

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

13.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

М.1.2.2 Нанотехнологии

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

22.04.01 Материаловедение и технология материалов

Квалификация выпускника

Магистр

(бакалавр/магистр/специалист)

Программа магистратуры

Материаловедение, процессы получения и переработки
неорганических порошковых и композиционных
материалов

Курс 2
Семестр 4

Распределение учебного времени

| | | |
|--------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Трудоемкость по учебному плану | 180 / 5 | часов/зачетных единиц |
| Лекции | 20 | часов |
| Лабораторные работы | - | часов |
| Практические занятия | 30 | часов |
| Иная контактная работа | - | часов |
| Всего контактной работы (без учета экз.) | 50 | часов |
| Контактная работа по экзамену | - | часов |
| Курсовой проект (работа) | - | семестр |
| Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.) | 130 | часов |
| Самостоятельная работа по подготовке к экзамену | - | часов |
| Экзамен | - | семестр |
| Зачет | - | семестр |
| БРК, ДЗ | 4 | семестр |

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 22.04.01 Материаловедение и технология материалов

Программу составили:

| | | | |
|--------------------------------------------|-----------|-------------|----------------|
| доцент с ученой степенью кандидата наук | МиМ | СОГЛАСОВАНО | Н.А. Крутских |
| (должность) | (кафедра) | | (И.О. Фамилия) |

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра машиностроения и материаловедения

| | | | |
|------------------------|-------------|----------------|--|
| (наименование кафедры) | | | |
| 09.01.2025 | протокол № | 6 | |
| (дата) | | | |
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО | С.Я. Алибеков | |
| | | (И.О. Фамилия) | |

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

| | | |
|---------------------|-------------|----------------|
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО | С.Я. Алибеков |
| | | (И.О. Фамилия) |

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

| | |
|-------------|----------------|
| СОГЛАСОВАНО | Д.В. Костромин |
| | (И.О. Фамилия) |

Эксперт(ы): Копылов Владимир Иванович, генеральный директор ООО Объединение
«Родина»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2025 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ПК-3 Способен проектировать и разрабатывать продукцию из наноматериалов, керамик, сплавов и композитов, а также разрабатывать технологическую оснастку для их изготовления | ПК-3.1 Анализирует результаты испытаний и изменений, проверяет параметры, полученных образцов на соответствие требованиям, описанным в техническом задании. | знания: Знать методы испытаний и измерений параметров образцов в соответствии с техническим заданием. умения: Знать методы испытаний и измерений параметров образцов в соответствии с техническим заданием. навыки: Иметь навыками проведения испытаний образцов в соответствии с техническим заданием. |
| | ПК-3.2 Вносит предложения по проектированию нового технологического процесса. | знания: Иметь знания по проектированию технологического процесса образцов наноматериалов. умения: Уметь разрабатывать технологический процесс переработки наноматериалов. навыки: Имеет навыки разработки технологических процессов производства изделий с использованием наноматериалов. |
| | ПК-3.3 Формулирует рекомендации по изменению состава, структуры материалов, а также режимов и способов их обработки. | знания: Иметь знания по изменению состава материала. умения: Умеет разрабатывать режимы и способов обработки. навыки: Имеет навыки подбора режимов обработки. |
| 2. ПК-4 Способен проводить исследования и испытания образцов основных, вспомогательных и расходных материалов с применением и внедрением новых методик контроля | ПК-4.1 Организует процесс изготовления и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании. | знания: Знать методы получения образцов из наноматериалов. умения: Уметь испытывать образцы из наноматериалов на испытательном оборудовании. навыки: Владеет методиками испытания образцов из наноматериалов на микротвердость. |
| | ПК-4.2 В зависимости от свойств исходных материалов и наноматериалов (сырья) корректирует значения рабочих параметров операций контроля, измерения и испытания и проводит настройки лабораторного оборудования. | знания: Знать методы изменения свойств наноматериалов. умения: Уметь настраивать лабораторное оборудование для измерения свойств нанопорошков. навыки: Имеет навыки настройки испытательного и лабораторного оборудования. |

