

**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**

### ***УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ***

<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>Профессор Петкова А.П.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины Углеродные наноматериалы 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 \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Петкова А.П.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

Цель дисциплины – формирование у магистрантов понимания взаимосвязи между составом, наноструктурой, физическими и механическими свойствами углеродных наноматериалов; анализ и оценка уровня физико-механических свойств углеродных наноматериалов в различных структурных состояниях и их применимости для конкретных материаловедческих задач.

Задачи изучения дисциплины – овладение магистрантами методами получения и особенностями строения наноразмерных модификаций углерода; изучение физических и механических свойств углеродных наноматериалов в зависимости от структуры, а также управление их свойствами для различных областей техники и технологии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.

Дисциплина «Углеродные наноматериалы» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается в 3 семестре.

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

Дисциплина «Углеродные наноматериалы» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Композиционные материалы и покрытия».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области процессов формирования и обработки углеродных наноматериалов, их взаимосвязи со структурными параметрами, а также возможностей управления их свойствами для конкретных применений.

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

Процесс изучения дисциплины «Углеродные наноматериалы» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов	ОПК-1	<b>ОПК-1.1.</b> Уметь решать профессиональные задачи в области материаловедения, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.
		<b>ОПК-1.2.</b> Использовать фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач.
		<b>ОПК-1.3.</b> Владеть навыками моделирования и внедрения в производство технологических процессов создания и обработки материалов с учетом экономических факторов и в соответствии с требованиями экологической и промышленной безопасности.

		<b>ОПК-1.4.</b> Организовывать, выполнять экспериментальные исследования на современном уровне и анализировать их результаты.
Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.	ПКО-1	<b>ПКО-1.1.</b> Демонстрировать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
		<b>ПКО-1.2.</b> Устанавливать закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и физико-механических свойств.
		<b>ПКО-1.3.</b> Знать физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства материалов.
Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий	ПКО-8	<b>ПКО-8.1.</b> Уметь решать профессиональные задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий.
		<b>ПКО-8.2.</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 2 зачётные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		3
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
В том числе:		
Лекции	15	15
Практические занятия (ПЗ)	15	15
Семинары (С)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Домашнее задание	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	32	32
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		3
Подготовка к зачету / дифф. зачету	10	10
Вид промежуточной аттестации – зачет	3	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
ак. час.	<b>72</b>	<b>72</b>
зач. ед.	<b>2</b>	<b>2</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. Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация и общие свойства».	10	2	2	-	6
Раздел 2 «Фуллерены».	10	2	2	-	6
Раздел 3 «Углеродные нанотрубки».	10	2	2	-	6
Раздел 4 «Графен».	10	2	2	-	6
Раздел 5 «Алмазоподобные наноструктуры».	10	2	2	-	6
Раздел 6 «Объемные углеродные наноматериалы».	10	2	2	-	6
Раздел 7 «Применение углеродных наноматериалов».	12	3	3	-	6
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>42</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация и общие свойства	Введение. Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация углеродных наноматериалов. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы.	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.	
2	Фуллерены	Строение и номенклатура кластеров углерода. Методы получения фуллеренов. Физические, химические свойства фуллеренов. Металлофуллерены. Легированные фуллерены. Фуллерены и фуллереноподобные объекты в природе. Углеродные луковицы.	2
3	Углеродные нанотрубки	Структура нанотрубок. Хиральность нанотрубок. Методы получения УНТ. Механические и физические свойства нанотрубок.	2
4	Графен	Методы синтеза графена. Структура, упругие свойства, прочность. Дефекты в графене. Влияние деформации на свойства графена. Гетероструктуры на основе графена. Теплопроводность и другие физические свойства гетероструктур на основе графена.	2
5	Алмазоподобные наноструктуры	Наноалмазы. Алмазоподобные структуры и пленки. Углеродные алмазоподобные фазы. Структура и устойчивость. Механические свойства углеродных алмазоподобных фаз.	2
6	Объемные углеродные наноматериалы	Объемные и многослойные углеродные наноматериалы. Скомканый графен. Фуллерит. Системы и клубки УНТ. Механические и физические свойства скомканного графена, фуллерита и систем нанотрубок.	2
7	Применение углеродных наноматериалов.	Металломатричные и полимерно-матричные композиты, армированные нанотрубками, фуллеренами и графеном. Нити и бумага из нанотрубок. Применение нанотрубок в качестве фильтров, зондов СЗМ, сенсоров, элементов наноэлектроники. Применение углеродных наноматериалов. Водородная энергетика. Электронные устройства. Транзисторы. Гибкая электроника. Солнечные батареи. Сенсоры. Диоды. Транзисторы. Суперконденсаторы. Катализ.	3
<b>Итого</b>			<b>15</b>

#### 4.2.3. Практические занятия:

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Электронно-микроскопические исследования структуры углеродных наноматериалов	2

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
2	Раздел 2	Фуллерены. Строение, дефекты, методы получения, свойства.	2
3	Раздел 3	Углеродные нанотрубки. Строение, дефекты, методы получения, свойства.	2
4	Раздел 4	Графен. Строение, дефекты, методы получения, свойства.	2
6	Раздел 5	Алмазоподобные углеродные фазы. Строение, дефекты, методы получения, свойства.	2
6	Раздел 6	Объемные углеродные наноматериалы. Строение, дефекты, методы получения, свойства.	2
7	Раздел 7	Области применения углеродных наноматериалов.	3
		<b>Итого</b>	<b>15</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 зачета) 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. Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация и общие свойства

1. Аллотропные модификации чистого углерода.
2. Классификация углеродных наноматериалов.
3. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций углерода.
4. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины.
5. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.

#### Раздел 2. Фуллерены

1. Строение и номенклатура кластеров углерода.

2. Методы получения фуллеренов.
3. Физические, химические свойства фуллеренов.
4. Металлофуллерены. Легированные фуллерены.
5. Фуллерены и фуллереноподобные объекты в природе.
6. Углеродные луковицы.

### **Раздел 3. Нанотрубки**

1. Структура нанотрубок.
2. Хиральность нанотрубок.
3. Однослойные и многослойные УНТ.
4. Методы получения УНТ.
5. Механические свойства нанотрубок.
6. Физические свойства нанотрубок.

### **Раздел 4. Графен**

1. Методы синтеза графена.
2. Структура, упругие свойства, прочность.
3. Дефекты в графене.
4. Влияние деформации на свойства графена.
5. Гетероструктуры на основе графена.
6. Теплопроводность и другие физические свойства гетероструктур на основе графена.

### **Раздел 5. Алмазоподобные наноструктуры**

1. Наноалмазы.
2. Алмазоподобные структуры и пленки.
3. Углеродные алмазоподобные фазы.
4. Структура и устойчивость алмазоподобных фаз.
5. Механические свойства углеродных алмазоподобных фаз.

### **Раздел 6. Объемные углеродные наноматериалы**

1. Объемные и многослойные углеродные наноматериалы.
2. Скомканный графен.
3. Фуллерит.
4. Системы и клубки УНТ.
5. Механические свойства скомканного графена, фуллерита и систем нанотрубок.
6. Физические свойства скомканного графена, фуллерита и систем нанотрубок.

### **Раздел 7. Применение углеродных наноматериалов**

1. Металломатричные и полимерно-матричные композиты, армированные нанотрубками, фуллеренами и графеном.
2. Нити и бумага из нанотрубок.
3. Применение нанотрубок в качестве фильтров, зондов СЗМ, сенсоров, элементов наноэлектроники.
4. Применение углеродных наноматериалов.
5. Водородная энергетика.
6. Электронные устройства.
7. Транзисторы.
8. Гибкая электроника.
9. Солнечные батареи.
10. Сенсоры. Диоды. Транзисторы.
11. Суперконденсаторы.

