



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Наногетероструктурная электроника**

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа  
**03.04.02 – Физика**

Профиль подготовки:  
**Физика наносистем**

Уровень высшего образования:  
**Магистратура**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**по выбору**

**Махачкала, 2017год**

Рабочая программа дисциплины «Наногетероструктурная электроника» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС+ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (уровень: магистратура), профиль подготовки: **Физика наносистем.**

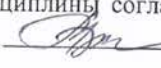
Разработчик(и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем, Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физика конденсированного состояния и наносистем от «25» марта 2017г., протокол №7.

Зав. кафедрой  Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г, протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «\_\_» 03.04 2017г.  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Наногетероструктурная электроника**» является дисциплиной - по выбору. Он входит в вариативную часть Блока 1, образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физико-химических основ и технологических особенностей процессов получения композиционных материалов, в том числе наносистем, физической сущности явлений, происходящих в этих материалах при воздействии на них различных факторов, влияющих как на структуру, так и на свойства.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных*: ОПК–6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–3, ПК–4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, коллоквиум и пр.) и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины **Зачетных единиц**, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экза- мен		
	Все- го	из них						
Лек- ции		Лаборатор- ные заня- тия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
<b>А</b>	<b>108</b>	<b>8</b>		<b>10</b>	<b>54</b>		<b>90</b>	<b>экзамен</b>

### 1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Наногетероструктурная электроника» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1., читаемых для магистров по направлению 03.04.02 - Физика на кафедре физики конденсированного состояния и наносистем Даггосуниверситета в 1 семестре магистратуры.

Основная цель данного курса состоит в том, чтобы магистры, изучающие данную дисциплину, получили сведения об основных физических процессах в элементах и системах наногетероструктурной электроники, анализируются основные этапы развития твердотельной электроники и прогнозируются возможные пути дальнейшего развития наноэлектроники. Обсуждаются основные физические процессы в элементах гетероструктурной электроники, рассматриваются физические принципы функционирования элементов и систем гетероструктурной электроники. В лекциях будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться магистранты, при исследованиях в области наногетероструктурной электроники.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Наногетероструктурная электроника» входит как курс по выбору Блока 1 образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики и Наногетероструктурной электроники.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения; основах квантового описания частиц; строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для изучения дисциплин: Рентгеноструктурный анализ наносистем, Оптическая спектроскопия систем пониженной размерности, Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов, а так же научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен усвоить основные принципы функционирования элементов наногетероструктурной электроники, осознать перспективы и возможные направления дальнейшего развития наноэлектроники. Знать базовые модели формирования структуры и свойств наногетероструктурной электроники, основные особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств, разнообразные практические приложения. Уметь получать элементы структур наногетероструктурной электроники, с заданными физическими свойствами. Владеть: технологиями получения компонент наногетероструктурной электроники, техникой экспериментальных исследований и методами расчетов контактной разности потенциалов, толщину, барьерную и диффузионные ёмкости, а также вольтамперную характеристику р-п переходов.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК – 6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные представления о физических принципах работы различных полупроводниковых приборов, а также о технологических приёмах создания р-п переходов и омических контактов металлов с полупроводниками.</li> <li>• модели формирования структуры и свойств наногетероструктур.</li> <li>• особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств наногетероструктур.</li> <li>• разнообразные практические приложения.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами анализа и синтеза физической информации в области физики и наногетероструктур;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики наногетероструктур с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>

		<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технологиями получения наногетероструктур,</li> <li>• методами исследования наногетероструктур,</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур,</li> <li>• навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.</li> </ul>
ПК-2	<p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области наногетероструктур,</li> <li>• физические основы технологии наногетероструктур;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике наногетероструктур;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования наногетероструктур.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• экспресс анализом и диагностическими методами исследования наногетероструктур;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</li> </ul>
ПК-3	<p>Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• как строить и использовать простейшие модели при разработке технологии соответствующих наногетероструктур;</li> <li>• инновационные методы исследований</li> </ul>

	инженерно – технологической деятельности.	<p>структуры и свойств наногетероструктур и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</li> <li>• получать наногетероструктуры, с заданными физическими свойствами</li> <li>• генерировать идеи по разработке эффективных технологий получения наногетероструктур, а так же и их оптимизации,</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов,</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур,</li> <li>• Экспресс анализом, полученных материалов</li> <li>• владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем</li> </ul>
ПК-4	способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по физике и технологии наногетероструктур.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания процессов изготовления наногетероструктур;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результа-</li> </ul>

