

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-  
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

\_\_\_\_\_/ Матиев А.Х.  
от « 21 » 05 2024г.

\_\_\_\_\_/ Кульбужев Б. С.  
от « 21 » 05 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Б1.В.05 НАНОСИСТЕМЫ. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА**

( \_\_\_\_\_  
индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки - **Магистратура**

**03.04.02 Физика**

(код, наименование)

Направленность

**Физика полупроводников**

(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – **магистр**

Форма обучения **очная**

(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2024

# 1. Цели освоения дисциплины Б1.В.05 НАНОСИСТЕМЫ. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА

Целями освоения дисциплины являются: получение сведений и базовых знаний о наносистемах, принципах формирования структуры наносистем, в том числе, для многокомпонентных систем и физической сущности явлений, происходящих в наносистемах на основе признанных положений теории и практики, которыми должны руководствоваться магистранты, при исследовании и интерпретации структуры и свойств наносистем.

## Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
<b>01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)</b>	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6
<b>01.003</b> Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	А	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	А.01.6	6.1
				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразовательной программы	А.02.6	6.1
				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразо-	А.03.6	6.1

				вательную программу, при решении задач обучения и воспитания		
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2
	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	B/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	B/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	B/03.6	6.3
	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	C/03.6	6.3

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Наносистемы. Методы получения и свойства» входит в пакет дисциплин блока 1 формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 03.04.02 Физика. Профиль «Физика полупроводников». Изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Дисциплина «Наносистемы. Методы получения и свойства» является основной для изучения дисциплины «Физика полупроводниковых приборов», которые читаются параллельно или позже.

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 физики наносистем.

Магистранты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о структуре кристаллических систем, типах связи атомов в конденсированных средах, строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики, квантовой механики, статистических законах распределения, законах сохранения энергии, импульса и момента импульса, основах квантового описания частиц.

Данная дисциплина является базовой для изучения дисциплин: «Физика полупроводников», «Физика полупроводниковых приборов», «Основы рентгеноструктурного анализа»

В табл. 2.1, 2.2 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства».

<b>Связь дисциплины с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения</b>	
<b>Таблица 2.1</b>	
	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Наносистемы. Методы получения и свойства»
<b>1</b>	Вузовский курс физики
<b>2</b>	Термодинамика конденсированных сред
<b>3</b>	Основы физико-химического анализа

<b>Связь дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» со смежными дисциплинами</b>	
<b>Таблица 2.2</b>	
Дисциплина	Разделы, знание которых необходимо при изучении дисциплины
Физика конденсированного состояния	Основные постулаты и положения квантовой теории; туннельный эффект; строение атома и связь с периодической системой элементов Менделеева; высокотемпературная сверхпроводимость и простейшие устройства на ее основе
Физические основы вакуума	Основы физики вакуума, тела; принципы и методы его получения.
Физика полупроводников	Теоретические основы физики полупроводников, квантовые объяснения всех процессов происходящих в них при внешних воздействиях. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока
Основы физико-химического анализа	Методы экспериментального получения и исследования параметров и характеристик материалов, твердотельной, наноэлектроники. Технология изготовления элементов электронной техники. Основные тенденции развития электронной компонентной базы

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НАНОСИСТЕМЫ. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА»**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен
УК-2	Разработка и реализация проектов	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ИДК опк1. Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин
			ИДК опк1-2. Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.
			ИДК опк1-3. Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.

ПК-1	Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	<p>ПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости.</p> <p>ПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками аналитической переработки информации, проведения исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, обобщения и представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования</p>	<p>Владеет навыками брать ответственность за последствия своих решений, касающихся профессиональной деятельности</p> <p>Умеет принимать решения в сфере своей профессиональной деятельности, высказывать, обосновывать и отстаивать свою позицию по вопросам, касающимся профессиональной деятельности.</p> <p>Способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива</p>
ПК-2	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции и вести преподавание по дополнительным общеобразовательным программам	<p>ИДК ПК2.1</p> <p>Имеет навыки владения необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования; владения методикой планирования и разработки научного эксперимента; проведения научного эксперимента; методами моделирования различных физических ситуаций; владения современными прикладными программами для изучения объекта научного исследования; владения методами ра-</p>	Способен к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; готов к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала для решения задач профессиональной деятельности; способен использовать в профессиональной деятельности углубленные фундаментальные знания, полученные в области физики.

