

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур

 (Середин П.В.)  
05.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.04.01 Материалы и методы нанотехнологий

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02

Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика твердого тела

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Голощапов Дмитрий Леонидович,  
кандидат физ.-мат. наук,

7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол № 5 от 25.05.2023г.

8. Учебный год: 2025–2026

Семестр: 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

формирование у студентов целостного представления о материалах и методах нанотехнологий, о современных достижениях в области нанотехнологий и перспективах их практического использования, теоретических и технологических пределах уменьшения размеров нанобъектов, знакомство с основными структурно-спектроскопическими методиками исследования наноматериалов с заданными свойствами.

*Задачи учебной дисциплины:*

- получить фундаментальные знания о физических эффектах, присущих материалам в наноструктурированном состоянии, квантовых эффектах в наноструктурах, особенностях применения наноматериалов для решения задач электронной техники, оптики, биоматериаловедения и технологическими пределами уменьшения размеров нанобъектов;
- изучить фундаментальные механизмы образования нанодисперсных систем и композитных наноматериалов, строение и свойства нанодисперсных тел (порошков) и компактных твердых тел с нанометровым элементов.
- сформировать знания об основных подходах к синтезу наноматериалов, гетерогенных процессах формирования нанобъектов, методах получения наночастиц из паровой фазы, молекулярной самосборке, механохимическом синтезе, Золь-гель технологии, методах получения упорядоченных наноструктур и методах их модификации (молекулярно-лучевая эпитаксия (метод физического осаждения), конденсация наночастиц в инертной среде; осаждения в условиях плазмы метод химического осаждения), пучковых методах нанолитографии.
- изучить методы исследования и диагностики нанообъектов и наносистем, рентгеновские методы исследования наноматериалов, методы электронной, туннельной сканирующей зондовой и силовой микроскопии, оптической микроскопии ближнего поля, инфракрасной и Рамановской спектроскопии.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

– С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен анализировать научно-техническую	ПК-1.1	Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в	Знать: методы анализа научно-технической информации и результаты

	информацию и результаты исследований физической направленности		т.ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта)	исследований физической направленности в тематике материалов и методов нанотехнологий Уметь: проводить поиск информации по тематике материалов и методов нанотехнологий (в т.ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта) Владеть: навыками анализа научно-технической информации и результатов исследований физической направленности в тематике материалов и методов нанотехнологий
ПК-4	Способен модернизировать существующие и внедрять новые методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-4.3	Применяет знания о назначении, устройстве и принципах действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Знать: назначение, устройство и принципы действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур Уметь: применять знания о назначении, устройстве и принципах действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур Владеть: знаниями о назначении и устройстве по использованию оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур
ПК-5	Способен модернизировать существующие и внедрять новые процессы модификации наноматериалов и наноструктур	ПК-5.1	Анализирует современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Знать: современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур Уметь: анализировать современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур Владеть: навыками по систематизации и анализу современного состояния методов и оборудования для

				проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур
--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 / 72.**

**Форма промежуточной аттестации Зачет с оценкой**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			6 семестр
Аудиторные занятия		42	42
в том числе:	лекции	14	14
	практические		
	лабораторные	28	28
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		30	30
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:		72	72

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Материалы нанотехнологий	Понятие о нанотехнологии и нанобъектах, их классификации. Размерные эффекты и свойства нанобъектов. Особенности кристаллической и электронной структуры. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах: роль объема и поверхности – электростатические взаимодействия. Ван-дерВаальсовы взаимодействия. Классическая теория зародышеобразования. Гетерогенное зародышеобразование. Особенности роста кристаллических частиц
1.2	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	Методы получения наночастиц из паровой и газовой фазы (Химическое, термическое и электродуговое). Получение наночастиц в жидких средах (эмульсии, коллоидные суспензии). Полимер-неорганические композиты (Золь-гель метод, интерколяция полимеров). Технология Лэнгмюра-Блоджетт. Формирование наноматериалов с использованием биологических систем и/или методов. Спрей-пиролиз. Шаблонный синтез (темплат-синтез).
1.3	Методы получения упорядоченных наноструктур	Осаждения слоев нанометровых толщин: поликристаллические плёнки, термическое и магнетронное осаждение. Газофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия (метод физического осаждения), конденсация наночастиц в инертной среде; осаждения в условиях плазмы), пучковые методах нанолитографии. Создание упорядоченных квантовых наноструктур. Квантовые точки и квантовые проволоки.
1.4	Методы зондовой нанотехнологии и	Методы зондовой нанотехнологии и создания наноструктур Общие принципы работы сканирующих зондовых

