. 13. ПринтерHP LaserJet 1100. 14. ПринтерHP LaserJetP1102. 15. Принтер цветной HP Color Laser Jet Pro CP1525nw. 16. Системный блок компьютера Celetron 2.4/ASUStec P4S800/CDRW Sony/512Mb/3.5”/80Gb/ATX. 17. Сканер HP Scan Jet G3110 (CCD, A4, color, 4800dpi, USB2.0, 35ммслайдер-адаптер). 18. Сканирующий мультимодовый зондовый микроскоп SolverP47. 19. Телевизор LED 42” (106 см.)45, LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB). 20. Холодильник «Саратов-1614М». 21. Цифровая камера SonyAlphaSLT-A37K 18-55mm. 22. Экран на штативе 150*150. 23. Источник питания ВИП-009. 24. Мультиметр МУ64. 25. Подставка под системный блок. 26. Портрет. 27. Прибор Щ-4300. 28. Стенд универсальный «ОАВТ». 29. Стенд универсальный «ОАВТ». 30. Стол универсальный СУ 126. 31. Ноутбук pG62-b11ER/DVD-RW/WiFi/BT/Cam/Win7НВ/15.6”/2.56 кг. 32. Зондовая нанолаборатория ИНТЕГРА- АУРА. 33. Огнетушитель порошковый закачной ОП-8 (з), (10л., 8 кг.).</p> <p>Читальный зал № 2</p> <p>1. Научный и учебный фонд. 2. Научная периодика. 3. ПК (моноблок) - 3 шт. 4. Wi-Fiдоступ для мобильных устройств.</p>	
--	---	--

	<p>5. Неограниченный доступ к ЭБС и БД.</p> <p>6. Количество посадочных мест – 58.</p> <p>7. ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет.</p> <p style="text-align: center;">Лаборатория № 605 г</p> <p>1. Станок токарный ТВ-16;</p> <p>2. Станок сверлильный НС-Ш;</p> <p>3. Осциллограф С1-67;</p> <p>4. Паяльная аппаратура;</p> <p>5. Весы аналитические Labof;</p> <p>6. Весы лабораторные;</p> <p>7. Шкаф с набором вспомогательного материала (резисторов, конденсаторов, предохранителей и т. д.)</p> <p>8. Набор инструментов для ремонта оборудования.</p>	
--	--	--

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Физическая

электроника»5 семестр

Очная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	8
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	36

Формы контроля:

Экзамен

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Модуль 1: Корпускулярная оптика Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей. Основные типы электростатических линз. Магнитные линзы. Расчет фокусных расстояний. Аберрации линз. Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Конструкции электронных микроскопов.	-	-	6			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
2.	Модуль 2: Эмиссионная электроника 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. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордское рассеяние. Фотоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная и взрывная эмиссия.	-	-	8			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
3.	Модуль 3: Вакуумная электроника Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Устойчивость пучков в дрейфовом	-	-	8			индивид. проверка конспектов,

	пространстве. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Доплера. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, лазеры на свободных электронах. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.						дискуссия на лекции, экзамен
4.	<p align="center">Модуль 4: Электроника твердого тела</p> <p>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). 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. Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках. 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. Явления переноса заряда в твердом теле. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Неравновесные носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Генерация и рекомбинация. Механизмы рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей, соотношение Эйнштейна. 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 <i>p-n</i></p>	-	-	12			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен

	<p>переходов. Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) <i>p-n</i> перехода. Туннельный эффект в <i>p-n</i> переходах. Основные представления о полупроводниковых гетеропереходах, их применение. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение и испускание света полупроводниками. Поглощение и излучение при оптических переходах зона зона. Прямые и не прямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения кристаллами. Спонтанное и вынужденное излучение. Полупроводниковые лазеры. Фотоэффект в <i>p-n</i> переходах. Солнечные батареи. Преобразование электрических сигналов в световые. Нанoeлектроника. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах. Оптические свойства наноструктур. Одноэлектронные явления в нанoeлектронных устройствах. Нанотехнология. Приборы нанoeлектроники.</p>						
5.	<p>Модуль 5: Физические основы электроники поверхности и пленочной электроники</p> <p>Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость. Полевые транзисторы. Проблема микроминиатюризации элементов микроэлектроники. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства. Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках. Тонкие диэлектрические и полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери. Токопрохождение через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ). Пленочные активные элементы. Использование неравновесных (горячих) электронов в металлических пленках.</p>	-	-	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
6.	<p>Модуль 6: Методы анализа поверхности и тонких пленок</p> <p>Методики определения плотности поверхностных</p>	1	2	10			индивид. проверка

