

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы

\_\_\_\_\_/ Матиев А. Х.  
от « 12 » 03 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-математического факультета

\_\_\_\_\_/Кульбужев Б. С.  
от « 14 » 03 2025 г.

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**

Направленность (профиль подготовки)  
**Физика полупроводников**

Квалификация выпускника  
**магистр**

Форма обучения - очная

Магас, 2025

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Наносистемы. Методы получения и свойства» входит в пакет дисциплин блока Б.0В.05, формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 03.04.02 Физика. Профиль «Физика полупроводников». В табл. 2.1 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Термодинамика конденсированных сред».

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 связей 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», «Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов», Материалы электронной техники.

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 «Физика» 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 полупроводников
<b>3</b>	История и методология науки и техники в области электроники
<b>4</b>	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов

Связь дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» со смежными дисциплинами	
Таблица 2.2	
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
Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов	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:

Таблица 3.1.			
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
УК-1	Системное и критическое мышление. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИДК <sub>УК1.1</sub> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<b>Знает</b> содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности; <b>Умеет</b> планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и струк -
		ИДК <sub>УК1-2</sub> . Использует естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.	

Продолжение Таблица 3.1.			
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
			<p>турированной для выполнения профессиональной деятельности;</p> <p><b>Владеет</b></p> <p>приемами саморегуляции эмоциональных и функциональных состояний при выполнении профессиональной деятельности; технологиями организации процесса самообразования; способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.</p>
ОПК-1	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 естественно-научных дисциплин.	<p><b>Знает</b></p> <p>основные закономерности химической термодинамики; химическое равновесие; закономерности химической кинетики; способы выражения состава растворов;</p> <p><b>Умеет</b></p> <p>прогнозировать результаты физико-химических процессов, протекающих в неживых системах, опираясь на теоретические положения; научно обосновывать наблюдаемые явления; производить физико-химические измерения; представлять данные экспериментальных исследований в виде графиков и таблиц; производить наблюдения за протеканием химических реакций и делать обоснованные выводы; представлять результаты экспериментов и наблюдений в виде окончательного протокола исследования;</p>
		ИДК ОПК1-2. Использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.	

Продолжение Таблица 3.1.			
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
			<p><b>Владеет</b></p> <p>теоретической подготовкой для планирования и проведения природоохранных мероприятий; основными методами исследований современной экологии; основными закономерностями физико-химических процессов.</p>
<i>ПК-1</i>	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	ИДК <sub>ПК1.1</sub> самостоятельно ставит конкретные задачи научных исследований в области теоретической и экспериментальной физики; подбирать математический аппарат и самостоятельно решать различные задачи научных исследований, используя стандартные алгоритмы решения; объяснять (выявлять и строить) типичные модели решения поставленной задачи исследования; оценивать изменения в выбранной области исследования в связи с новыми данными, полученными из различных источников	<p><b>Знает</b></p> <p>базовый математический аппарат, используемый для формализации прикладных задач физики;</p> <p>методы и приемы решения прикладных задач по расчету основных параметров кристаллических тел;</p> <p><b>Умеет</b></p> <p>применять математические методы в формализации решения прикладных задач физики;</p> <p>работать с современной научной аппаратурой, проводить измерения основных физических параметров кристаллов;</p> <p><b>Владеет</b></p> <p>навыками формализации прикладной задачи физики; навыками расчета наносистем; фундаментальными понятиями, законами и теориями современной теории кристаллов, а также методами тензорного описания физических свойств кристаллов.</p>

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.1	
Виды учебной работы	Всего час/зач. ед.
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>64/1,9</b>
Лекции (Л)	32/1,0
Практические занятия (ПЗ)	32/0,9
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>53/3,1</b>
Курсовая работа, подготовка к практическим занятиям	<b>1</b>
Контроль самостоятельной работы	-
Вид отчетности	Экзамен-4
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144/5</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1				
РАЗДЕЛЫ (МОДУЛИ) ДИСЦИПЛИНЫ В СЕМЕСТРЕ	Лекции,(часы)	Практические занятия (ПЗ), час	СРС единицы (часы) Курсовые работ	Всего, час
<b>Модуль 1. Введение. История развития нанотехнологии. Приоритетные направления нанотехнологии. Основные научные термины и определения</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
Тема 1.1. Понятие нанотехнологии	1	-	4	5
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).	1	1	4	6
Тема 1.3. Естественные границы развития существующей микроэлектроники. Квантовые ямы, проволоки и точки.	1	2	4	7
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.	1	1	4	6
<b>Модуль 2. Нанотехнологии «сверху – вниз»</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
Тема 2.1. Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.	2	2	8	12
Тема 2.2. Механохимические превращения. Ударно- волновой синтез. Наноструктурирование под действием давления со	2	2	8	12

сдвигом. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Компактирование (консолидация) нанокластеров				
<b>Модуль 3. Основы нанотехнологии консолидированных материалов</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>28</b>
Тема 3.1. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера). Высокoэнергетическое 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).	2	2	4	8
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.	1	1	4	6
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.	1	1	4	6
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.	2	2	4	8
<b>Модуль 4. Основные методы создания наноструктур</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>28</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.	2	2	5	9
Тема 4.2. Метод локального зондового окисления. Физико- химические основы метода локального зондового окисления. Особенности создания электропроводящих зондов.	2	2	6	10
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.	2	2	5	9
<b>Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>28</b>
Тема 5.1. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.	1	1	4	6
Тема 5.2. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.	1	1	4	6
Тема 5.3. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Фактор Дебая– Уоллера.	2	2	4	8
Тема 5.4. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов. Нанополимерные, супрамолекулярные, нано-	2	2	4	8

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>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>28</b>
Тема 6.1. Введение. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Электронное строение наноматериалов. Квантовые эффекты.	0.5	0.5	1	2
Тема 6.2. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.	0.5	0.5	2	3
Тема 6.3. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.	0.5	0.5	1	2
Тема 6.4. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.	0.5	0.5	2	3
Тема 6.5. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.	0.5	0.5	1	2
Тема 6.6. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a\text{-C:H}<Ag>$ ).	0.5	0.5	1	2
Тема 6.7. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.	0.5	0.5	1	2
Тема 6.8. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферри-магнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.	0.5	0.5	2	3
Тема 6.9. Механические свойства наноструктурных материалов. Ползучесть. Вязкость (внутреннее трение). Неупругость. Твердость, прочность, пластичность, упругие характеристики наноматериалов.	0.5	0.5	2	3
Тема 6.10. Теоретическое рассмотрение механизмов деформации наноматериалов. Основные результаты.	0.5	0.5	1	2
Тема 6.11. Стабильность наноструктур. Рост зерен. Диффузия. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах. Реакционная способность. Катализ.	1	1	2	4
<b>Модуль 7. Применение наноматериалов</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
Тема 7.1. Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.	2	2	16	20
<b>Итого</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>112</b>	<b>180</b>



## 5.2. 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>
1	1	Тема 1.1. Понятие нанотехнологии
2	2	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).
3	3	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>
4	4	Тема 2.1. Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.
5	5	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>
6	6	Тема 3.1. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера). Высокотемпературное 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).
7	7	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.
8	8	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>
9	9	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.

10	10	Тема 4.2. Метод локального зондового окисления. Физико- химические основы метода локального зондового окисления. Особенности создания электропроводящих зондов.
11	11	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 нанoeлектроники.
		<b>Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов</b>
12	12	Тема 5.1. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.
13	13	Тема 5.2. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.
		Тема 5.3. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Фактор Дебая– Уоллера.
14	14	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>
15	15	Тема 6.1. Введение. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Электронное строение наноматериалов. Квантовые эффекты.
16	16	Тема 6.2. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.
17	17	Тема 6.3. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.
18	18	Тема 6.4. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.
19	19	Тема 6.5. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.
20	20	Тема 6.6. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a\text{-C:H}<\text{Ag}>$ ).
21	21	Тема 6.7. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.
22	22	Тема 6.8. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.
23	23	Тема 6.9. Механические свойства наноструктурных материалов. Ползучесть. Вязкость (внутреннее трение). Неупругость. Твердость, прочность, пластичность, упругие характеристики наноматериалов.
24	24	Тема 6.10. Теоретическое рассмотрение механизмов деформации наноматериалов. Основные результаты.
25	25	Тема 6.11. Стабильность наноструктур. Рост зерен. Диффузия. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах. Реакционная способность. Катализ.

		<b>Модуль 7. Применение наноматериалов</b>
<b>26</b>	<b>26</b>	Тема 7.1. Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико- химическими свойствами.

## 6. Образовательные технологии

### 7. 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.

#### 7.1. План самостоятельной работы студентов

Таблица 7.1					
№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол. часов
1	Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции.	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы получения и свойства (А.Х Матиев).	4
2	Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы получения и свойства (А.Х Матиев).	4
3	Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы получения и свойства (А.Х Матиев).	4
3	Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a\text{-C:H}<\text{Ag}>$ ).	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы получения и свойства (А.Х Матиев).	4
4	Магнитные свойства наноматериалов. диамаг-	Н Написание	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы	4

	нетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и ферриты. Суперпарамагнитное состояние. Магнитокалорический эффект.	конспекта		получения и свойства (А.Х Матиев).	
5	Введение. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс Наносистемы. Методы получения и свойства (А.Х Матиев).	4

## 7.2. 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.

## 7.3. 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-1
2	Проверка конспектов	Модуль 3. Основы нанотехнологии консолидированных материалов	ОПК-1, ПК-1
3	Проверка конспектов	Модуль 4. Основные методы создания наноструктур	ОПК-1, ПК-1
	Проверка конспектов	Модуль 5. Особенности наноструктуры наноматериалов	ОПК-1, ПК-1
	Проверка конспектов	Модуль 6. Физические свойства наноматериалов. Размерные эффекты.	ОПК-1, ПК-1
	Проверка конспектов	Модуль 7. Применение наноматериалов	ОПК-1, ПК-1

