

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО  
профессор Е.И. Пряхин**

---

**Проректор по образовательной  
деятельности  
доцент Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **ОБЪЕМНЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>Магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>Доцент Ганзуленко О.Ю.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины** Объемные наноструктурированные конструкционные материалы» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Ганзуленко О.Ю.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры** «Материаловедения и технологии художественных изделий» от 09.02.2022 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой МиТХИ \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Е.И.Пряхин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов понимания связи между составом и наноструктурой сплавов с одной стороны и их механическими свойствами с другой; анализ и осознание студентами фазовых и структурных превращений при термической и термомеханической обработке наноструктурных объемных конструкционных материалов и ориентирование в уровнях механических свойств материалов в различных структурных состояниях.

Задачи изучения дисциплины – овладение магистрантами основными принципами разработки, исследования, модификации и использования (переработки, обработки, эксплуатации и утилизации) конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы различного назначения; процессам их формо- и структурообразования, а также управлению их качеством для различных областей техники и технологии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.

Дисциплина «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается во 2 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы» являются «Материаловедение и технология современных и перспективных материалов»; «Теория электронного строения твердых тел».

Дисциплина «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Углеродные наноматериалы», «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Технологии и свойства керамических материалов», «Обеспечение стабильности свойств материалов и надежности конструкций».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области структуры и свойств объемных наноструктурированных конструкционных материалов и основных технологических аспектов формирования структурных особенностей, а также управлением свойствами современных материалов.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ:

Процесс изучения дисциплины «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и	ПКС-2	ПКС-2.1 Осуществлять рациональный выбор материалов, оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
экологических последствий применения.		
Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПКС-10	<b>ПКС-10.2</b> Знать технологические процессы, оборудование и инструменты, контролируемые их параметры, нормы расхода материалов и сопутствующих веществ.
Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий	ПКС-11	<b>ПКС-11.1</b> Уметь решать профессиональные задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий.
		<b>ПКС-11.2.</b> Владеть применением основ теории материаловедения современных материалов при решении технологических задач их производства. Выполнением расчетов основных параметров технологических процессов, учитывать особенности технологической оснастки, приспособлений, систем управления технологическими процессами.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		2
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
Лекции	15	15
Практические занятия (ПЗ)	30	30
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
Домашнее задание	6	6
Реферат	12	12
Подготовка к практическим занятиям	9	9
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36(Э)</b>	<b>36(Э)</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Введение в дисциплину».	9	1	6	-	2
Раздел 2 «Основные методы получения консолидированных наноматериалов».	19	3	6	-	4
Раздел 3 «Получение порошковых наночастиц»	20	2	6	-	4
Раздел 4 «Механические методы получения порошковых наночастиц».	14	2	2	-	4
Раздел 5 «Консолидация объемных конструкционных нанокристаллических материалов».	18	3	6	-	4
Раздел 6 «Методы интенсивной пластической деформации».	18	2	4	-	5
Раздел 7 «Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов».	10	2	-	-	4
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>27</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	«Введение в дисциплину».	Композиционные конструкционные материалы. Композиционные наноматериалы. Классификация нанокристаллических материалов по Г. Глейтеру.	1
2	«Основные методы получения консолидированных наноматериалов».	Объемные наноструктурные материалы. Порошковая технология. Интенсивная пластическая деформация. Кристаллизация из аморфного состояния. Пленочная технология. Химические методы: синтез, термическое разложение.	3
3	«Получение порошковых наночастиц»	Физические методы получения порошковых наночастиц: испарение и конденсация, высокоэнергетическое разрушение. Получение нанопорошков методом распыления жидкого	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		расплава. Непрерывное получение высокопористых металлов за счет агрегации металлических наночастиц.	
4	«Механические методы получения порошковых наночастиц».	Мельницы различного типа. Аттриторы, самолейеры. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц. Механическое легирование.	2
5	«Консолидация объемных конструкционных нанокристаллических материалов».	Понятие консолидации. Метод испарения, конденсации и компактирования. Стадии порошкового компактирования. Термовакuumное индукционное испарение. Компактирование нанопорошков прессованием.	3
6	«Методы интенсивной пластической деформации».	Сущность ИПД. Кручение под давлением; экструзия через фильеру; РКУ-прессование; всесторонняя ковка; многократная прокатка, аккумулирующая деформацию; экструзия через фильеру с винтовым сечением; многократное гофрированное распрямление.	2
7	«Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов».	Аморфные сплавы. Отжиг аморфных сплавов. Лазерная обработка аморфных сплавов. Устойчивость структуры.	2
<b>Итого:</b>			<b>15</b>