		<p>тов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих при изготовлении наногетероструктур;</li> <li>• навыки для анализа структуры и свойств полученных материалов при изготовлении наногетероструктур;</li> <li>• навыками проведения научных исследований в области физики и технологии изготовления наногетероструктур с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> <li>• Методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.</li> </ul>
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **3** зачетные единицы, **108** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практич. занятия	Лаборатор. занятия	Контроль сам. раб	
<b>Модуль 1</b>							
1	Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование p-n - перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина p-n - перехода. Ёмкость p-n - перехода. Вольтамперные характеристики p-n – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой p-n - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе.	А	2	1		8	
2	Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих	А	1	2		8	контрольная работа семинарское занятие

	электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.						
3	Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприёмники на квантовых ямах.	А	1	2		10	контрольная работа семинарское занятие
<b>Модуль 2</b>							
4	Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.	А	2	2		8	семинарское занятие
5	Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.	А	1	2		10	семинарское занятие
6	Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов	А	1	1		10	контрольная работа семинарское занятие
	<b>Модуль 3. Итоговый контроль знаний. Экзамен.</b>	А	Подготовка к экзамену				Экзамен
	<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>10</b>		<b>54</b>	<b>36</b>

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).



**Модуль 1.**

**Тема 1.** Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование p-n - перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина p-n - перехода. Ёмкость p-n - перехода. (Лекция)

**Тема 2.** Вольтамперные характеристики p-n – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой p-n - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе. (Практическое занятие)

**Тема 3.** Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. (Лекция)

**Тема 4.** Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке. (Практическое занятие)

**Тема 5.** Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприёмники на квантовых ямах. (Практическое занятие)

**Модуль 2.**

**Тема 6.** Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики би-полярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. (Лекция)

**Тема 7.** Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем. (Практическое занятие)

**Тема 8.** Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. (Лекция)

**Тема 9.** Получение p-n - перехода формовкой точечного контакта. (Практическое занятие)

**Тема 10.** Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов. (Лекция)

**Модуль 3.****Подготовка к экзамену.****Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы**

1. Энергетическая диаграмма системы металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полная емкость и эквивалентная схема МДП-структуры.
2. Емкостные методы исследования МДП-структур. Высокочастотный и квазистатический методы.
3. Метод поперечной высокочастотной проводимости МДП-структуры.
4. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней.
5. Электронно-дырочный переход и биполярный транзистор
6. Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона. Генератор Ганна. Лавинно-пролетный диод.
7. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Преобразователи изображений на основе ПЗС.
8. Энергетический спектр сверхрешеток. Минизоны. «Верти-кальный» транспорт носителей заряда по сверхрешетке.
9. Применение наноматериалов. Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды.
10. Электронные механические системы (MEMS). Нейронные сети. Наномедицина. Устройства для хранения информации.

**Спецпрактикум по физике наносистем**

В учебном плане магистратуры по направлению 03.04.02 – Физика предусмотрен специальный физический практикум, в которой выполняются лабораторные работы, в том числе и по физике и технологии Наногетероструктурной электроники.

Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения спецпрактикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. На кафедра имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий, и т. д. необходимой для информационного обеспечения самостоятельной работы студентов по освоению как теоретических так и практических вопросов по дисциплине

Спецпрактикум магистрами выполняется в специальных учебных лабораториях и на научных установках НОЦ «Нанотехнологии».

К работам имеются Пособия и методические указания.

Ниже в виде примера дана краткая характеристика типовых работ, выполняемых магистрами. Выделены лабораторные работы, выполнение, которых предусмотрено по настоящей дисциплине.

№№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
<b>Модуль 1</b>		
<b>Лабораторная работа № 1. Получение нанопорошков <math>Y(Ba_{1-x}Vex)_2Cu_3O_{7-\delta}</math> методами химической технологии.</b>		
Лабораторная работа № 2. Методы исследования тепловых и электрических свойств керамических материалов		
<b>Лабораторная работа № 3. Получение наноструктурированных керамических материалов</b>		
<b>Лабораторная работа № 4. Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы.</b>		
Лабораторная работа № 5. Методы оценки размеров наночастиц, толщины пленок и пористости.		
Лабораторная работа № 6. Методы определения структуры и свойств материалов		

**5. Образовательные технологии.** В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены лекции в сочетании с научными экспериментами на установках кафедры, активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов из 20 часов аудиторных занятий.

При проведении практических занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок. Для выполнения физического практикума по физике наносистем и подготовке к практиче-

ским (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов, академических институтов России и зарубежных ученых.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

**Промежуточный контроль.** В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к лабораторно-практическим работам;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание курсовых работ по проблемам дисциплины «Физике и технология композиционных материалов».

