

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем

 В.М. Иевлев

20.06.2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.14 Нанотехнологии

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

*04.03.02 – Химия, физика и механика материалов*

2. Профиль подготовки/специализация:

---

3. Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

4. Форма обучения: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *материаловедения и индустрии наносистем*

6. Составители программы: *Сладкопевцев Борис Владимирович, кандидат химических наук*

7. Рекомендована: *Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 24.05.2018*

8. Учебный год: *2021/2022*

Семестр(ы): *7*

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Сформировать у студентов систему представлений о современном состоянии нанотехнологий; об основных технологиях, используемых в настоящее время и перспективных для получения наноразмерных объектов, а также о перспективах их использования в различных областях человеческой деятельности.

В результате освоения курса студенты должны получить представление о связи курса с другими дисциплинами, о его месте среди других дисциплин для данного направления подготовки; иметь представление о возможностях нанотехнологий на современном этапе развития и об их перспективах в будущем. Знать основные понятия и определения предмета, сущность и возможности основных методов исследования, применяющихся при изучении наносистем, основных методов и подходов, использующихся в современных технологиях получения наноразмерных систем.

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1, вариативная часть;

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах, изученных студентами ранее:

- Физика
- Общая и неорганическая химия
- Микроскопические методы исследования структуры материалов
- Спектроскопические методы исследования материалов

Данная дисциплина является предшествующей дисциплинам «Наноматериалы», «Тонкие пленки и гетероструктуры». Параллельно с данным курсом студенты осваивают дисциплину «Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов».

### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-5	Способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук	<b>знать:</b> основные понятия и принципы нанотехнологий; современное состояние развития нанотехнологий в мире и нашей стране; перспективы использования нанотехнологий. <b>уметь:</b> описывать процессы научно-технического развития нанотехнологий. <b>владеть:</b> навыками постановки и решения конкретных задач синтеза наноматериалов; техникой получения современной информации по развитию нанотехнологий в мире и нашей стране
ПК-1	Способность использовать основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований по выбранному профилю программы	<b>знать:</b> классификацию методов нанотехнологий и возможности каждого из методов, используемых в настоящее время для синтеза наноразмерных объектов; принципы управления нанотехнологическими процессами; сущность и возможности основных методов исследования, применяющихся при изучении наносистем. <b>уметь:</b> использовать полученные знания для реализации процессов синтеза наноразмерных объектов (в первую очередь в тонкоплёночном состоянии) и исследования их основных характеристик.

		<b>владеть:</b> навыками использования современных нанотехнологий и основных методов исследования наноразмерных объектов
--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 4/144.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) – зачёт с оценкой.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр	8 семестр	...
Аудиторные занятия	72	72		
в том числе: лекции	36	36		
практические	36	36		
лабораторные	–	–		
Самостоятельная работа	72	72		
Форма промежуточной аттестации (зачет с оценкой)	0	0		
Итого:	144	144		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Основные понятия нанотехнологии	Основные понятия дисциплины, нанотехнологии, наноматериалы. История становления и развития нанотехнологии. Создание объектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Эффекты нанометрового масштаба
1.2	Обзор методов исследования и диагностики нанообъектов и наносистем	Общая классификация методов исследования применительно к наносистемам. Аналитические методы и способы визуализации. Методы микроскопии. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Конфокальная микроскопия. Сканирующие зондовые методы. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), туннельный эффект. Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Другие сканирующие зондовые методы - микроскопия латеральных сил, магнитно-силовая микроскопия, микроскопия электростатических сил, сканирующая термомикроскопия.
1.3	Основы нанотехнологий	Классификация методов. Сложившиеся и перспективные технологии. Процессы «сверху вниз» для получения наносистем: измельчение, литография, механическая обработка, их особенности в применении к наноразмерным объектам. Процессы «снизу вверх». Методы осаждения из газовой фазы (физическое и химическое осаждение из газовой фазы ФОГФ и ХОГФ). Плазменное осаждение – тлеющий разряд постоянного тока. Магнетронное распыление в создании наноразмерных сверхпроводниковых структур. Вакуумная дуговая наплавка. Молекулярно-лучевая эпитаксия, металлорганическая