#### 4.2.3. Практические занятия:

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Расчеты структурных параметров углеродных наноконусов	6
2	Раздел 2	Расчет объемных соотношений поверхностного слоя внутренней области нанообъектов.	6
3	Раздел 2	Изучение изменения структуры и твердости H по сечению объектов на расстоянии h от поверхности к сердцевине.	6
4	Раздел 3	Определение свободной поверхностной энергии частиц ультрадисперсного порошка.	2
5	Раздел 5	Распределение полей внутренних упругих напряжений в зависимости от расстояния от границ зерна.	6
6	Раздел 6	Сравнительный анализ коэффициента зернограничной диффузии в поликристаллических и нанокристаллических металлах.	4
<b>Итого</b>			<b>30</b>

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Введение в дисциплину**

1. Композиционные конструкционные материалы.
2. Композиционные дисперсноупрочненные наноматериалы.
3. Композиционные волокнистые наноматериалы.
4. Композиционные полимерные наноматериалы.
5. Композиционные металлические наноматериалы.

#### **Раздел 2. Основные методы получения консолидированных наноматериалов**

1. Объемные наноструктурные материалы.
2. Порошковая технология.
3. Интенсивная пластическая деформация.
4. Кристаллизация из аморфного состояния.
5. Химические методы: синтез, термическое разложение.

#### **Раздел 3. Получение порошковых наночастиц**

1. Физические методы получения порошковых наночастиц
2. Получение нанопорошков методом испарения и конденсации
3. Получение нанопорошков методом высокоэнергетического разрушения.
2. Получение нанопорошков методом распыления жидкого расплава.
3. Непрерывное получение высокопористых металлов за счет агрегации металлических наночастиц.

#### **Раздел 4. Механические методы получения порошковых наночастиц**

1. Мельницы различного типа.
2. Аттриторы
3. Самолейеры.
4. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц.

5. Механическое легирование.

### **Раздел 5. Консолидация объемных конструкционных нанокристаллических материалов**

Понятие консолидации. Метод испарения, конденсации и компактирования. Стадии порошкового компактирования. Термовакuumное индукционное испарение. Компактирование нанопорошков прессованием.

### **Раздел 6. Методы интенсивной пластической деформации**

1. Сущность ИПД.
2. Кручение под давлением.
3. Экструзия через фильеру.
4. РКУ-прессование.
5. Всесторонняя ковка.

### **Раздел 7. Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов**

1. Структура аморфных сплавов.
2. Методы получения аморфных сплавов.
3. Превращения при отжиге аморфных сплавов.
4. Лазерная обработка аморфных сплавов.
5. Устойчивость структуры аморфных сплавов.