**Итоговый контроль.** Экзамен в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-6	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные представления о физических принципах работы различных полупроводниковых приборов, а также о технологических приёмах создания р-п переходов и омических контактов металлов с полупроводниками.</li> <li>• модели формирования структуры и свойственаногетероструктур.</li> <li>• особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств наногетероструктур.</li> <li>• разнообразные практические приложения.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами анализа и синтеза физической информации в области физики и наногетероструктур;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики наногетероструктур с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>учетом отечественного и зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технологиями получения наногетероструктур,</li> <li>• методами исследования наногетероструктур,</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур,</li> <li>• навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.</li> </ul>	
ПК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области наногетероструктур,</li> <li>• физические основы технологии наногетероструктур;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике наногетероструктур;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования наногетероструктур.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• экспресс анализом и диагностическими методами исследования наногетероструктур;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-3	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• как строить и использовать простейшие модели при разработке технологии соответствующих наногетероструктур;</li> <li>• инновационные методы исследований структуры и свойств наногетероструктур и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой.</li> <li>• что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистемами решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, ин-</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>формационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• получать наногетероструктуры, с заданными физическими свойствами</li> <li>• генерировать идеи по разработке эффективных технологий получения наногетероструктур, а так же и их оптимизации,</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов,</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур,</li> <li>• Экспресс анализом, полученных материалов</li> <li>• владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем</li> </ul>	
ПК-4	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по физике и технологии наногетероструктур.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания процессов изготовления наногетероструктур;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики и технологии наногетероструктур;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками исследования физических процессов, протекающих при изготовлении наногетероструктур;</li> <li>• навыками для анализа структуры и свойств полученных материалов при изготовлении наногетероструктур;</li> <li>• навыками проведения научных исследований в области физики и технологии изготовления наногетероструктур с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> <li>• Методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

**7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.**

#### **ОПК-6**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	уметь использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Ознакомлен с использованием знаний современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Демонстрирует знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Показывает навыки успешного использования совр. проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.

**ПК-2**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

**ПК-3**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологической деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Ознакомлен методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Демонстрирует свободное владение методами для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Показывает навыки успешного владения методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

**ПК-4**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность планировать и организовывать

физические исследования, семинары и конференции».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Ознакомлен спланированием и организацией физических исследований, семинаров и конференций	Демонстрирует умение планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Показывает навыки успешного планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### **7.3. Вопросы текущего контроля**

#### **Модуль 1.**

1. Образование р-п - перехода. Контактная разность потенциалов.
2. Ширина р-п - перехода. Ёмкость р-п - перехода. Влияние на них внешнего поля.
3. Вольтамперные характеристики р-п - перехода при прямом и обратном смещениях.
4. Пробой р-п - перехода.
5. Гетеропереходы.
6. Выпрямительные диоды.
7. Стабилитрон.
1. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды.
2. Диоды Шоттки.
3. Полупроводниковые источники и приёмники излучения.
4. Туннельные диоды.

#### **Модуль 2.**

5. Диоды Ганна.
13. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора.
14. Полевые транзисторы.
15. Динисторы и тиристоры .
16. Механическая и химическая обработка кристаллов полупроводниковых материалов.
17. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.
18. Получение сплавных переходов.

### **Тесты по физике и технологии полупроводниковых приборов**

#### **Модуль 1.**

**1. Почему в области контакта граница полупроводника n-типа заряжается положительно, а граница полупроводника р-типа – отрицательно?**

1. Электроны, перешедшие из n- области заряжают р - полупроводник отрицательно, а положительные дырки, перешедшие из р- области заряжают n- полупроводник положительно.
2. Из-за диффузии части электронов из n- области там остаётся не скомпенсированный положительный заряд ионов донорной примеси, а в р- области после ухода дырок, остаётся не скомпенсированный отрицательный заряд ионов акцепторной примеси.

3. Отрицательный заряд р- области и положительный заряд n- области принадлежат неосновным носителям (электронам и дыркам соответственно), возникающим в полупроводниках в результате термогенерации.
4. Подвижность электронов больше чем у дырок, из-за чего р- область заряжается отрицательно относительно n- области.

**2. Как зависит барьерная ёмкость р-n перехода и её толщина от концентрации донорной и акцепторной примесей?**

1. Ёмкость р-n перехода и её толщина не зависят от концентрации примесей.
2. С ростом концентрации и толщина и ёмкость р-n перехода растут.
3. С ростом концентрации толщина р-n перехода увеличивается, а ёмкость уменьшается.
4. С ростом концентрации толщина р-n перехода уменьшается, а ёмкость увеличивается.