| | | |
|--|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ПК-4.3 Анализирует результаты измерений и испытаний. | знания: Знать методы измерений параметров нанопорошков. умения: Умеет проводить измерения параметров наноматериалов. навыки: Владеет навыками измерений и испытаний наноматериалов. |
|--|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Методология выбора материалов и технологий в промышленности (ПК-3), Теория и технология процессов производства керамики и огнеупоров (ПК-3), Технологии керамики, огнеупоров и стекла (ПК-3), Методы исследования материалов (ПК-4); практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-4)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих практиках: Преддипломная практика (ПК-3), Преддипломная практика (ПК-4); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-4)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: классическая лекция, лекция с элементами мозгового штурма, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4 семестр

| Виды и темы занятий | Количество часов | Формируемые компетенции |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Нанотехнологии | 180 | ПК-3, ПК-4 |
| Лекция. Понятие о наноразмерных структурах, способах и методах исследования наноструктур. | 3 | |
| Лекция. Электронная просвечивающая и сканирующая микроскопия. | 2 | |
| Лекция. Зондовая микроскопия наноматериалов. | 2 | |
| Лекция. Объемные наноматериалы, методы получения объемных наноматериалов. | 3 | |
| Лекция. Получение наноматериалов и нанопорошков. | 4 | |
| Лекция. Методы поверхностного наноструктурирования. | 3 | |
| Лекция. Методы нанообработки. | 3 | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Практическое занятие. Наноструктуры, углеродные наноструктуры. | 3 |
| Практическое занятие. Принципы и устройства наноперемещений. | 3 |
| Практическое занятие. Компактирование нанопорошков. | 2 |
| Практическое занятие. Методы интенсивной пластической деформации. | 3 |
| Практическое занятие. Кристаллизация аморфных сплавов. | 3 |
| Практическое занятие. Нанесение тонких пленок электролитическим осаждением. | 2 |
| Практическое занятие. Физическое и химическое осаждение покрытий. | 3 |
| Практическое занятие. Поверхностное наноструктурирование методом термической диффузии. | 3 |
| Практическое занятие. Метод ионной имплантации. Нанополирование. | 3 |
| Практическое занятие. Лезвийная нанообработка объемных изделий. | 2 |
| Практическое занятие. Наношлифование, лазерная нанообработка. Электроэрозионная обработка. | 3 |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение 1) Повторение пройденного лекционного материала, подготовка к практическим занятиям; 2) Самостоятельная проработка темы "Технологии получения нанопорошков"; 3) Написание доклада по темам преподавателя. | 130 |
| Иная контактная работа: | 0 |

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности. **Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины. Оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает подготовку доклада.
Периодичность проведения формы текущего контроля успеваемости система оценивания

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является балльно-рейтинговый контроль.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

| №№ п/п | Список используемой литературы | Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ | | |
| 1. | Раков, Эдуард Григорьевич. Неорганические наноматериалы: учебное пособие [для студентов вузов по специальности "Химическая технология материалов современной энергетики"] / Э. Г. Раков. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 г. - 477 с. | 30 |
| 2. | Наноструктурные материалы / под ред. Р. Ханнинка, А. Хилл ; пер. с англ. А. А. Шустикова под ред. Н. И. Бауровой. - М.: ТЕХНОСФЕРА, 2009 г. - 487 с. | 20 |
| 3. | Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е, испр.. - М.: Физматлит, 2009 г. - 414 с. | 10 |
| 4. | Нанотехнологии: азбука для всех / [Н. С. Абрамчук и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - Изд. 2-е, испр. и доп.. - М.: Физматлит, 2010 г. - 366 с. | 8 |
| 5. | Наноструктурные материалы [Электронный ресурс] : научное издание. Москва: Техносфера, 2009. - 488 с. ISBN 978-5-94836-221-2. | http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73019 |
| ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ | | |
| 1. | Справочно-правовая система Консультант+ | http://www.consultant.ru |
| 2. | Информационно-правовой портал Гарант | http://www.garant.ru |
| 3. | Профессиональные справочные системы Техэксперт | http://www.cntd.ru |