#### **6.1.1. Примерная тематика рефератов**

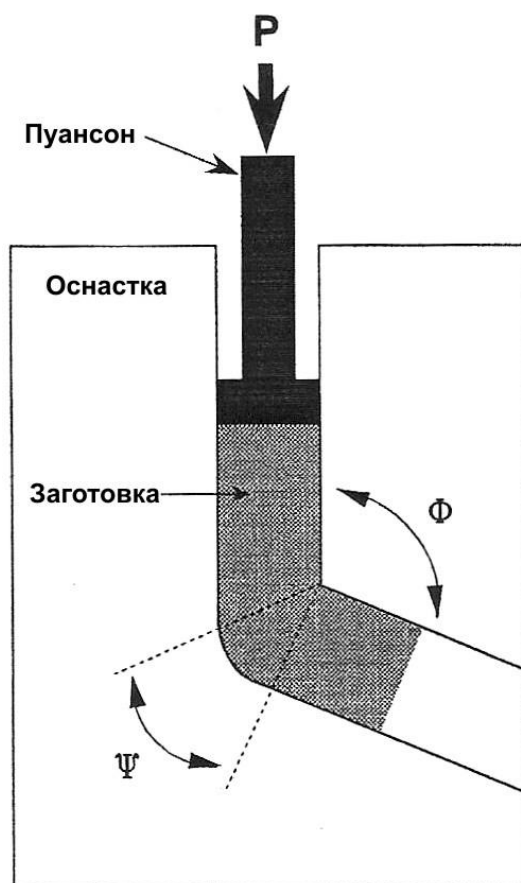
1. Методы получения нанопорошков.
2. Методы прессования нанопорошков.
3. Интенсивное пластическое деформирование материалов.
4. Физические методы получения порошковых наночастиц.
5. Классификация композиционных наноматериалов.
6. Химические методы получения нанопорошков.
7. Консолидация наноматериалов.
8. Особенности структурообразования из аморфных сплавов.
9. Механические методы получения нанопорошков.

#### **6.1.2. Пример домашнего задания.**

1. Рассчитать степень деформации образца при равноканальном угловом прессовании за число проходов  $N$  с использованием следующего соотношения, численные значения параметров выдаются студентам индивидуально (схема процесса представлена на рис. ниже):

$$\varepsilon_N = N \left[ \frac{2ctg(\varphi/2 + \psi/2) + \psi \cos ec(\varphi/2 + \psi/2)}{\sqrt{3}} \right]$$





## 6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к экзамену

1. Общая характеристика наноматериалов.
2. Классификация наноматериалов по Глейтеру.
3. Классификация наноматериалов по Зигелю.
4. Полимерные нанокompозиты.
5. Металлические нанокompозиты.
6. Физико-химические особенности наноструктурных материалов.
7. Механическое измельчение порошков.
8. Газофазный синтез.
9. Левитационно-струйный метод.
10. Метод электрического взрыва проводников (ЭВП).
11. Криохимический синтез нанопорошков.
12. Плазмохимический синтез (ПХС).
13. Осаждение из растворов.
14. «Золь-гель» метод.
15. Компактирование *in situ* по Гляйтеру.
16. Магнитно-импульсное прессование.
17. Спекание нанопорошков.
18. Кручение под высоким давлением (КВД).
19. Равноканальное угловое (РКУ) прессование.
20. Всестороннее прессование и прокатка.
21. Сущность ИПД.
22. Кручение под давлением.
23. Экструзия через фильеру.
24. Всесторонняя ковка.
25. Многократная прокатка.

26. Многократное гофрированное распрямление.
27. Кристаллизация объемно-аморфизирующихся сплавов.
28. Методы получения аморфных сплавов.
29. Превращения при отжиге аморфных сплавов.
30. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
31. Метод газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений.
32. Наноматериалы в атомной энергетике.
33. Наноразмерные полупроводниковые гетероструктуры. Понятия "Квантовая нить", "Квантовая точка", "Квантовая яма".
34. Модель квантовой точки. Классификация упорядоченных наноструктур.

## 6.2.2. Примерные тестовые задания

### Вариант 1

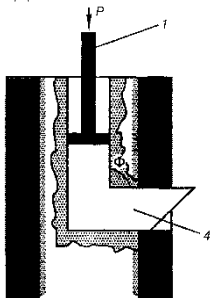
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	К нанобъектам относятся материалы с размером зерен:	1. 1..10 нм 2. 0,1...100 нм 3. 10 нм ... 1 мкм 4. более 100 нм
2.	Сверхпрочный конструкционный материал последних лет - углеродные волокна - образован ....	1. модифицированным графитом. 2. нанотрубками. 3. поликристаллическим карбином. 4. цепочкой фуллеренов.
3.	Радиус молекулы C <sub>60</sub> равен ...	1. 0,287 нм. 2. 0,357 нм. 3. 0,397 нм. 4. 0,437 нм.
4.	Путем сворачивания плоскости графита образуется ...	1. фуллерен. 2. идеальная однослойная нанотрубка. 3. фуллерит. 4. нанолуковица.
5.	Карбин представляет собой сверхпрочные нити из углеродных волокон, обладающих....	1. проводящими свойствами. 2. высокой пластичностью. 3. высокой хрупкостью. 4. высокой теплопроводностью.
6.	Плотность конденсированного кристаллического углерода (фуллерита) составляет ...	1. 1,69 г/см <sup>3</sup> . 2. 2,69 г/см <sup>3</sup> . 3. 3,69 г/см <sup>3</sup> . 4. 4,69 г/см <sup>3</sup> .
7.	К основным способам получения углеродных нанотрубок не относится:	1. электродуговое распыление графита. 2. абляция графита с помощью лазерного облучения. 3. каталитическое разложение углеводородов. 4. интенсивная пластическая деформация графита.

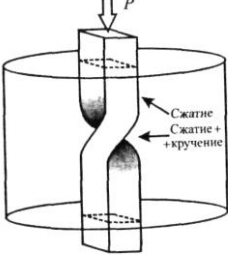
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	При лазерном облучении для синтеза нанотрубок графитовая мишень содержит небольшие количества ..., являющиеся каталитическими зародышами образования нанотрубок.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. никеля и хрома</li> <li>2. кобальта и меди</li> <li>3. хрома и марганца</li> <li>4. кобальта и никеля</li> </ol>
9.	Несущим элементом в дисперсноупрочненных КМ является	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. матричная основа.</li> <li>2. дислокации матричной основы.</li> <li>3. термообработка.</li> <li>4. наполнители.</li> </ol>
10.	Для наиболее высоких рабочих температур в качестве матричного материала применяют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сплавы на основе меди.</li> <li>2. сплавы на основе титана.</li> <li>3. керамику.</li> <li>4. полимеры.</li> </ol>
11.	Объемные наноструктурные материалы - это твердые тела с ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наносвойствами.</li> <li>2. наноразмерным объемом.</li> <li>3. наноразмерной микроструктурой.</li> <li>4. наноразмерным весом.</li> </ol>
12.	Металлические нанопорошки добавляют к моторным маслам для ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. восстановления трущихся поверхностей.</li> <li>2. улучшения качества смазки.</li> <li>3. легирования трущихся поверхностей.</li> <li>4. улучшения прирабатываемости деталей.</li> </ol>
13.	Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается.</li> <li>2. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается.</li> <li>3. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм.</li> <li>4. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм.</li> </ol>
14.	В атомной энергетике таблетки ТВЭЛов изготавливаются из ультрадисперсных порошков ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>UO_2</math>.</li> <li>2. <math>B_4C</math>.</li> <li>3. <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>4. <math>TiB_2</math>.</li> </ol>
15.	Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Микроэмульсия</li> <li>2. Мицеллы</li> <li>3. Углеродные нанотрубки</li> <li>4. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
16.	Волокна бора, защищенные карбидом кремния, называют ...	1. карбокремний. 2. борсик. 3. ситалл. 4. карбор.
17.	Пленочные наноматериалы плоской и сложной формы из магнитомягких сплавов применяются для ....	1. нанесения износостойких покрытий. 2. нанесения коррозионно-стойких покрытий. 3. нанесения художественных покрытий. 4. головок видеоманитофонов.
18.	К порошковым технологиям получения наноматериалов относится	1. золь-гель технология. 2. всесторонняя ковка. 3. химическое осаждение. 4. метод Глейтера.
19.	Кратностью измельчения принять считать...	1. отношение значений массы частицы материала после и до измельчения. 2. отношение значений удельной поверхности материала после и до измельчения. 3. отношение значений радиуса частицы материала после и до измельчения. 4. отношение значений диаметра частицы материала после и до измельчения.
20.	К химическим методам получения наноразмерных порошков относится	1. испарение и конденсация в вакууме или инертном газе. 2. испарение и конденсация в реакционном газе. 3. детонационная обработка. 4. лазерный метод.

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Условно процесс измельчения порошков делится на ....	1. две стадии. 2. три стадии. 3. четыре стадии. 4. пять стадий.
2.	Химические методы синтеза включают различные реакции и процессы, кроме ...	1. термического разложения. 2. электроосаждения. 3. интенсивного пластического деформирования. 4. газофазных химических реакций.
3.	С какой скоростью охлаждают при закалке аморфные металлические сплавы?	1. 10 000 – 20 000 К/с 2. 1500-2000 К/с 3. 500-1000 К/с 4. 300-500 К/с

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Для получения нанопорошков тугоплавких материалов наиболее предпочтителен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. плазмохимический метод.</li> <li>2. электроразрядное спекание.</li> <li>3. горячая обработка давлением.</li> <li>4. метод Глейтера.</li> </ol>
5.	На эффективность измельчения частиц оказывает влияние соотношение массы шаров и измельчаемой смеси, которое обычно поддерживается в интервале от ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 5:1 до 40:1.</li> <li>2. 2:1 до 5:1.</li> <li>3. 10:1 до 20:1.</li> <li>4. 40:1 до 60:1.</li> </ol>
6.	Для получения нанопорошков чистых металлов более предпочтителен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель синтез.</li> <li>2. контролируемая кристаллизация из аморфного состояния.</li> <li>3. метод испарения и конденсации.</li> <li>4. плазмохимический метод.</li> </ol>
7.	При получении материалов методом испарения, конденсации и компактирования можно получить образцы с плотностью до ... от теоретической плотности для нанокерамики.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 75%.</li> <li>2. 85%.</li> <li>3. 95 %.</li> <li>4. 100 %.</li> </ol>
8.	На <b>второй</b> стадии процесса компактирования порошков происходит ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. структурные деформации.</li> <li>2. сдвиговые деформации.</li> <li>3. образуются мостики диффузионного типа.</li> <li>4. развитие мостиков спайки.</li> </ol>
9.	<b>Не</b> относится к методам интенсивной пластической деформации ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>3. метод Глейтера.</li> <li>4. развитие мостиков спайки.</li> </ol>
10.	На рисунке представлена схема ИПД: 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. кручение под высоким давлением.</li> <li>3. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>4. многократная прокатка.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	<p>На рисунке представлена схема ИПД:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. кручение под высоким давлением.</li> <li>3. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>4. многократная прокатка.</li> </ol>
12.	Что такое CVD?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Испарение и осаждение в инертной среде.</li> <li>2. Испарение и осаждение в реакционной среде с получением новых соединений.</li> <li>3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</li> <li>4. Электронный чип на основе квантовой точки.</li> </ol>
13.	Нанотрубки ... жесткость и прочность пластмасс и изделий из них:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышают.</li> <li>2. понижают.</li> <li>3. не изменяют.</li> <li>4. вначале повышают, потом нет.</li> </ol>
14.	При переходе от нанокристалла CdS к макрокристаллу его температура плавления:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. понижается.</li> <li>2. не изменяется.</li> <li>3. повышается.</li> <li>4. вначале повышается, потом понижается.</li> </ol>
15.	При переходе от микрокристаллов к нанокристаллам происходит ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. снижение амплитуды колебаний атомов.</li> <li>2. увеличение амплитуды колебаний атомов.</li> <li>3. снижение частоты колебаний атомов.</li> <li>4. увеличение частоты колебаний атомов.</li> </ol>
16.	Для наноструктурированного материала значение модуля Юнга резко снижаются при достижении величины зерна ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 нм.</li> <li>2. 5 нм.</li> <li>3. 10 нм.</li> <li>4. 20 нм.</li> </ol>
17.	Жгуты из однослойных нанотрубок имеют длину несколько микрон и содержат от нескольких десятков до сотен нанотрубок, связанных друг с другом силами ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ван-дер-Ваальсового притяжения.</li> <li>2. ковалентной связи.</li> <li>3. ионной связи.</li> <li>4. гравитационного притяжения.</li> </ol>
18.	.... свойства керамики могут быть существенно улучшены путем ее модифицирования наноразмерными компонентами типа фуллеренов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проводящие.</li> <li>2. Триботехнические.</li> <li>3. Магнитные.</li> <li>4. Технологические.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Как называется устройство для сборки наномеханизмов?	1. дизассемблер. 2. ассемблер. 3. икосаэдр. 4. резистор.
20.	Наноструктурные композиты Cu/Nb характеризует ... проволоки, растягиваемой при температуре жидкого гелия.	1. полное подавление механизма хрупкого разрушения. 2. аномально высокая пластичность. 3. полное подавление дислокационного перемещения в зернах 4. аномально высокая температура плавления.