**3. От чего зависит ток насыщения р-n перехода?**

1. От температуры.
2. От ширины запрещенной зоны.
3. От ширины запрещенной зоны и температуры.
4. От концентрации донорной и акцепторной примесей.

**4. Почему силовые диоды не выпрямляют высокочастотные напряжения?**

1. У них большая барьерная ёмкость, которая шунтирует сопротивление р-n перехода.
2. У них большая диффузионная ёмкость.
3. Это связано с большой концентрацией основных носителей.
4. Это связано с малым временем жизни неосновных носителей.

**5. Чем отличаются ВЧ, СВЧ и импульсные диоды от силовых диодов?**

1. У них большие барьерная и диффузионная ёмкости.
2. У них время жизни неосновных носителей больше.
3. У них барьерная и диффузионная ёмкости меньше, чем у силовых.
4. Они изготовлены из слаболегированных полупроводников.

**6. В каком случае на контакте металла с полупроводником n – типа образуется потенциальный барьер?**

1. Если работа выхода металла больше чем у полупроводника.
2. Работа выхода металла меньше чем у полупроводника.
3. Если работы выхода металла и полупроводника одинаковы.
4. Если полупроводник является вырожденным.

**7. Чем отличаются полупроводники, из которых изготавливают туннельные диоды от полупроводников для изготовления силовых диодов?**

1. Они слабо легированы.
2. У них большая ширина запрещённой зоны.
3. Они высоко легированы.
4. У них малая ширина запрещённой зоны.

**8. Чем отличается ВАХ диода Ганна от ВАХ туннельного диода?**

1. У диода Ганна на прямой и обратной ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
2. У туннельного диода на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
3. У туннельного диода на обратной и прямой ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
4. У диода Ганна только на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

**9. На чём основана работа светодиодов?**

1. На явлении термогенерации свободных носителей.
2. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
3. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.



4. На явлении инжекции дырок под действием внешнего поля.

## **Модуль 2.**

### **10. На чём основана работа фотодиодов?**

1. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
2. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.
3. На явлении фотопроводимости.
4. На явлении инжекции электронов под действием внешнего поля.

### **11. Какое условие необходимо для генерации лазерного излучения в инжекционном лазере?**

1. Ток неосновных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
2. Ток основных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
3. Материал, из которого изготовлен лазер, должен быть слабо легирован.
4. Лазер необходимо возбудить внешним источником света.

### **12. Какое преимущество имеет светодиод как источник света перед лампой накаливания?**

1. Лампа накаливания излучает монохроматический свет.
2. Лампа накаливания употребляет мало мощности.
3. Светодиод употребляет мало мощности.
4. Лампа накаливания обладает малой инерционностью.

### **13. На чём основана работа полупроводникового стабилитрона?**

1. На экспоненциальной зависимости прямого тока диода от напряжения.
2. На высоком электрическом сопротивлении обратно смещённого диода.
3. На явлении электрического пробоя р-п перехода.
4. На малом сопротивлении прямо смещённого диода.

### **14. На чём основана работа варикапа?**

1. На зависимости диффузионной ёмкости от величины и полярности внешнего напряжения.
2. На зависимости обратного тока р-п перехода от напряжения.
3. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от обратного напряжения.
4. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от прямого тока.

### **15. Какой полупроводник нужен для изготовления диода Ганна?**

1. У которого зона проводимости имеет несколько энергетических минимумов.
2. У которого зона проводимости имеет один энергетический минимум.
3. У которого высокое удельное сопротивление.
4. Легированный до состояния вырождения.

### **16. От чего зависит частота колебаний тока генератора Ганна?**

1. От продольных размеров кристалла полупроводника.
2. От поперечных размеров кристалла полупроводника.
3. От степени легирования полупроводника.
4. От подвижности носителей.

### **17. Как можно уменьшить время жизни неосновных носителей в импульсных диодах?**

1. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
2. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
3. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.
4. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.

### **18. Чем отличается обращённый диод от обычного диода?**

1. Он изготовлен из слаболегированных полупроводников.
2. Одна из областей р-п-перехода легирована слабо, а другая легирована до вырождения.
3. Обе области сильно легированы, но не доведены до вырождения.
4. Обе области сильно легированы, одна вырождена, другая не доведена до вырождения.