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

| №№ п/п | Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации | Перечень основного оборудования | Программное обеспечение |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 223 (I) | Индикатор 12.5.0.001 эл. (1), Индикатор 1DN-FGA-K2 силоизмерительный с вст. датчиком на 2 кгс (1), Микрометр 0-25/0.001 зубомерный (1), Микрометр 0- 25/0.001 эл. упрощенный (1), МИКРОСКОП БМИ-1Ц (1), | Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ- |

| | | | |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>Монитор 19"Samsung 943N(KSB) TFT (1), Мотор -редуктор 7SDGC-10G/P18 (1), МФУ i-SENSYS MF4018 Canon (1), Нутромер 2т. 5-30/0,01 (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX 78 (1), ПРОФИЛОГРАФ-ПРОФИЛ. (1), ПРОФИЛОМЕТР (1), Систем.блок AMD X2 6000/1024Mb*2/250Gb/GF8500GT/FDD/DVD-RW/клав.мышь.ковр. (1), Стенд для экспрессконтроля коэффициента трения (1), Установка для исследований антифрикционных свойств (1), Штангенциркуль 200/0.01 эл. (1), Экран настенный рулонный 180x180 см Braun RollVision (1), Комплект учебной мебели (1)</p> | <p>Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач</p> |
| 2. | 141a (I) | <p>Весы лабораторные EL-600 (2), Весы лабораторные ВК-300 (1), Вискозиметр ВЗ-246 (1), Колонки SVEN 2.0 STREAM Mega R (1), Комплект кодотран материаловедени (1), Комплект кодотран основы метролог (1), Комплект кодотран. литейное произ (1), Компьютер AMDX2 4200/4Gb/250Gb/DVD-RW/FDD/Монитор 17"Samsung клв.мышь (1), МИКРОСКОП МЕТАМ РВ-22 (1), Ноутбук Lenovo (G500) 15,6" HD (1), Оверхед-проектор Medium портативный (1), ПЕЧЬ МУФЕЛЬНАЯ ПМ-8 (1), ПЕЧЬ МУФЕЛЬНАЯ СНОЛ 8,2/1100 (2), Печь муфельная СНОЛ-6,7/1300 (1), Принтер лазерн. Херох 3122 (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX93 (1), Станок шлифовально-полировальный ШЛИФ-2М-V (1), СТИЛОСКОП СЛ-13 (1), Стол лабораторный СЛМ-1Н (1), Стол химический пристенный СХП -2Н (1), Термодат-11МЗ /4УВ/4Р регулятор температуры (1), Термодат-25У1-РМ /8У/8С/ВР регулятор температуры (1), Толщиномер Константа К-5 (1), Толщиномер покрытий ТТ100 (1), Универсальный измеритель-</p> | <p>Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач</p> |

| | | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | регулятор ТРМ138Р (1), Установка для индукционного нагрева металла i-Ductor (1), ШКАФ ВЫТЯЖНОЙ (1), Щит управления (1714,4) (1), Экран настенный рулонный 200х200 см (1), Комплект учебной мебели (1) | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

| Уровень сформированности элементов компетенции | Критерии оценивания | Шкала оценивания |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Пороговый уровень | Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий. | удовлетворительно |
| Продвинутый уровень | Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения | хорошо |
| Высокий уровень | Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ | отлично |

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по

накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. К наночастицам (нанопорошкам) относится частица, геометрический размер которой измеряется ...
А) от 0,1 до 100 нм Б) от 1 до 100 мкм
В) от 1 до 1000 нм Г) от 0,01 до 1 мкм
2. Каким словом можно характеризовать термины «нанопорошки» и «ультрадисперсные порошки»?
А) враги Б) антонимы В) синонимы Г) родственники
3. Должны ли обладать материалы, имеющими в своей основе наноструктурные элементы качественно новыми прочностными, служебными и эксплуатационными свойствами?
А) да, независимо от процентного содержания Б) нет
В) да, в зависимости от процентного содержания Г) частично
4. Технология создания наноструктур «снизу-вверх» основаны на ...
А) на превращении поверхностного слоя материала в наноструктуру
Б) на нанесении нанопленок на поверхности деталей
В) сборке наноизделий из атомов и молекул
Г) на объемном пластическом деформировании объемных материалов
5. Измерения с наноразмерной погрешностью это измерения линейные и угловые с погрешностью ...
А) 0,1 мкм Б) 1 мкм В) менее 10 нм Г) 100 нм
6. Электронный просвечивающий микроскоп работает на принципе ...
А) проходящих электронов Б) отраженных световых лучей
В) поглощенных электронов Г) отраженных электронов
7. На электронном просвечивающем микроскопе изучаются структуры ...
А) металлов и сплавов Б) аморфных сплавов
В) композитных материалов Г) материалов, слабо поглощающие электричество
8. На растровом (сканирующем) электронном микроскопе определяется химический состав поверхностного слоя исследуемого материала методом регистрации ...
А) регистрация вторичных электронов Б) регистрация отраженных электронов
В) рентгеновского излучения Г) детектором спектрометрии
9. Способ движения зонда электронного зондового микроскопа над исследуемой поверхностью по