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В ассортимент наполнителей нанокompозитных материалов на основе полимеров <b>не</b> входит ...	1. наностержни. 2. нанотрубки. 3. наноглина. 4. нанонити.
2.	Многослойные (ламинированные) наноусиленные композиты (МНК) для индивидуальной защиты, армированы блоками ...	1. углеродных нанотрубок. 2. волокон бора. 3. волокон борсика. 4. кремниевых нанотрубок.
3.	На схему установки для производства фуллеренов 2 – это... 	1. графитовые электроды. 2. медная шина. 3. охлаждаемая поверхность, на которой осаждается конденсат. 4. пружина.
4.	Синтез УНТ при лазерном облучении поверхности графита осуществляется в ...	1. вакууме. 2. атмосфере инертного буферного газа. 3. атмосфере углеводородов. 4. атмосфере реактивных газов.
5.	В состав аморфных сплавов вводят до 20 % металлоидов ...	1. для снижения скорости кристаллизации. 2. для образования и стабилизации аморфной структуры. 3. для повышения температуры перехода в аморфное состояние. 4. для улучшения физических свойств.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
6.	По типу упрочняющих наполнителей КМ <b>не</b> бывают...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсноупрочненные.</li> <li>2. волокнистые.</li> <li>3. слоистые.</li> <li>4. объемные.</li> </ol>
7.	Армирование волокнистых КМ <b>не</b> может осуществляться по... схеме.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. одноосной.</li> <li>2. двухосной.</li> <li>3. трехосной.</li> <li>4. нульмерной.</li> </ol>
8.	В классификации нанокристаллических материалов по Г. Глейтеру отсутствует нанокпозиционный материал с...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. многофазным составом и идентичными границами.</li> <li>2. многофазным составом и неидентичными границами.</li> <li>3. многофазным составом и матричным распределением</li> <li>4. однофазным составом и матричным распределением.</li> </ol>
9.	Компоненты в композиционном материале...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. растворимы друг в друге.</li> <li>2. частично растворимы друг в друге.</li> <li>3. нерастворимы друг в друге.</li> <li>4. образуют химические соединения.</li> </ol>
10.	Дисперсноупрочненные КМ на алюминиевой основе - это материалы типа ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ПАС.</li> <li>2. САМ.</li> <li>3. САП.</li> <li>4. ПАМ.</li> </ol>
11.	Для создания слоистых композиций обычно используют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. псевдосплавы.</li> <li>2. фуллерены.</li> <li>3. неметаллические материалы.</li> <li>4. металлические материалы.</li> </ol>
12.	Методами распыления струи расплава жидкостью или газом при получении консолидированных наноматериалов обычно получают порошки металлов и сплавов с размерами частиц около ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 100 нм.</li> <li>2. 10 нм.</li> <li>3. 50 нм.</li> <li>4. 200 нм.</li> </ol>
13.	Общим принципом получения нанопорошков различными методами является сочетание ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. низкой скорости образования центров зарождения частиц с малой скоростью их роста.</li> <li>2. высокой скорости образования центров зарождения частиц с малой скоростью их роста.</li> <li>3. высокой скорости образования центров зарождения частиц с большой скоростью их роста.</li> <li>4. высокой температуры процесса и высоких давлений.</li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	К пленочным технологиям получения наноматериалов относится	1. золь-гель технология. 2. всесторонняя ковка. 3. фазовый наклеп. 4. равноканальное угловое прессование.
15.	В самолейерах измельчение порошков происходит за счет...	1. большой скорости вращения барабана. 2. за счет удара о размалывающие шары. 3. механизма истирания. 4. большого объема барабана.
16.	К пленочным технологиям <b>не</b> относится...	1. золь-гель технология. 2. фазовый наклеп. 3. химическое осаждение. 4. физическое осаждение.
17.	Механосинтез (механическое легирование) <b>не</b> применяется для получения ...	1. нанопорошки легированных сплавов. 2. нанопорошки интерметаллидов. 3. нанопорошки силицидов. 4. нанопорошков фуллеренов.
18.	Нанопорошки сложного состава получают методом ...	1. гидролиза. 2. осаждения. 3. соосаждения. 4. электроосаждения.
19.	Для получения нанопорошков тугоплавких материалов более предпочтителен...	1. золь-гель синтез. 2. контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. 3. метод испарения и конденсации. 4. плазмохимический метод.
20.	При получении материалов методом испарения, конденсации и компактирования можно получить образцы с плотностью до ... от теоретической плотности для нанометаллов.	1. 75%. 2. 85%. 3. 95%. 4. 100%.