**19. Токи эмитерного и коллекторного переходов у биполярного транзистора почти одинаковы, за счёт чего происходит усиление сигнала по мощности?**

1. За счёт высокого сопротивления эмитерного перехода.
2. За счёт малого сопротивления коллекторного перехода.
3. За счёт малого сопротивления эмитерного перехода и высокого сопротивления коллекторного перехода.
4. За счёт малой толщины базовой области.

**20. Чем отличается униполярный транзистор от биполярного?**

1. У биполярного транзистора два вывода, у униполярного – три вывода.
2. В биполярном транзисторе ток создаёт только носителями одного типа.
3. В униполярном транзисторе ток создаёт только носителями одного типа.
4. В униполярном транзисторе ток создаётся и электронами, и дырками.

**7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

**Лекции - Текущий контроль** включает:

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_ 15 \_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_ 60 \_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_ 15 \_\_ бал.

**Практика (р/з) - Текущий контроль** включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на практических занятиях \_\_ 15 \_\_ бал.
- выполнение домашних работ \_\_ 15 \_\_ бал.
- выполнение самостоятельных работ \_\_ 20 \_\_ бал.
- выполнение контрольных работ \_\_ 40 \_\_ бал.

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

### Литература

#### **Основная:**

1. А.А. Щука. Электроника. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005.
2. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А.Гридин. Основы нано-электроники. Новосибирск, 2000.
3. Нанотехнология. Физика, процессы, диагностика, приборы. М., Физматлит, 2006.
4. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.:ФИЗМАТЛИТ,2000.-224 с.
5. Новые материалы / Под ред. Ю.С. Карабасова. М.: МИСИС, 2002.- 736 с.
6. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. Екатеринбург: УрО РАН, 1998.- 200 с.
7. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований /Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. М.:Мир, 2002. - 292 с.
8. Теория и практика моделирования нанообъектов: Справ.пособие / Т.А. Романова, П.О. Краснов, С.В. Качин, П.В. Аврамов. Красноярск: ИПЦКГТУ, 2002.- 223 с.
9. *Алымов М.И.* Порошковая металлургия нанокристаллических материалов. М.: Наука, 2007. - 169 с.

10. Консолидированные наноструктурные материалы / *А.В. Рагуля, В.В. Скороход*. Киев: Наукова думка, 2007.- 374 с.
11. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / *Р.З. Валиев, И.В. Александров*. М.: Академкнига, 2007. - 398 с.
12. Nanostructured materials: processing, properties and potential applications / Edited by Carl C. Koch. Noyes Publications, USA. 2002. - 612 p.
13. *Гегузин Я.Е.* Физика спекания. М.: Наука, 1967. 360 с.
14. Биокерамика на основе фосфатов кальция / *С.М. Баринов, В.С. Комлев*. М.: Наука, 2005. - 240 с.
15. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с.
16. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Изд-во «Машиностроение –1», 2003 – 112 с.
17. Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы: Учебное пособие (лабораторный практикум)/ *А.М. Исмаилова, Р.А. Рабаданова, Ж.Х. Мурлиевой, И.М. Шапиева* - Махачкала: Изд ДГУ, 2012. – 51с.

#### **дополнительная литература:**

1. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов НАНОМАТЕРИАЛЫ. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие Международной университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша». Москва 2007- 125с
2. Морачевский А.Г., Воронин Г.Ф., Гейдерих В.А., Куценко И.Б. Электрохимические методы исследования в термодинамике металлических систем. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003
3. Алымов М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
4. Алымов М.И., Зеленский В.А. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов. - М.: МИФИ, 2005. – 52 с.
5. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов/ Часть 2 М Г Ут им. М.В. Ломоносова Москва 2008 - 211с.
6. Лабораторный практикум "Получение и исследование наносистем"/ *С.В. Антоненко, И.Ю. Безотосный, Г.И. Жабрев, А.А. Тимофеев* / Под ред. Г.И. Жабрева. – М.: МИФИ, 2007. – 72 с.
7. Получение нанопорошков  $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$  методами химической технологии: Учебно-методическое пособие/ Составители: Д.К. Палчаев, Ж.Х. Мурлиева, Ш.Ш. Хидиров, Ш.В. Ахмедов - Махачкала: Изд ДГУ, 2011. – 19с.

#### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. Ресурсы МГУ [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru).
7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
8. [http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp\\_sost\\_SS.pdf](http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf)
9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

**Перечень** учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по физике газового разряда;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

#### **Самостоятельная работа студентов:**

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование кинетических процессов в плазме объемного разряда;

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается лабораториями физического практикума – 6 лаб. работ.
2. При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием.