

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

  
В.М. Иевлев  
*подпись, расшифровка подписи*

25.06.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.04.01 Контроль и экспертиза продукции  
производства наноматериалов**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Кострюков Виктор Федорович, доктор химических наук, доцент
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол №5 от 17.06.2021

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

---

**8. Учебный год:** 2023-2024

**Семестр(ы):** 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: формирование профессиональных компетенций, необходимых для реализации общепрофессиональной, производственной и научно-исследовательской деятельности

Задачи: приобретение студентами в рамках освоения материала знаний методов анализа материалов и наноматериалов; освоение справочной литературы и периодических изданий по тематике дисциплины; выработка навыков применения полученных знаний при экспертизе материалов и наноматериалов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения данной дисциплины, студент должен предварительно изучить следующие дисциплины: Математика; Физика; Общая и неорганическая химия. Данная дисциплина является предшествующей для следующих дисциплин: наноматериалы, нанотехнологии.

## 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-4	Способен проводить анализ сырья и компонентов, аттестацию производимых материалов по структуре и свойствам	ПК-4.1	Выполняет стандартные технологические операции для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции производства материалов	знать: стандартные технологические операции для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции производства материалов; уметь: выполнять стандартные технологические операции для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции производства материалов; владеть: навыками выполнения стандартных технологических операций для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции производства материалов;.
		ПК-4.2	Составляет протоколы аттестации материалов и отчеты о выполненной работе в соответствии с заданной формой	знать: основные требования, предъявляемые к протоколам аттестации материалов и отчетам о выполненной работе; уметь: протоколы аттестации материалов и отчеты о выполненной работе в соответствии с заданной формой; владеть: навыками составления протоколов аттестации материалов и отчетов о выполненной работе;.
ПК-5	Способен выбирать технические средства и методы испытаний материалов для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-5.1	Выбирает технические средства и методы испытаний	знать: технические средства и методы испытаний наноматериалов; уметь: применять технические средства и методы испытаний наноматериалов; владеть: навыками использования технических средства и методов испытания наноматериалов;.
		ПК-5.2	Подготавливает объекты	знать: основные требования к подготовке наноматериалов к испытаниям;

			испытаний и соответствующее оборудование	уметь: подготавливать наноматериалы к испытаниям с использованием соответствующего оборудования; владеть: навыками подготовки наноматериалов к испытаниям;.
		ПК-5.3	Оформляет необходимую документацию в соответствии с имеющимися требованиями	знать: основные требования к оформлению документации по итогам испытаний наноматериалов; уметь: подготавливать документацию по итогам испытаний наноматериалов; владеть: навыками подготовки документации по итогам испытаний наноматериалов;

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/72

Форма промежуточной аттестации – зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ семестра	№ семестра 3	...
Контактная работа					
в том числе:	лекции	36		36	
	практические	36		36	
	лабораторные				
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		36		36	
Промежуточная аттестация					
Итого:		108		108	

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п / п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1	Наноматериалы. Классификация и типы структур. Свойства наноматериалов.	Терминология. Основные этапы развития нанотехнологий. Основы классификации наноматериалов. Основные типы структур наноматериалов. Особенности поведения наноматериалов. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Примеры наноматериалов. Размерные зависимости свойств наноматериалов. Структура наноматериалов. Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Механические, физические и химические свойства наноматериалов.	-
2	Способы	Технология формования изделий из нанопорошков. Методы с	-