	нанолитографии	микроскопов. Атомно-силовой и сканирующий туннельный микроскоп. Зондовые методы нанолитографии. Электронная литография Рентгеновская литография
1.5	Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов	Сканирующая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия, в том числе высокого разрешения Дифракционные методы (рентгеновские, электронные, нейтронные) Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS, XPS) Методы оптической микроскопии ближнего поля, инфракрасной и Рамановской спектроскопии,
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Материалы нанотехнологий	Лабораторная работа 1. Измерение параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла Лабораторная работа 2. Измерение сорбционных характеристик наноматериалов методами спектроскопии импеданса
2.2	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	Лабораторная работа 3. получения тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами.
2.3	Методы получения упорядоченных наноструктур.	Лабораторная работа 4. получения тонких пленок и наноструктур магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок
2.4	Методы зондовой нанотехнологии и нанолитографии	Лабораторная работа 5. Исследование морфологических характеристик наноструктурированных материалов методом атомно-силовой микроскопии
2.5	Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов	Лабораторная работа 6. Исследование структуры наноматериалов методами рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа Лабораторная работа 7. Исследование наноструктур методом просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии Лабораторная работа 8. Исследование наноструктур методом Рамановской микроспектроскопии

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Материалы нанотехнологий	2		6		4	12
2	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	2		4		6	12
3	Методы получения упорядоченных наноструктур	4		4		6	14
4	Методы зондовой нанотехнологии и нанолитографии	2		4		4	10
5	Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов	4		10		10	24
	Итого:	14		28		30	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных работы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Материалы и методы нанотехнологий» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 8 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 6 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 8 часов
подготовку к зачету	– 8 часов
итога	– 30 часов

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Сергеев, Н. А. Физика наносистем : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - Москва : Логос, 2020. - 192 с. - ISBN 978-5-98704-833-7. - Текст : электронный. Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/163085?category=926">https://e.lanbook.com/book/163085?category=926</a>
2.	Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы : монография / Р. А. Андриевский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 255 с. — ISBN 978-5-00101-906-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151512">https://e.lanbook.com/book/151512</a>
3.	Методы получения и свойства нанообъектов : учебное пособие / Н. И. Минько, В. В. Строкова, И. В. Жерновский, В. М. Нарцев. — 3-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 165 с. — ISBN 978-5-9765-0326-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/119402">https://e.lanbook.com/book/119402</a>
4.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е.Д. Мишина [и др.]. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 185 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный //Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166740">https://e.lanbook.com/book/166740</a>
5.	Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий : учебное пособие / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, З. Г. Бикбаева, А. А. Качаев. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 272 с. — ISBN 978-5-00101-716-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135502">https://e.lanbook.com/book/135502</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6.	Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/176410">https://e.lanbook.com/book/176410</a>
7.	Нанотехнологии. Химические, физические, биологические и экологические аспекты : монография / М. Н. Тимофеева, В. Н. Панченко, В. В. Ларичкин [и др.]. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 283 с. — ISBN 978-5-7782-3863-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152281">https://e.lanbook.com/book/152281</a>
8.	Иванов, Н. Б. Нанотехнологии материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, Н. А. Покалюхин. — Казань : КНИТУ, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7882-2538-8. — Текст :

	электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166186">https://e.lanbook.com/book/166186</a>
9.	Звонарев, С. В. Функциональные и конструкционные наноматериалы : учебно-методическое пособие / С. В. Звонарев. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 132 с. — ISBN 978-5-7996-2474-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/170133">https://e.lanbook.com/book/170133</a>
10.	Ковалев, А. Н. Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций : учебник / А. Н. Ковалев, О. И. Рабинович, М. И. Тимошина. — Москва : МИСИС, 2015. — 460 с. — ISBN 978-5-87623-941-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/93630">https://e.lanbook.com/book/93630</a>
11.	Рабинович, О. И. Физико-химические основы процессов микро-и нанотехнологий : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович. — Москва : МИСИС, 2015. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/116640">https://e.lanbook.com/book/116640</a>
12.	Дзидзигури, Э. Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : учебное пособие / Э. Л. Дзидзигури, Е. Н. Сидорова. — Москва : МИСИС, 2012. — 71 с. — ISBN 978-5-87623-605-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/47445">https://e.lanbook.com/book/47445</a>
13.	Панфилов, Ю. В. Наноинженения : учебное пособие : в 17 книгах / Ю. В. Панфилов, К. М. Моисеев, В. П. Михайлов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 — Книга 3 : Высоковакуумные технологические процессы в наноинженерии — 2011. — 192 с. — ISBN 978-5-7038-3494-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106502">https://e.lanbook.com/book/106502</a>
14.	Баранов А.В., Маслов В.Г., Орлова А.О., Федоров А.В. Практическое использование наноструктур - Санкт-Петербург: СПб: НИУ ИТМО, 2014. - 102 с.
15.	Ищенко А.А., Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля / Ищенко А.А., Фетисов Г.В., Асланов Л.А. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1369-4
16.	Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие / В. В. Старостин; под общей редакцией Л. Н. Патрикеева. — 2-е изд. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 431 с.: ил., табл., граф. — (Нанотехнологии). ISBN 9785996303465
17.	Валянский, С. И. Современные методы исследования наноструктур: Метод оптической поверхностно-плазмонной микроскопии : учебно-методическое пособие / С. И. Валянский, Е. К. Наими. — Москва : МИСИС, 2011. — 173 с. — ISBN 978-5-87623-460-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/116478">https://e.lanbook.com/book/116478</a>
18.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / под редакцией У. Жу, Ж. Л. Уанга ; перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина ; художник Н. А. Новак. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 601 с. — ISBN 978-5-00101-142-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166756">https://e.lanbook.com/book/166756</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
19.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
20.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
21.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
22.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
23.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
24.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
25.	Ремпель, А. А. Материалы и методы нанотехнологий : учебное пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валева. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-1401-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/99097">https://e.lanbook.com/book/99097</a>
26.	Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие /

	В. И. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 240 с. — ISBN 978-5-9795-1731-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/165058">https://e.lanbook.com/book/165058</a>
27.	Кирчанов, В. С. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / В. С. Кирчанов. — Пермь : ПНИПУ, 2016. — 241 с. — ISBN 978-5-398-01617-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160880">https://e.lanbook.com/book/160880</a>
28.	Векилова, Г. В. Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов : учебно-методическое пособие / Г. В. Векилова, А. Н. Иванов, Ю. Д. Ягодкин. — Москва : МИСИС, 2009. — 145 с. — ISBN 978-5-87623-228-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/116630">https://e.lanbook.com/book/116630</a>
29.	Исследование наноструктурированных материалов методом растровой электронной микроскопии : учебно-методическое пособие для вузов : / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. — 13 с. : ил URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-26.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-26.pdf</a> .

### **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ—демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лаборатория учебного практикума (ауд 129.) Совместная лаборатория "Электронное строение твердого тела" (лаб. 129):

Лабораторный стенд для получения тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами - 1 шт.;

вакуумная технологическая установка для магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок - 1 шт.; электропечь ПТК-1,4-40 с контролируемой атмосферой и автоматизированным управлением для получения материалов с заданными стехиометрией - 1 шт.;

Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов (лаб. 28):

Дистиллятор лабораторный АЗ-14 «Я-ФП»-01 – 1 шт.; Центрифуга лабораторная ЦЛн-16 – 1 шт.; Магнитная мешалка с подогревом MagicLAB – US-1500D – 1 шт.; Импедансметр Z-1500J – 1шт.; Диспергатор роторный – Ika-T18D – 1шт.; pH-метр/ионометр ИПЛ 111-1 – 1 шт., Печь Nabertherm-LE – 1 шт.; Печь LIOP-LF – 1 шт.; Ванна ультразвуковая -CT431D2 – 1шт.; Источник тока GWInstek PSW7 800-2.88 – 1 шт.; Источник тока GWInstek GPR – 30H10D – 1 шт, Лабораторные стенды для импеданс-спектроскопии - LCR-спектрометр Elins-1500 - 1 шт, LCR-спектрометр GWInstek LCR-819 - 1 шт.; Рамановский спектрометр РамМикс 532 - 1 шт.; Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-2000 - 1 шт.; Оптический микроскоп-твердомер ПМТ-3 – 1 шт.; Интерферометр МИИ-4 – 1 шт.

Совместная лаборатория "Электронное строение твердого тела" (лаб. 123):

Набор эталонных неорганических материалов и структур - 1 шт; Набор эталонных неорганических наноматериалов и наноструктур - 1 шт; Электропечь трубчатая с

контролируемой атмосферой ПТК-1,2-40 с функцией нагрева по траектории - 1 шт.; Набор специализированных установочных площадок для синхротронных исследований - 1 шт.; - Термоконтроллер с функцией нагрева по траектории - 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (к. 26)

Рентгеновский дифрактометр ДРОН – 4-07- 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (к. 21)

Рентгеновский дифрактометр Радиан ДР-023- 1 шт.; Спектрометр универсальный рентгеновский «Реном» СУР-01 - 1 шт; лабораторная установка Leybold rontgengerat X-ray apparatus 554800 - 1 шт.