		<p>боты в различных операционных системах, с научными базами данных.</p> <p>ИДК ПК2.2</p> <p>Владеет навыками абстрактно мыслить, анализировать, синтезировать получаемую информацию; навыками делать заключения и выводы; навыками и методами построения физических моделей на основе проведенных исследований и полученной информации.</p> <p>ИДК ПК-2.3</p> <p>Знает способы организации научных семинаров и конференций, умеет планировать и организовывать научные семинары и конференции.</p>	
--	--	---	--

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Таблица 4.1	
Виды учебной работы	Всего час/зач. ед.
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>100</b>
Лекции (Л)	50
Практические занятия (ПЗ)	50
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>89</b>
Курсовая работа, подготовка к практическим занятиям	
Контроль самостоятельной работы	27
Вид отчетности	экзамен
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>216/6</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

	Таблица 5.1
--	-------------

РАЗДЕЛЫ (МОДУЛИ) ДИСЦИПЛИНЫ В СЕМЕСТРЕ	Лекции, (часы)	Практические занятия (ПЗ), час	СРС единицы (часы)	Всего, час
<b>Модуль 1. Введение. История развития нанотехнологий. Приоритетные направления нанотехнологий. Основные научные термины и определения</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>5</b>
Тема 1.1. Понятие нанотехнологии		<b>16</b>	<b>18</b>	<b>44</b>
Тема 1.2. Развитие нанотехнологий. Приоритетные направления нанотехнологий. Разновидности наноматериалов: консолидированные наноматериалы, нанополупроводники, нанополимеры, нанобиоматериалы, фуллерены и тубулярные наноструктуры, катализаторы, нанопористые материалы и супрамолекулярные структуры. Наночастицы (нанопорошки). Наука о малоразмерных объектах (nanoscience).				
Тема 1.3. Естественные границы развития существующей микроэлектроники. Квантовые ямы, проволоки и точки.				
Тема 1.4. Создание нанобъектов по принципам «сверху – вниз» и «снизу – вверх». Фантастические возможности нанотехнологии. Основные научные термины и определения (наноматериалы, нанотехнология, нанодиагностика, наносистемотехника). Фундаментальные проблемы индустрии наносистем.				
<b>Модуль 2. Нанотехнологии «сверху – вниз»</b>	<b>2</b>			
Тема 2.1. Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.				
Тема 2.2. Механохимические превращения. Ударно-волновой синтез. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Компактирование (консолидация) нанокластеров				
<b>Модуль 3. Основы нанотехнологии консолидированных материалов</b>	<b>4</b>			
Тема 3.1. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера). Высокоэнергетическое измельчение. Механохимический синтез. Плазмохимический синтез. Синтез в условиях ультразвукового воздействия. Электрический взрыв проволок. Методы консолидации. Электроразрядное спекание. Интенсивная пластическая деформация (кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование).				
Тема 3.2. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. Технология наноструктурированных пленок и покрытий: термическое испарение, ионное осаждение, осаждение из газовой фазы, импульсное электроосаждение, газотермическое напыление, термическое разложение.				
Тема 3.3. Основы нанотехнологии полупроводниковых материалов. Молекулярнолучевая эпитаксия. Механизмы роста				



нанопленок по Фольмеру- Веберу, Франку- Ван дер Мерве, Крастанову- Странскому. Методы <i>CVD</i> и <i>PCVD</i> . Технология получения полупроводниковых квантовых точек.				
Тема 3.4. Основы технологии полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов. Гибридные и супрамолекулярные материалы. Нанопористые материалы (молекулярные сита). Трубчатые наноматериалы. Полимерные наноматериалы. Наноматериалы, полученные методом самосборки.				
<b>Модуль 4. Основные методы создания наноструктур</b>	3			
Тема 4.1. Основные методы создания наноструктур: электролитография и наноимпринтинг, локальная эпитаксия и эпитаксия поверхностно напряженных структур, самоформирование и синтез в матрицах (темплатный синтез), зондовые методы литографии.				
Тема 4.2. Метод локального зондового окисления. Физико- химические основы метода локального зондового окисления. Особенности создания электропроводящих зондов.				
Тема 4.3. Кинетика процесса локального зондового окисления полупроводников и сверхтонких металлических пленок. Метод формирования диэлектрической пленки, модулированной по толщине. Использование метода локального зондового окисления для создания наноструктур и элементов наноэлектроники.				
<b>Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов</b>	4			
Тема 5.1. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.				
Тема 5.2. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.				
Тема 5.3. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Фактор Дебая– Уоллера.				
Тема 5.4. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов. Нанополимерные, супрамолекулярные, нано-биологические и нанопористые структуры. Основные типы макромолекулярной архитектуры. Темплаты (шаблоны). Супрамолекулярные структуры. Тубулярные и луковичные структуры. Процессы самосборки.				
<b>Модуль 6. Физические свойства наноматериалов. Размерные эффекты.</b>	11			
Тема 6.1. Введение. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Электронное строение наноматериалов. Квантовые эффекты.				
Тема 6.2. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.				
Тема 6.3. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.				
Тема 6.4. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.				
Тема 6.5. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.				
Тема 6.6. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a-C:H<Ag>$ ).				