		газофазная эпитаксия. Эпитаксиальное выращивание квантовых ям. Выращивание на краю скола. Методы шаблонного роста наноматериалов: получение золь-гель методом кремниевых нанотрубок; кристаллические цеолиты как реакторы для получения наночастиц; рост в самособирающихся мембранах. Упорядочение наносистем. Самосборка и самоорганизация (геометрическая самосборка, шаблонная самоорганизация, самособирающиеся слои, самоорганизованный рост квантовых точек, полупроводниковые островковые структуры, монослои). Зондовые нанотехнологии.
1.4	Перспективы использования нанотехнологий	Обзор основных направлений и отраслей использования нанотехнологий. Перспективы развития нанотехнологий.
1.5	Нанотехнологии и человеческое общество	Социальные последствия внедрения нанотехнологий. Изменения в системе образования и подготовки научных кадров. Развитие нанотехнологий в мировом масштабе.
1.6	Российские нанотехнологии	Перечень критических технологий Российской Федерации. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Нанотехнологическое общество России, ОАО РОСНАНО: цели и задачи. Периодические издания, публикующие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области наноинженерии. Журнал «Российские нанотехнологии». Русскоязычные интернет-ресурсы, посвящённые нанотехнологиям. Нанотехнологическое сообщество «Нанометр» <a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> .
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Основные понятия нанотехнологий	Основные понятия и этапы развития нанотехнологий.
2.2	Обзор методов исследования и диагностики нанообъектов и наносистем	Спектроскопические методы в приложении к исследованию наносистем. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ). Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).
2.3	Основы нанотехнологий	Жидкофазные методики. Получение коллоидных квантовых точек. Методы золь-гель. Электроосаждение.
2.4	Перспективы использования нанотехнологий	<i>В промышленности</i> - создание новых типов двигателей. Создание новых конструкционных материалов (сверхлегких и сверхпрочных, а также «умных»). Магнитные материалы. Катализаторы. <i>В информатике</i> - повышение производительности систем передачи, обработки и хранения информации. Оптические запоминающие устройства на основе квантовых точек. Создание устройств с приближением возможностей к свойствам объектов живой природы с элементами интеллекта. <i>В электронике и оптоэлектронике</i> - наноразмерные сверхпроводниковые структуры. Электронные элементы на основе высокотемпературных сверхпроводников: датчики магнитного поля, ИК-излучения болометрического типа. Нанополупроводники на основе УНТ: диоды, полевой транзистор, холодные катоды. Полупроводящие наноструктуры: инжекционные лазеры, квантовые каскадные лазеры, биологические метки. Влияние нанотехнологий на традиционную электронику. Оптические нанополупроводники. Светоперестраиваемые диоды. Лазерные устройства с регулируемой длиной волны за счёт размера нанокластера (квантовые точки). Нанокластеры InGaAs в матрице GaAs. <i>В энергетике</i> – повышение эффективности существующего оборудования. Проблемы альтернативной энергетики: топливные элементы, материалы для адсорбции и хранения водорода. <i>В медицине и биологии</i> - высокоэффективные нанопрепаративные формы и адресные способы доставки

		<p>лекарственных средств. Проблемы борьбы с раковыми заболеваниями. Создание биосовместимых материалов и искусственных органов. Макро-, микро- и нанотехнологии миокарда. Биочипы. Биомедицинские наносенсоры и бионаносенсоры. Внутрисосудистые нано- и микророботы. Биомиметические нанотехнологии. ДНК как строительный материал нанотехнологий.</p> <p><i>В экологии</i> - фильтры и мембраны на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха. Опреснение воды. Биодатчики для точного мониторинга окружающей среды.</p> <p><i>В сельском хозяйстве</i> - создание препаратов для повышения урожайности и питательной ценности с/х культур. Развитие методов генетической модификации для создания более устойчивых к сорнякам и вредителям сортов растений</p> <p>Наноматериалы в косметической промышленности</p>
2.5	Нанотехнологии и человеческое общество	<p>Коммерциализация результатов нанотехнологических исследований.</p> <p>Вопросы безопасности наносистем.</p>
2.6	Российские нанотехнологии	Текущее состояние развития нанотехнологий в Российской Федерации

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия нанотехнологии	4	2	–	6	12
2	Обзор методов исследования и диагностики нанообъектов и наносистем	6	10	–	16	32
3	Основы нанотехнологий	16	8	–	24	48
4	Перспективы использования нанотехнологий	4	12	–	18	34
5	Нанотехнологии и человеческое общество	2	2	–	4	8
6	Российские нанотехнологии	4	2	–	4	10
	Итого:	36	36	–	72	144

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

В процессе изучения дисциплины предполагается: работа с конспектами лекций и литературными источниками; решение контрольных работ; подготовка и защита рефератов, оппонирование, подготовка кратких сообщений. Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9959>