Лаборатория сканирующей зондовой наноскопии и нанотехнологий атомно-силовой микроскоп SOLVER P47 PRO

Лаборатория рентгеноструктурных исследований ЦКПНО ВГУ (к.55)

рентгеновский дифрактометрEmpyrean (PANalytical) - 1 шт.;

Лаборатория рентгеновской дифрактометрии ЦКПНО ВГУ (к 53)

Рентгеновский дифрактометрARL X'TRA (ThermoScientific)

Лаборатория электронной микроскопии (к.43)

Просвечивающий электронный микроскоп Libra120 (Carl Zeiss)

Лаборатория электронной микроскопии ЦКПНО ВГУ (к.7)

Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором OxfordInstruments - 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (лаб. 25)

рентгеновский спектрометр-монохроматор РСМ-500 - 1 шт.;

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Материалы нанотехнологий	ПК-1	ПК-1.1	Лабораторная работа 1,2
2.	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	ПК-1	ПК-1.1	Лабораторные работы 3
		ПК-5	ПК-5.1	
3.	Методы получения упорядоченных наноструктур.	ПК-1	ПК-1.1	Лабораторная работа 4
		ПК-5	ПК-5.1	
4.	Методы зондовой нанотехнологии и нанолитографии	ПК-1	ПК-1.1	Лабораторная работа 5
		ПК-4	ПК-4.3	
		ПК-5	ПК-5.1	
5.	Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов	ПК-1	ПК-1.1	Лабораторные работы 6– 8
		ПК-4	ПК-4.3	
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ.

### Перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Измерение параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла

Лабораторная работа 2. Измерение сорбционных характеристик наноматериалов методом спектроскопии импеданса

Лабораторная работа 3. Получение тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами.

Лабораторная работа 4. получения тонких пленок и наноструктур магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок

Лабораторная работа 5. Исследование морфологических характеристик наноструктурированных материалов методом атомно-силовой микроскопии

Лабораторная работа 6. Исследование структуры наноматериалов методами рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа

Лабораторная работа 7. Исследование наноструктур методом просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии

Лабораторная работа 8. Исследование наноструктур методом Рамановской микроспектроскопии

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении лабораторных работ	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять лабораторные работы	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия и определения в науке о наносистемах и в нанотехнологии. Классификация наноматериалов по размерности (с примерами). Морфологическое многообразие нанодисперсных систем.
2. Аморфные и кристаллические материалы. Мезофазы. Классификация нанопористых и нанодисперсных материалов: по геометрическому строению. Классификация методов нанотехнологий.
3. Размерные эффекты и свойства нанобъектов. Особенности кристаллической и электронной структуры. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах: роль объема и поверхности – электростатические взаимодействия. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия.
4. Фазовые превращения в гомогенных средах. Классическая теория зародышеобразования. Кинетический контроль кристаллообразования.
5. Гетерогенное зародышеобразование. Особенности роста кристаллических частиц. Механизмы роста пленок.
6. Гетерогенные процессы формирования наноструктур. Химическое осаждение из растворов. Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов. Золь-гель синтез. Стадии.
7. Методы химической гомогенизации: пиролиз аэрозолей, сублимационная сушка (криохимическая технология), гидротермальный метод, сверхкритическая сушка (получение аэрогелей).
8. Шаблонный синтез (темплат-синтез). Виды темплатов. Основы темплатного метода получения наноматериалов. Обсуждение влияния различных темплатов на наноструктурирование и самосборку материалов.
9. Химическое, термическое и электродуговое, осаждение из газовой фазы и поликристаллические слои
10. Плазмохимическое, ионно- и электронно-лучевое осаждение наноструктур.
11. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Термодинамика самосборки и самоорганизации – термодинамические потенциалы.
12. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Молекулярно-лучевая эпитаксия (PVD). Химическое осаждение. Плёнки Ленгмюра-Блоджетт.
13. Полупроводниковые гетероструктуры. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии и механизмы роста пленок.
14. Подходы к получению 1D структур. ПЖК-метод.
15. Сканирующая зондовая микроскопия: принцип работы атомно-силового и туннельного микроскопа, возможности и ограничения. Методы зондовой нанотехнологии и создания наноструктур
16. Литографические методы – электронно-лучевая и ионно-лучевая литография, микросферная литография, нанолитография, мягкая литография.
17. Сканирующая электронная микроскопия: принцип работы, возможности и ограничения.
18. Просвечивающая электронная микроскопия, в том числе высокого разрешения
19. Дифракционные методы (рентгеновские, электронные, нейтронные) Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS, XPS)
20. Методы оптической микроскопии ближнего поля, инфракрасной и Рамановской микроспектроскопии: принципы работы, возможности и ограничения.

## Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.