способу постоянного расстояния предполагает ...

А) поддержание зонда на постоянной высоте

Б) движение зонда по спирали

В) нахождение зонда в одной точке

Г) поддержание постоянного расстояния между зондом и поверхностью

10. Результатом исследований материалов на электронном зондовом микроскопе является изображение ...

А) химический состав материала Б) голографии

В) топографии поверхности Г) микротвёрдость материала

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Вопросы, выносимые на БРК

1. Что такое наноматериалы?
2. Принцип работы электронного просвечивающего микроскопа.
3. По какому принципу происходит исследование массовых образцов на растровом электронном микроскопе.
4. Что представляет собой электронная пушка (излучатель электронов)?
5. Что понимается под физическим контактом зонда с исследуемой поверхностью в сканирующем зондовом микроскопе?
6. На каком принципе работает сканирующем туннельный микроскоп?
7. Можно ли исследовать поверхность образца, не проводящего ток на сканирующем туннельном микроскопе?
8. Что представляет собой кантилевер, используется в атомно-силовом микроскопе.
9. Наноинденцифирование поверхности; принцип работы нанотвердомеров.
10. Формы существования углерода: что такое фуллерены?
11. Технология получения фуллеренов; перспективы применения фуллеренов.
12. Технологии получения углеродных нанотрубок, устройство нанотрубок.
13. Дайте определение нанопорошков, где используются нанопорошки.
14. Физико-химические методы получения нанопорошков.
15. Физические методы получения нанопорошков.
16. Объемные наноматериалы; методы комплектования.
17. Получение объемных наноматериалов методами интенсивной пластической деформации.
18. Получение объемных наноматериалов контролируемой кристаллизацией аморфных сплавов.
19. Получение изделий из наноструктурированных материалов методом стереолитографии.
20. Области применения наноматериалов; зависимость прочности и износостойкости от размера

зерна.

21. Нанесение тонких наноструктур (нанопокровов) электролитическим осаждением.
22. Получение поверхностных наноструктур химическим осаждением.
23. Физические методы нанесения покрытий; ионноплазменное осаждение.
24. Физические методы нанесения покрытий; молекулярно-лучевая эпитаксия.
25. Физические методы нанесения покрытий; импульсно лазерно-плазменное напыление.
26. Свойства нанопокровов (пленок); зависимость твердости покрытия от толщины нанесенного слоя.
27. Наноструктурирование поверхностного слоя.
28. Изменение химического состава поверхностного слоя: термическая диффузия.
29. Изменение химического состава поверхностного слоя: ионное азотирование в тлеющем разрезе.
30. химического состава поверхностного слоя: ионная имплантация.
31. Механическое нанополирование поверхности.
32. Физическое нанополирование: ионно-лучевое полирование.
33. Химическое нанополирование поверхности.
34. Устройство наноперемещений: упруго-силовой двигатель.
35. Устройство наноперемещений: термодинамический и магнитно-стрикционных двигатель.
36. Устройство наноперемещений на обратном пьезоэффекте; пьезоактюаторы.
37. Размерная лезвийная нанообработка; инструменты, шероховатость поверхности.
38. Электроэрозионная нанообработка: инструменты, технологии.
39. Лазерная обработка.
40. Нанообработка сканирующими зондами.
41. Наномашины, основные понятия, атомные и молекулярные машины.