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Мартин-Пальма Р. Нанотехнологии. Ударный вводный курс : [учебное пособие] / Р. Мартин-Пальма, А. Лахтакия ; пер. с англ. Е.Г. Заболоцкой ; пер. А.В. Заболоцкого. – Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014. – 206 с.
2.	Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина и В. В. Уточниковой ; под ред. Ю. Д. Третьякова и Е. А. Гудилина. — Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 463 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е., испр. – Москва : Физматлит, 2007. – 414 с.
4.	Пул Ч. П. Нанотехнологии : учеб. пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина; доп. В. В. Лучинина. – 2-е изд., доп. – Москва : Техносфера, 2006. – 334 с.
5.	Суздаев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. – Москва : КомКнига, 2006. – 589 с.
6.	Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 527 с.
7.	Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна под ред. Л.Н. Патрикеева. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с.
8.	Лич Р. Инженерные основы измерений нанометровой точности : [учебное пособие] / Р. Лич ; пер. с англ. А. В. Заболоцкого. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – 399 с.
9.	Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю. А. Чаплыгина. – Москва : Техносфера, 2005. – 446 с.
10.	Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер ; пер. с англ. А. Хачояна. – Москва : Техносфера, 2008. – 349 с.
11.	Рамбиди Н. Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры / Н. Г. Рамбиди. – Москва : Физматлит, 2007. – 255 с.
12.	Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. Неволин. – Москва : Техносфера, 2005. – 147 с.
13.	Рыков С. А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Техн. физика" / С.А. Рыков; Под ред. В. И.Ильина и А. Я.Шика. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – 52 с.
14.	Российские нанотехнологии : журнал
15.	Наноиндустрия : журнал, рекламно-издательский центр "Техносфера"
16.	Nano Letters : scientific journal, American Chemical Society

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

№ п/п	Ресурс
17.	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
18.	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> – Научная электронная библиотека. Поиск по рефератам и полным текстам статей, опубликованных в российских и зарубежных научно-технических журналах.
19.	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»
20.	<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a> - новости нанотехнологий, информационно-аналитическое издание, посвященное вопросам популяризации и развития нанотехнологий в РФ
21.	<a href="http://www.rusnanonet.ru/">http://www.rusnanonet.ru/</a> - информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Наноматериалы: синтез нанокристаллических порошков и получение компактных нанокристаллических материалов : учебное пособие для вузов / И. Я. Миттова, Е. В. Томина, С. С. Лаврушина ; Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2007. – 35 с.
2.	Практикум синтез и исследование нанодисперсных систем [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4 к. дней. отд-ния хим. фак., для направления 020300 - Химия, физика и механика материалов] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: Е. В. Томина и др.]. – Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9959>

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

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Для чтения лекций в связи с наличием огромного количества иллюстративного материала необходимо использование мультимедийного оборудования: проектор, ноутбук и экран

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-5	Знать: основные понятия и принципы нанотехнологий; современное состояние развития нанотехнологий в мире и нашей стране; перспективы использования нанотехнологий.	Основные понятия нанотехнологии; Перспективы использования нанотехнологий	Устный опрос; защита рефератов
	Уметь: описывать процессы научно-технического развития нанотехнологий	Нанотехнологии и человеческое общество;	Защита рефератов
	Владеть: навыками постановки и решения конкретных задач синтеза наноматериалов; техникой получения современной информации по развитию нанотехнологий в мире и нашей стране	Основы нанотехнологий; Нанотехнологии и человеческое общество; Российские нанотехнологии	Устный опрос
ПК-1	Знать: классификацию методов нанотехнологий и возможности каждого из методов, используемых в настоящее время для синтеза наноразмерных объектов; принципы управления нанотехнологическими процессами; сущность и возможности основных методов исследования, применяющихся при изучении наносистем.	Обзор методов исследования и диагностики нанобъектов и наносистем; Основы нанотехнологий	Контрольная работа №1
	Уметь: использовать полученные знания для реализации процессов синтеза наноразмерных объектов (в первую очередь в тонкоплёночном состоянии) и исследования их основных характеристик.	Основы нанотехнологий	Устный опрос
	Владеть: навыками использования современных нанотехнологий и основных методов исследования наноразмерных объектов	Обзор методов исследования и диагностики нанобъектов и наносистем; Основы нанотехнологий	Устный опрос

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

### Пример:

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

владение понятийным аппаратом и основными принципами нанотехнологий (теоретическими основами дисциплины), знать современное состояние развития нанотехнологий в мире и нашей стране, а также перспективы использования нанотехнологий;

способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

способность применять теоретические знания для решения практических задач современных нанотехнологий (иметь навыки постановки и решения конкретных задач синтеза и исследования наноматериалов).