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 8.1. Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Понятие нанотехнологии.
2. Развитие нанотехнологий.
3. Приоритетные направления нанотехнологии.
4. Разновидности наноматериалов:
5. консолидированные наноматериалы,
6. нанополупроводники,
7. нанополимеры,
8. нанобиоматериалы,
9. фуллерены и тубулярные наноструктуры,
10. катализаторы,
11. нанопористые материалы и супрамолекулярные структуры.
12. Наночастицы (нанопорошки).
13. Наука о малоразмерных объектах (nanoscience).
14. Естественные границы развития существующей микроэлектроники.
15. Квантовые ямы, проволоки и точки.
16. Создание нанообъектов по принципам «сверху – вниз» и «снизу – вверх».
17. Фантастические возможности нанотехнологии.
18. Основные научные термины и определения (наноматериалы, нанотехнология, нанодиагностика, наносистемотехника).
19. Фундаментальные проблемы индустрии наносистем.
20. Формирование твердотельных нанокластеров. Т
21. вердотельные химические реакции.
22. Механохимические превращения.
23. Ударно- волновой синтез.
24. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом.
25. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур.
26. Компактирование (консолидация) нанокластеров.
27. Порошковые технологии. Конденсационный метод (метод Глейтера).
28. Высокоэнергетическое измельчение.
29. Механохимический синтез.
30. Плазмохимический синтез.
31. Синтез в условиях ультразвукового воздействия.
32. Электрический взрыв проволочек.
33. Методы консолидации.
34. Электроразрядное спекание.
35. Интенсивная пластическая деформация (кручение под высоким давлением, равно-канальное угловое прессование).
36. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния.
37. Технология наноструктурированных пленок и покрытий: термическое испарение, ионное осаждение, осаждение из газовой фазы.
38. Импульсное электроосаждение,
39. газотермическое напыление,
40. термическое разложение.
41. Основы нанотехнологии полупроводниковых материалов.
42. Молекулярнолучевая эпитаксия.

43. Механизмы роста нанопленок по Фольмеру- Веберу, Франку- Ван дер Мерве, Крастанову- Странскому.
44. Методы *CVD* и *PCVD*.
45. Технология получения полупроводниковых квантовых точек.
46. Основы технологии полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.
47. Гибридные и супрамолекулярные материалы.
48. Нанопористые материалы (молекулярные сита).
49. Трубчатые наноматериалы.
50. Полимерные наноматериалы.
51. Наноматериалы, полученные методом самосборки.
52. Основные методы создания наноструктур: электронолитография и наноимпринтинг, локальная эпитаксия и эпитаксия поверхностно напряженных структур, самоформирование и синтез в матрицах (темплатный синтез), зондовые методы литографии.
53. Метод локального зондового окисления.
54. Физико- химические основы метода локального зондового окисления.
55. Особенности создания электропроводящих зондов.
56. Кинетика процесса локального зондового окисления полупроводников и сверхтонких металлических пленок.
57. Метод формирования диэлектрической пленки, модулированной по толщине.
58. Использование метода локального зондового окисления для создания наноструктур и элементов наноэлектроники.
59. Общая характеристика. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.
60. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных наноматериалах.
61. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации.
62. Фактор Дебая– Уоллера.
63. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов.
64. Нанополимерные, супрамолекулярные, нанобиологические и нанопористые структуры.
65. Основные типы макромолекулярной архитектуры.
66. Темплаты (шаблоны).
67. Супрамолекулярные структуры.
68. Тубулярные и луковичные структуры.
69. Процессы самосборки.
70. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах.
71. Электронное строение наноматериалов.
72. Квантовые эффекты.
73. Фазовые равновесия и термодинамика наноматериалов.
74. Фононный спектр и тепловые свойства наноматериалов.
75. Проводимость, оптические характеристики, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность наноматериалов.
76. Перколяционная проводимость и плазменный резонанс в наноматериалах.
77. Структура, электрические и оптические свойства пленок аморфного алмазоподобного углерода, содержащих нанокластеры серебра ( $a-C:H<Ag>$ ).
78. Структура, электрические и оптические свойства аморфных пленок ХСП, полученных разными методами. Наногетероморфизм аморфных структур.
79. Магнитные свойства наноматериалов. диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и ферриты.
80. Суперпарамагнитное состояние.
81. Магнитокалорический эффект.

82. Механические свойства наноструктурных материалов.
83. Ползучесть.
84. Вязкость (внутреннее трение).
85. Неупругость.
86. Твердость,
87. прочность,
88. пластичность,
89. упругие характеристики наноматериалов.
90. Механизмы деформации наноматериалов.
91. Стабильность наноструктур.
92. Рост зерен. Диффузия.
93. Общие закономерности, роста зерен (рекристаллизации) в наноматериалах.
94. Реакционная способность.
95. Катализ.
96. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов.
97. Применение пористых наноматериалов и наноматериалов со специальными физико-химическими свойствами.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. 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.

## **VI. РЕКОМЕНДУЕМАЯ 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. Щука 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.nanorf.ru](http://www.nanorf.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).



Рабочая программа дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (магистратура) 03.04.02. Физика. Направленность (*профиль подготовки Физика полупроводников*), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» 08 2021 г. № 914.

Программу составил: профессор кафедры «Физика» Матиев А.Х.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»  
Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета  
Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года