	получения объемных наноматериалов	использованием аморфизации. Технологические основы получение наноматериалов с использованием интенсивной пластической деформации. Методы получения наноматериалов с использованием порошковой металлургии.	
3	Способы получения наноматериалов с использованием технологий, основанных на химических и физических процессах	Технологии, основанные на физических процессах осаждения наноматериалов из паровой фазы: термическое испарение материалов, катодное и магнетронное распыление, ионное осаждение и ионное плакирование, ионная имплантация. Высокоскоростное газопламенное напыление, плазменное напыление, лазерное легирование и имплантация, лазерная аморфизация поверхности. Химическое осаждение наноматериалов из паровой фазы. Осаждение материалов с использованием плазмы тлеющего разряда. Световая и электронная литография. Осаждение из раствора металлоорганических соединений. Химическое и электрохимическое окисление.	
4	Контроль состава, структуры и физико-механических свойств наноматериалов	Влияние размера частиц на особенности их химических свойств и реакционную способность. Размерные эффекты: тривиальные (изменение термодинамических и кинетических свойств системы с уменьшением размера частиц); истинные (качественные преобразования свойств системы с увеличением дисперсности). Причины возникновения размерных эффектов. Влияние морфологии, структуры наночастиц на механические свойства. Влияние наноструктур на механические свойства нанокомпозитов. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкопленочном состоянии. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Интегральные методы определения размеров наночастиц. Седиментационный анализ. Методы рассеяния света: релеевское рассеяние, динамическое рассеяние. Рассеяние рентгеновского излучения. Метод Шерера. Определение и контроль элементного, структурного и фазового состава наноматериалов. Обзор основных методов и сравнение их возможностей.	
5	Биологическое действие наноматериалов	Понятие и задачи нанотоксикологии. История нанотоксикологии. Примеры острого и хронического действия высокодисперсной пыли. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии. Органы-мишени для наночастиц. Примеры токсического действия наночастиц металлов, углеродных наночастиц, полимерных наночастиц. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Ограничения на использование наноматериалов. Методы оценки безопасности наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами	
<b>2. Практические занятия</b>			
1	Наноматериалы. Классификация и типы структур. Свойства наноматериалов.	Терминология. Основные этапы развития нанотехнологий. Основы классификации наноматериалов. Основные типы структур наноматериалов. Особенности поведения объектов наномира. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Примеры наноматериалов. Размерные зависимости свойств наноматериалов. Структура наноматериалов. Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Механические, физические и химические свойства наноматериалов.	-
2	Способы получения объемных наноматериалов	Технология формования изделий из нанопорошков. Методы с использованием аморфизации. Технологические основы получение наноматериалов с использованием интенсивной пластической деформации. Методы получения наноматериалов с использованием порошковой металлургии.	-
3	Способы	Технологии, основанные на физических процессах осаждения	

	получения наноматериалов с использованием технологий, основанных на химических и физических процессах	наноматериалов из паровой фазы: термическое испарение материалов, катодное и магнетронное распыление, ионное осаждение и ионное плакирование, ионная имплантация. Высокоскоростное газопламенное напыление, плазменное напыление, лазерное легирование и имплантация, лазерная аморфизация поверхности.  Химическое осаждение наноматериалов из паровой фазы. Осаждение материалов с использованием плазмы тлеющего разряда. Световая и электронная литография. Осаждение из раствора металлоорганических соединений. Химическое и электрохимическое окисление.	
4	Контроль состава, структуры и физико-механических свойств наноматериалов	Влияние размера частиц на особенности их химических свойств и реакционную способность. Размерные эффекты: тривиальные (изменение термодинамических и кинетических свойств системы с уменьшением размера частиц); истинные (качественные преобразования свойств системы с увеличением дисперсности). Причины возникновения размерных эффектов. Влияние морфологии, структуры наночастиц на механические свойства. Влияние наноструктур на механические свойства нанокомпозитов. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкоплёночном состоянии. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Интегральные методы определения размеров наночастиц. Седиментационный анализ. Методы рассеяния света: релеевское рассеяние, динамическое рассеяние. Рассеяние рентгеновского излучения. Метод Шерера. Определение и контроль элементного, структурного и фазового состава наноматериалов. Обзор основных методов и сравнение их возможностей.	
5	Биологическое действие наноматериалов	Понятие и задачи нанотоксикологии. История нанотоксикологии. Примеры острого и хронического действия высокодисперсной пыли. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии. Органы-мишени для наночастиц. Примеры токсического действия наночастиц металлов, углеродных наночастиц, полимерных наночастиц. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Ограничения на использование наноматериалов. Методы оценки безопасности наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами	

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Наноматериалы. Классификация и типы структур. Свойства наноматериалов.	4	4		4	12
2	Способы получения объемных наноматериалов	6	6		6	18
3	Способы получения наноматериалов с использованием технологий, основанных на химических и физических процессах	8	8		8	24
4	Контроль состава, структуры и физико-механических свойств наноматериалов	12	12		12	36
5	Биологическое действие	6	6		6	18

наноматериалов				
Итого:	36	36	36	108

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

Для успешного освоения дисциплины, необходимо

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- подготовка рефератов с целью более детального изучения вопросов, рассматриваемых на лекциях;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с.
2	Рыжонков Д.И. Наноматериалы: / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 365 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Балоян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: – М.: 2007. – 125 с.
4	Валиев, Р. З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р. З. Валиев, И. В. Александров. – М. : Логос, 2000. – 272 с.
5	Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. проф. Л. Н. Патрикеева. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 134 с
6	Физические методы анализа материалов / Ю. К. Машков [и др.]. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2003. – 112 с.

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

№ п/п	Источник
7	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – научная электронная библиотека.
8	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ.