Тема 6.7. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.				
Тема 6.8. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, атиферромагнетики, ферри-магнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.				
Тема 6.9. Механические свойства наноструктурных материалов. Ползучесть. Вязкость (внутреннее трение). Неупругость. Твердость, прочность, пластичность, упругие характеристики наноматериалов.				
Тема 6.10. Теоретическое рассмотрение механизмов деформации наноматериалов. Основные результаты.				
Тема 6.11. Стабильность наноструктур. Рост зерен. Диффузия. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах. Реакционная способность. Катализ.				
<b>Модуль 7. Применение наноматериалов</b>	4			
Тема 7.1. Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико- химическими свойствами.				
Итого	50	50	100	

### Практические занятия

Таблица 5.2		
№ п/п	Номер лекции	Наименование раздела и темы дисциплины
1	2	3
		<b>МОДУЛЬ 1. Введение. История развития нанотехнологии. Приоритетные направления нанотехнологии. Основные научные термины и определения</b>
		Тема 1.1. Понятие нанотехнологии
		Тема 1.2. Развитие нанотехнологий. Приоритетные направления нанотехнологии. Разновидности наноматериалов: консолидированные наноматериалы, нанополупроводники, нанополимеры, нанобиоматериалы, фуллерены и тубулярные наноструктуры, катализаторы, нанопористые материалы и супрамолекулярные структуры. Наночастицы (нанопорошки). Наука о малоразмерных объектах (nanoscience).
		Тема 1.3. Естественные границы развития существующей микроэлектроники. Квантовые ямы, проволоки и точки.
		Тема 1.4. Создание нанообъектов по принципам «сверху – вниз» и «снизу – вверх». Фантастические возможности нанотехнологии. Основные научные термины и определения (наноматериалы, нанотехнология, нанодиагностика, наносистемотехника). Фундаментальные проблемы индустрии наносистем.
		<b>Модуль 2. Нанотехнологии «сверху – вниз»</b>
		Тема 2.1. Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.
		<b>Модуль 3. Основы нанотехнологии консолидированных материалов</b>

		Тема 3.1. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера). Высокотехнологическое измельчение. Механохимический синтез. Плазмохимический синтез. Синтез в условиях ультразвукового воздействия. Электрический взрыв проволок. Методы консолидации. Электроразрядное спекание. Интенсивная пластическая деформация (кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование).
		Тема 3.3. Основы нанотехнологии полупроводниковых материалов. Молекулярнолучевая эпитаксия. Механизмы роста нанопленок по Фольмеру-Веберу, Франку- Ван дер Мерве, Крастанову- Странскому. Методы CVD и PCVD. Технология получения полупроводниковых квантовых точек.
		<b>Модуль 4. Основные методы создания наноструктур</b>
		Тема 4.1. Основные методы создания наноструктур: электронолитография и наноимпринтинг, локальная эпитаксия и эпитаксия поверхностно напряженных структур, самоформирование и синтез в матрицах (темплатный синтез), зондовые методы литографии.
		<b>Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов</b>
		Тема 5.1. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.
		Тема 5.2. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.
		Тема 5.3. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Фактор Дебая– Уоллера.
		Тема 5.4. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов. Нанополимерные, супрамолекулярные, нанобиологические и нанопористые структуры. Основные типы макромолекулярной архитектуры. Темплаты (шаблоны). Супрамолекулярные структуры. Тубулярные и луковичные структуры. Процессы самосборки.
		<b>Модуль 6. Физические свойства наноматериалов. Размерные эффекты.</b>
		Тема 6.1. Введение. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Электронное строение наноматериалов. Квантовые эффекты.
		Тема 6.2. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.
		Тема 6.3. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.
		Тема 6.4. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.
		Тема 6.5. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.
		Тема 6.6. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a\text{-C:H}<\text{Ag}>$ ).
		Тема 6.7. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.
		Тема 6.8. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, атиферромагнетики, ферримагнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.
		Тема 6.9. Механические свойства наноструктурных материалов. Ползучесть. Вязкость (внутреннее трение). Неупругость. Твердость, прочность,

		пластичность, упругие характеристики наноматериалов.
		Тема 6.10. Теоретическое рассмотрение механизмов деформации наноматериалов. Основные результаты.
		Тема 6.11. Стабильность наноструктур. Рост зерен. Диффузия. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах. Реакционная способность. Катализ.
		<b>Модуль 7. Применение наноматериалов</b>
		Тема 7.1. Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.

## 5. Образовательные технологии

№п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии	Кол-во аудит. часов
1	Введение. История развития нанотехнологии.	классическое традиционное; лекционное обучение	10
2	Приоритетные направления нанотехнологии. Основные научные термины и определения	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	12
3	Основы нанотехнологии консолидированных материалов	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)	12
4	Основные методы создания наноструктур.	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	12
5	Особенности наноструктуры наноматериалов	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	13
6	Физические свойства наноматериалов. Размерные эффекты.	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение	14
7	Применение наноматериалов	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные	15

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Некоторые темы выносятся на самостоятельное изучение. Изучение этих вопросов возможно с использованием электронный курс дисциплины, написанного самим автором (А.Х Матиев).

Перечень тем, выносимый для самостоятельной работы представлен в таблице 7.1.

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

<b>Таблица 7.1</b>
--------------------

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
2	Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a-C:H<Ag>$ ).	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
4	Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика, антиферромагнетика, ферримагнетика и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
5	Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студент, используя электронное учебное пособие, а также вузовский учебник по Молекулярной физике и термодинамике изучает данный материал и составляет конспект конспекты в домашних условиях.

### а. Контроль освоения компетенций

Таблица 8.1

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (МОДУЛИ)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Проверка конспектов	Модуль 2. Нанотехнологии «сверху – вниз»	УК-2, ПК-1, ПК-2
2	Проверка конспектов	Модуль 3. Основы нанотехнологии консолидированных материалов	УК-2, ПК-1, ПК-2
3	Проверка конспектов	Модуль 4. Основные методы создания наноструктур	УК-2, ПК-1, ПК-2
	Проверка конспектов	Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов	УК-2, ПК-1, ПК-2
	Проверка конспектов	Модуль 6. Физические свойства нано- материалов. Размерные эффекты.	УК-2, ПК-1, ПК-2
	Проверка конспектов	Модуль 7. Применение наноматериалов	УК-2, ПК-1, ПК-2

### 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

#### Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Понятие нанотехнологии.
2. Развитие нанотехнологий. Приоритетные направления нанотехнологии.
3. Разновидности наноматериалов: консолидированные наноматериалы, нанополупроводники, нанополимеры, нанобиоматериалы, фуллерены и тубулярные наноструктуры, катализаторы, нанопористые материалы и супрамолекулярные структуры. Наночастицы (нанопорошки). Наука о малоразмерных объектах (nanoscience).
4. Естественные границы развития существующей микроэлектроники.
5. Квантовые ямы, проволоки и точки.
6. Создание нанообъектов по принципам «сверху – вниз» и «снизу – вверх».
7. Фантастические возможности нанотехнологии.
8. Основные научные термины и определения (наноматериалы, нанотехнология, нанодиагностика, наносистемотехника).
9. Фундаментальные проблемы индустрии наносистем.
10. Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.
11. Механохимические превращения. Ударно- волновой синтез. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом.
12. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Компактирование (консолидация) нанокластеров.
13. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера).
14. Высокотенергетическое измельчение. Механохимический синтез.
15. Плазмохимический синтез.
16. Синтез в условиях ультразвукового воздействия.
17. Электрический взрыв проволочек. Методы консолидации.
18. Электроразрядное спекание.

19. Интенсивная пластическая деформация (кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование).
20. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния.
21. Технология наноструктурированных пленок и покрытий: термическое испарение, ионное осаждение, осаждение из газовой фазы.
22. Импульсное электроосаждение, газотермическое напыление, термическое разложение.
23. Основы нанотехнологии полупроводниковых материалов. Молекулярнолучевая эпитаксия.
24. Механизмы роста нанопленок по Фольмеру- Веберу, Франку- Ван дер Мерве, Крастанову- Странскому.
25. Методы *CVD* и *PCVD*.
26. Технология получения полупроводниковых квантовых точек.
27. Основы технологии полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.
28. Гибридные и супрамолекулярные материалы. Нанопористые материалы (молекулярные сита). Трубчатые наноматериалы.
29. Полимерные наноматериалы. Наноматериалы, полученные методом самосборки.
30. Основные методы создания наноструктур: электронолитография и наноимпринтинг, локальная эпитаксия и эпитаксия поверхностно напряженных структур, самоформирование и синтез в матрицах (темплатный синтез), зондовые методы литографии.
31. Метод локального зондового окисления. Физико- химические основы метода локального зондового окисления.
32. Особенности создания электропроводящих зондов.
33. Кинетика процесса локального зондового окисления полупроводников и сверхтонких металлических пленок.
34. Метод формирования диэлектрической пленки, модулированной по толщине.
35. Использование метода локального зондового окисления для создания наноструктур и элементов нанoeлектроники.
36. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.
37. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.
38. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Фактор Дебая– Уоллера.
39. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов.
40. Нанополимерные, супрамолекулярные, нанобиологические и нанопористые структуры.
41. Основные типы макромолекулярной архитектуры. Темплаты (шаблоны).
42. Супрамолекулярные структуры. Тубулярные и луковичные структуры. Процессы самосборки.
43. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах.
44. Электронное строение наноматериалов. Квантовые эффекты.
45. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.
46. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.
47. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.
48. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.
49. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $\alpha\text{-C:H} < \text{Ag} >$ ).
50. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.
51. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, атиферромагнетики, ферримагнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.

52. Механические свойства наноструктурных материалов. Ползучесть. Вязкость (внутреннее трение). Неупругость. Твердость, прочность, пластичность, упругие характеристики наноматериалов.
53. Механизмы деформации наноматериалов.
54. Стабильность наноструктур. Рост зерен. Диффузия.
55. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах. Реакционная способность. Катализ.
56. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов.
57. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.

### **Методические рекомендации студентам**

«Наносистемы. Методы получения и свойства» собой обширную, междисциплинарную и довольно сложную область знаний. Поэтому, чтобы донести материал до студента, необходимо уделять особое внимание систематичности, наглядности и доступности изложения. В настоящее время фактически существует мало учебников и пособий по данной дисциплине. Поэтому основная нагрузка ложится на лекции. Для изучения студентами данного курса в принципе достаточно знание курса общей физики и основ квантовой механики термодинамики.

Так как учебников и учебных пособий по данной дисциплине очень мало, то основная нагрузка ложится на лекции и их конспектирование. Для дополнительного изучения и самостоятельной работы предлагается использовать рекомендуемую литературу.

## **7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1. Учебная литература:**

#### **Основная литература**

1. А.Х. Матиев. Термодинамика полупроводникового материаловедения. Учебное пособие магистров специальности «Физика». - Магас:, ИнГГУ, 2021 223 с.: ил.66.  
<https://disk.yandex.ru/i/FBafHQC11tGn7A>
2. В. Лучинин «Наноиндустрия – базис новой экономики» Петербургский журнал электроники, №3, 2003 г.
3. Большой энциклопедический словарь под.ред. А.М. Прхорова Москва «Большая Российская энциклопедия», Санкт-Петербург «Норинт», 1997 г.
4. Biebricher C.F., Nicols G, Schuster P, „Self-Organization in the Physico-Chemical and Life Science.1994.Report on Review Studies.PSS 0396, Commission of the European Communities Directorate-General for Science,Research and Development
5. Материаловедение. Учебник для технических вузов, ред.Б.Н. Арзамасов, Г.Г. Мухин, изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 2001 гСправочник «Физические величины» под. Ред.И.С. Григорьева, Е.З.
6. Мейлихова изд. «Энергоатомиздат», Москва 1991 г.
7. Неорганическое материаловедение. Основы науки о материалах.
8. Энциклопедическое издание под. Ред. Г.Г. Гнесина, В.В. Скорохода, изд. «Наукова думка», Киев 2008 г
9. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы М. «Физматлит» 2002 г.
10. М.Г. Мильвидский, В.В. Чалдышев Наноразмерные кластеры в полупроводниках – новый подход к формированию свойств материалов Обзор. Физика и техника полупроводников, 1998 г. т.32 №5, стр.517
11. А.Д. Плюгайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд «Наночастицы металла в полимерах», изд. «Химия», Москва, 2000 г.
12. Баранов А.М. А. А. Шука Электроника, Изд-во БХВ–Петербург, СПб, 2005 г.
13. В.П. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников «Физика полупроводников», изд. «Наука», Москва, 1977 г
14. Г.Б. Сергеев «Нанохимия» изд. МГУ, Москва, 2003 г.