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)</b>	<b>Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)</b>	<b>Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)</b>
	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий
ответах на вопросы	дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	некоторые неточности в ответе на вопрос.	существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303> (дата обращения: 05.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Нанотехнологии и специальные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2009. - 334 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>
3. Рыжонков Д. И. Наноматериалы [Текст] : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : Бином, 2008. - 365 с. : граф., табл., фото. <http://window.edu.ru/resource/332/65332>
4. Солнцев Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2007. - 782 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082939.html>
5. Оптические свойства наноструктур [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Е. Воробьев [и др.] ; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 186 с.

<http://booksonchemistry.com/index.php?id1=3&category=fizhim&author=vorobev-le&book=2001>

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Андриевский Р. А. Наноструктурные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Р. А. Андриевский А. В. Рагуля. - М. : Академия, 2005. - 178 с.
2. Рыков С. А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур [Текст] : учеб. пособие для вузов / С. А. Рыков ; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 52 с.
3. Новые технологии в металлургии, химии, обогащении и экологии [Текст] : научное издание / Федер. агентство по образованию, СПбГГИ им. Г. В. Плеханова (ТУ) ; [ред. В. С. Литвиненко и др.]. - СПб. : Изд-во СПбГГИ, 2005. - 222 с.
4. Пул Ч. Нанотехнологии [Текст] : учебник / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е доп. изд. - М. : Техносфера, 2005. - 334 с.
5. Волков Г. М. Объемные наноматериалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. М. Волков. - М. : КноРус, 2011. - 168 с. : граф., ил. - Библиогр.: с. 159.
6. Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст] : [курс лекций] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. - М. : Физматлит, 2008. - 454 с.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Ганзуленко О.Ю. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы».

### **7.2. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
2. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
3. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
9. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
10. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокуляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ P11 – 1 шт., ПЭВМ Кей P911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокуляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ P11 – 1

шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

- Центр новых информационных технологий и средств обучения:
- персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»);
- монитор – 4 шт.;
- сетевой накопитель – 1 шт.;
- источник бесперебойного питания – 2 шт.;
- телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.;
- точка Wi-Fi – 1 шт.;
- паяльная станция – 2 шт.;
- дрель – 5 шт.;
- перфоратор – 3 шт.;
- набор инструмента – 4 шт.;
- тестер компьютерной сети – 3 шт.;
- баллон со сжатым газом – 1 шт.;
- паста теплопроводная – 1 шт.;
- пылесос – 1 шт.;
- радиостанция – 2 шт.;
- стол – 4 шт.;
- тумба на колесиках – 1 шт.;
- подставка на колесиках – 1 шт.;
- шкаф – 5 шт.;
- кресло – 2 шт.;
- лестница Alve - 1 шт.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

- Пакеты прикладных программ Microsoft Office
- Microsoft Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Professional Plus
- Microsoft Windows XP Professional
- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 с возможностью доступа к сети «Интернет»
- Microsoft Office 2010 Professional Plus Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security