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>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 решения практических задач в области нанотехнологий; знает современное состояние развития нанотехнологий в мире и нашей стране, перспективы использования нанотехнологий в различных отраслях.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен использовать полученные знания для решения практических задач современных нанотехнологий, допускает отдельные ошибки при выборе методов синтеза и исследования наноразмерных объектов</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен описать конкретные методы синтеза и исследования наноразмерных объектов, не умеет применять в полной мере полученные знания для выбора конкретного метода синтеза и исследования наноразмерного объекта. Не умеет ....</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

## 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Понятие нанотехнологий. Научные основы и объекты нанонауки и нанотехнологии
2. Создание наноразмерных объектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх»
3. Общая классификация методов исследования применительно к наносистемам
4. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов
5. Сканирующие зондовые методы, принципы работы и области применения
6. Туннельный эффект. Сканирующая туннельная микроскопия

7. Атомно-силовая микроскопия, принцип работы и возможности применения
8. Микроскопия латеральных сил, магнитно-силовая микроскопия и сканирующая термомикроскопия – основные принципы и возможности применения
9. Литография. Виды и основные принципы метода
10. Измельчение, литография, механическая обработка: особенности в применении для синтеза наноразмерных объектов
11. Сфокусированные ионные пучки и высокоинтенсивные лазеры в формировании трёхмерных структур
12. PVD-процесс, его основные этапы. Технологии PVD-процессов
13. Методы осаждения из газовой фазы (физическое и химическое осаждение из газовой фазы)
14. Методы плазменного осаждения – тлеющий разряд постоянного тока и магнетронное распыление
15. Молекулярно-лучевая эпитаксия: принципы метода и возможности
16. Металлорганическая газофазная эпитаксия
17. Методы шаблонного роста наноматериалов
18. Зондовые нанотехнологии: примеры и возможности
19. Жидкофазные методики. Получение коллоидных квантовых точек. Золь-гель технология
20. Упорядочение наносистем. Самосборка и самоорганизация
21. Перспективы использования нанотехнологий в электронике и оптоэлектронике  
Нанотехнологии в электронике: устройства на основе углеродных нанотрубок (диоды, полевой транзистор, холодные катоды)
22. Перспективы использования нанотехнологий в промышленности
23. Перспективы использования нанотехнологий в энергетике
24. Перспективы использования нанотехнологий в медицине и биологии
25. Безопасность наносистем
26. Социальные последствия внедрения нанотехнологий. Развитие нанотехнологий в мировом масштабе

### **19.3.2 Перечень практических заданий**

### **19.3.4 Тестовые задания**

### **19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ**

1. Понятие «нанотехнологии». Создание объектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх», примеры методов.
2. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Проблемы применения оптических методов для исследования нанообъектов.
3. Конфокальная сканирующая микроскопия – принцип метода и возможности.
4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ) – принцип метода, применение.
5. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) – принцип метода, возможности.
6. Сканирующие зондовые методы. Принципы работы. Примеры методов. Области применения
7. Туннельный эффект, сканирующая туннельная микроскопия (СТМ)
8. Принцип работы туннельного микроскопа.
9. Зонды для СТМ, требования к ним. Методы подготовки.
10. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) – принцип и режимы работы.
11. Сравнение возможностей методов АСМ и СТМ.
12. Другие сканирующие зондовые методы (помимо АСМ и СТМ)

### **19.3.5 Темы курсовых работ**

### **19.3.6 Темы рефератов**

1. Новые подходы к хранению и передаче информации с использованием нанотехнологий
2. Квантовые компьютеры: принципы, материалы и перспективы развития
3. Перспективы использования нанотехнологий в оптоэлектронике
4. Нанотехнологии в решении проблем производства энергии

5. Молекулярная электроника
6. Нанотехнологии в медицине: настоящее и будущее
7. Нанотехнологии в решении экологических проблем
8. Перспективы использования нанотехнологий в сельском хозяйстве
9. Наноматериалы в косметической промышленности
10. Наномашины и наноприборы
11. Коммерциализация результатов нанотехнологических исследований
12. Нанотехнологии в решении проблем хранения энергии
13. Нанотоксикология
14. Наномеханические инструменты
15. Инженерная нанометрология
16. Радиационно-химические нанотехнологии
17. Риски, связанные с развитием нанотехнологий
18. Проблемы стандартизации в области нанотехнологий
19. «Фантастические» проекты нанотехнологий
20. Развитие нанотехнологий в России

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа), защиты рефератов; письменных работ (контрольная работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.