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

№ п/п	Источник

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

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

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

Ноутбук, мультимедийный проектор, экран

#### 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.	Нanomатериалы. Классификация и типы структур. Свойства наноматериалов.	ПК-4 ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Реферат
2.	Способы получения объемных наноматериалов	ПК-4 ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Реферат
3.	Способы получения наноматериалов с использованием технологий, основанных на химических и физических процессах	ПК-4 ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Реферат
4.	Контроль состава, структуры и физико-механических свойств наноматериалов	ПК-4 ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Реферат
5.	Биологическое действие наноматериалов	ПК-4 ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Реферат
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов

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

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Темы рефератов:

1. Термическое испарение материалов.
2. Катодное распыление материалов.
3. Магнетронное распыление материалов.
4. Ионное осаждение материалов.
5. Ионная имплантация.
6. Высокоскоростное газопламенное напыление.
7. Плазменное напыление.
8. Лазерное легирование и имплантация.
9. Лазерная аморфизация поверхности.
10. Химическое осаждение наноматериалов из паровой фазы.
11. Осаждение материалов с использованием плазмы тлеющего разряда.

12. Световая и электронная литография.
13. Осаждение из раствора металлоорганических соединений.
14. Химическое и электрохимическое окисление.
15. Молекулярные композиты.
16. Полимерные нанокомпозиты.
17. Слоистые нанокомпозиты.
18. Нанокомпозиты с сетчатой структурой.
19. Нанокомпозиты, содержащие металлы или полупроводники.
20. Нанопористые материалы.

### **Описание технологии проведения.**

Рефераты оформляются в печатном (или электронном) виде. Основные положения реферата зачитываются на практических занятиях с возможностью конспектирования наиболее существенных моментов. Время, отводимое на устный доклад около 20-30 минут.

### **Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания).**

Реферат оценивается по глубине раскрытия темы.

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету.

### **Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ:**

---

1. Классификация наноматериалов.
2. Основные типы структур наноматериалов.
3. Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх».
4. Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».
5. Размерные зависимости свойств наноматериалов.
6. Характеристики дисперсности наноматериалов.
7. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.
8. Механические свойства наноматериалов.
9. Физические и химические свойства наноматериалов.
10. Химические свойства наноматериалов.
11. Методы получения наноматериалов с использованием порошковой металлургии.
12. Технология формования изделий из нанопорошков.
13. Методы получения наноматериалов с использованием аморфизации.
14. Получение наноматериалов с использованием интенсивной пластической деформации.
15. Термическое испарение материалов.
16. Катодное распыление материалов.
17. Магнетронное распыление материалов.
18. Ионное осаждение материалов.
19. Ионная имплантация.
20. Высокоскоростное газопламенное напыление.
21. Плазменное напыление.
22. Лазерное легирование и имплантация.
23. Лазерная аморфизация поверхности.
24. Интенсивная пластическая деформация поверхностного слоя.
25. Химическое осаждение наноматериалов из паровой фазы.
26. Осаждение материалов с использованием плазмы тлеющего разряда.
27. Световая и электронная литография.
28. Осаждение из раствора металлоорганических соединений.
29. Химическое и электрохимическое окисление.
30. Молекулярные композиты.
31. Полимерные нанокомпозиты.
32. Слоистые нанокомпозиты.
33. Нанокомпозиты с сетчатой структурой.
34. Нанокомпозиты, содержащие металлы или полупроводники.



- 
35. Нанопористые материалы.
  36. Исследование размерных характеристик.
  37. Использование электронной микроскопии при исследовании наноматериалов.
  38. Определение элементного, структурного и фазового состава.
  39. Рентгеноструктурные методы анализа наноматериалов.
  40. Изучение физико-механических свойств наноматериалов.
  41. Понятие и задачи нанотоксикологии. История нанотоксикологии.
  42. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии. Органы-мишени для наночастиц.
  43. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Ограничения на использование наноматериалов.
  44. Методы оценки безопасности наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами

#### Описание технологии проведения.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 40 минут. При выставлении итоговой оценки по промежуточной аттестации учитывается активность и успешность работы студента на этапах текущего контроля успеваемости.

#### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания.

Оценка “зачтено” ставится при условии выполнения заданий по обоим вопросам КИМ. Полнота ответа по каждому вопросу считается достаточной, если раскрыта суть вопроса, без объяснения несущественных деталей.

Оценка “незачтено” ставится при отсутствии выполнения заданий хотя бы одного из двух вопросов КИМ. Или при частичном выполнении заданий по обоим вопросам КИМ, но без раскрытия их основной сути.