	состояний, основанные на эффекте поля (C-V метод и метод, основанный на изменении поверхностной проводимости). Основы энергоанализа заряженных частиц. Основные типы энергоанализаторов. Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Детекторы для быстрых частиц (поверхностно-барьерный детектор). Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение) как методы исследования структуры поверхности. Электронная Оже-спектроскопия. Основное уравнение. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС или ЭСХА электронная спектроскопия для химического анализа) и конструкции приборов. Химические сдвиги уровней. Количественная РФЭС. Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твердом теле. Количественная СХПЭЭ. Растровая электронная микроскопия. Режимы работы. Особенности формирования контраста. Рентгеновский микроанализ. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов. Масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Обратное резерфордское рассеяние.						конспектов, дискуссия на лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен
7.	Модуль 7: Функциональная электроника Магнетоэлектроника. Цилиндрические магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках. 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. Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Фотопроводимость. Кривоэлектроника. Электронные свойства твердых тел (металлы, диэлектрики, полупроводники) при низких температурах. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера.	1	2	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен

	Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.						
	Всего часов:	2	4	64			

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Физическая электроника»

4 и 5 семестр

Заочная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	10
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	89
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	9

Формы контроля:

Экзамен

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<p>Модуль 1: Корпускулярная оптика</p> <p>Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей. Основные типы электростатических линз. Магнитные линзы. Расчет фокусных расстояний. Аберрации линз. Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Конструкции электронных микроскопов.</p>	-	-	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
2.	<p>Модуль 2: Эмиссионная электроника</p> <p>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. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордовское рассеяние. Фотоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная и взрывная эмиссия.</p>	-	-	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
3.	<p>Модуль 3: Вакуумная электроника</p> <p>Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Устойчивость пучков в дрейфовом</p>	-	-	10			индивид. проверка конспектов,

	<p>пространстве. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Доплера. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, лазеры на свободных электронах. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.</p>						<p>дискуссия на лекции, экзамен</p>
4.	<p>Модуль 4: Электроника твердого тела 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). 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. Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках. 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. Явления переноса заряда в твердом теле. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Неравновесные носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Генерация и рекомбинация. Механизмы рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей, соотношение Эйнштейна. Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт твердое тело вакуум. Контакт металл</p>	-	-	19			<p>индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен</p>

	<p>полупроводник. Диоды Шоттки. Диодная и диффузионная теории выпрямления. Электронно-дырочный переход. Количественная теория инжекции и экстракции неосновных носителей. Выпрямление и усиление с помощью <i>p-n</i> переходов. Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) <i>p-n</i> перехода. Туннельный эффект в <i>p-n</i> переходах. Основные представления о полупроводниковых гетеропереходах, их применение. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение и испускание света полупроводниками. Поглощение и излучение при оптических переходах зона-зона. Прямые и не прямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения кристаллами. Спонтанное и вынужденное излучение. Полупроводниковые лазеры. Фотоэффект в <i>p-n</i> переходах. Солнечные батареи. Преобразование электрических сигналов в световые. Нанoeлектроника. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах. Оптические свойства наноструктур. Одноэлектронные явления в нанoeлектронных устройствах. Нанотехнология. Приборы нанoeлектроники.</p>						
5.	<p>Модуль 5: Физические основы электроники поверхности и пленочной электроники</p> <p>Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость. Полевые транзисторы. Проблема микроминиатюризации элементов микроэлектроники. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства. Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках. Тонкие диэлектрические и</p>	-	-	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен

	полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери. Токопрохождение через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ). Пленочные активные элементы. Использование неравновесных (горячих) электронов в металлических пленках.						
6.	<p>Модуль 6: Методы анализа поверхности и тонких пленок</p> <p>Методики определения плотности поверхностных состояний, основанные на эффекте поля ($C-V$ метод и метод, основанный на изменении поверхностной проводимости). Основы энергоанализа заряженных частиц. Основные типы энергоанализаторов. Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Детекторы для быстрых частиц (поверхностно-барьерный детектор). Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение) как методы исследования структуры поверхности. Электронная Оже-спектроскопия. Основное уравнение. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС или ЭСХА электронная спектроскопия для химического анализа) и конструкции приборов. Химические сдвиги уровней. Количественная РФЭС. Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твердом теле. Количественная СХПЭЭ. Растровая электронная микроскопия. Режимы работы. Особенности формирования контраста. Рентгеновский микроанализ. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов. Масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Обратное резерфордское рассеяние.</p>	1	2	20			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен
7.	<p>Модуль 7: Функциональная электроника</p> <p>Магнетоэлектроника. Цилиндрические магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках. Акустоэлектроника: взаимодействие</p>	1	2	10			индивид. проверка конспектов, дискуссия на

	<p>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. Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Фотопроводимость. Кривоэлектроника. Электронные свойства твердых тел (металлы, диэлектрики, полупроводники) при низких температурах. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.</p>						<p>лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен</p>
	<p>Всего часов:</p>	<p>2</p>	<p>4</p>	<p>89</p>			