15. О.А. Петрий, Г.А. Цирлина «Электрохимия межфазных границ»
16. Вайскопф «Физика в двадцатом столетии», изд. «Атомиздат», Москва, 1977 г
17. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. М. «Прогресс», 1993 г.
18. Состояние мира 1999. Доклад института Worldwatch о развитии по пути к устойчивому обществу. М.Изд-во МНЭПУ, 1997 г.
19. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года.
20. Моисеев Н.Н. Мировое сообщество и судьба России. М.Изд-во МНЭПУ, 1997 г.
21. Моисеев Н.Н. Как далеко до завтрашнего дня... Свободные размышления. 1917-1993 М. Изд-во МНЭПУ, 1997 г.
22. Глобалистика
23. И.Пригожин, И. Стенгерс «Время, хаос, квант, УРСЕ, Москва, 2003 г.
24. Ф. Даниэльс, Р. Олберти «Физическая химия», изд. «Мир», Москва, 1978 г
25. Я.И. Герасимов, В.П. Древин, Е.Н. Еремин, А.В. Киселев, В.П. Лебедев, Г.М. Панченков, А.И. Шлыгин «Курс физической химии», т.1, изд. «Химия», Москва, 1969
26. М.Х. Карапетьянц «Химическая термодинамика», изд. «Госхимиздат», Москва-Ленинград, 1953 г
27. И. Пригожин, Д. Кондепуди «Современная термодинамика.От тепловых двигателей до диссипативных структур», изд. «Мир», Москва, 2002 г.
28. Ч. Пул, Ф.Оуэнс, —Нанотехнологии, М., «Техносфера», 2008.
29. «Нанотехнологии в ближайшем десятилетии», под ред. М. Роко. М.. Мир. 2002.

### **Дополнительная литература**

1. Н.Г. Хлебцов, В.А. Богатырев, Л.А. Дыкман, Б.Н. Хлебцов, "Золотые наноструктуры с плазмонным резонансом для биомедицинских исследований", Российские нанотехнологии, т.2 (3-4), 2009 ([www.nanorfu.ru](http://www.nanorfu.ru)).
2. S. Datta, —Electronic transport in mesoscopic systems, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 7 1995).
3. S. Datta, —Quantum transport: atom to transistor, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005).

### **7.2. Интернет-ресурсы**

Программное обеспечение и интернет ресурсы Электронный вариант курса на сайте преподавателя, WebCT (<http://master.ist.tpu.ru/>), <http://master.isc.tpu.ru:8900/webct/public/home.pl>

### **7.3. Программное обеспечение**

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
5. Программный продукт MATLAB 6.

### **7.4. Материально-техническое обеспечение**

№ п/п	Перечень основного оборудования	Нумерация разделов/тем дисциплины
1.	Проекционная установка «Квадра» 250X, 3М	1-15
2.	Интерактивный планшет	2,5,6
3	Компьютер	1-15

Наносистемы. Методы получения и свойства	Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 303) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 36 шт.; скамья-72 шт
	Учебная аудитория для семинарских занятий (№116) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 14 шт.; скамья-28 шт. Учебные пособия по дисциплинам. Тесты рубежного, итогового контроля, наглядные пособия, УМК по дисциплинам

Рабочая программа дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 914

Программу составил: д.ф-м.н., профессор кафедры «Физика» Матиев. А. Х.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 10 от « 20 » мая 2024 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 9 от « 22 » мая 2024 года

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедр- ры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедр- рой