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к зачету (по дисциплине):**

1. Классификация полиморфов углерода.
2. Фуллерен. Основные характеристики.
3. Методы синтеза фуллеренов.



4. Общие свойства фуллеренов.
5. Углеродные нанотрубки.
6. Методы синтеза УНТ.
7. Электронные свойства УНТ.
8. Тепловые свойства УНТ.
9. Дефекты в УНТ.
10. Механические свойства УНТ.
11. Графен. Основные характеристики.
12. Методы синтеза графена.
13. Химическая активность. Графен.
14. Механические свойства графена.
15. Область устойчивости графена.
16. Коробление графена.
17. Дефекты в графене.
18. Влияние деформации на свойства графена.
19. Теплопроводность наноструктурных материалов.
20. Теплопроводность графена.
21. Механизмы теплопроводности в графене.
22. Теплопроводность графана, графена и гетероструктур на его основе.
23. Другие двумерные углеродные структуры.
24. Объемные углеродные наноматериалы.
25. Гибридные  $sp^2$ - и  $sp^3$ -структуры.
26. Трехмерные графены.
27. Фуллерит.
28. Системы нанотрубок.
29. Онионы или слоистые структуры.
30. Новые формы углеродных структур.
31. Алмаз и наноалмаз.
32. Алмазоподобные структуры и пленки.
33. Углеродные алмазоподобные фазы.
34. Структура и устойчивость УАФ.
35. Механические свойства УАФ.
36. Механические свойства графена и УНТ.
37. Теоретическая прочность графена и УНТ.
38. Дефекты в углеродных наноматериалах.
39. Влияние температуры на прочность.
40. Деформация объемных углеродных наноструктур.
41. Получение аморфного углерода.
42. Системы схлопнутых УНТ.
43. Гетероструктуры на основе графена.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

#### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	К нанообъектам относятся материалы с размером зерен:	1. 1..10 нм 2. 0,1...100 нм 3. 10 нм ... 1 мкм 4. более 100 нм

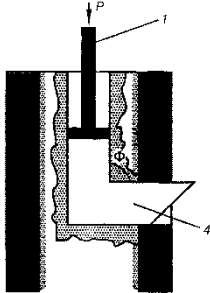
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
2.	Сверхпрочный конструкционный материал последних лет - углеродные волокна - образован ....	1. модифицированным графитом. 2. нанотрубками. 3. поликристаллическим карбином. 4. цепочкой фуллеренов.
3.	Радиус молекулы C <sub>60</sub> равен ...	1. 0,287 нм. 2. 0,357 нм. 3. 0,397 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.
8.	При лазерном облучении для синтеза нанотрубок графитовая мишень содержит небольшие количества ..., являющиеся каталитическими зародышами образования нанотрубок.	1. никеля и хрома 2. кобальта и меди 3. хрома и марганца 4. кобальта и никеля
9.	Несущим элементом в дисперсноупрочненных КМ является	1. матричная основа. 2. дислокации матричной основы. 3. термообработка. 4. наполнители.
10.	Для наиболее высоких рабочих температур в качестве матричного материала применяют ...	1. сплавы на основе меди. 2. сплавы на основе титана. 3. керамику. 4. полимеры.
11.	Объемные наноструктурные материалы - это твердые тела с ...	1. наносвойствами. 2. наноразмерным объемом. 3. наноразмерной микроструктурой. 4. наноразмерным весом.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
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>
16.	Волокна бора, защищенные карбидом кремния, называют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. карбокремний.</li> <li>2. борсик.</li> <li>3. ситалл.</li> <li>4. карбор.</li> </ol>
17.	Пленочные наноматериалы плоской и сложной формы из магнитомягких сплавов применяются для ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нанесения износостойких покрытий.</li> <li>2. нанесения коррозионно-стойких покрытий.</li> <li>3. нанесения художественных покрытий.</li> <li>4. головок видеомэгнитофонов.</li> </ol>
18.	К порошковым технологиям получения наноматериалов относится	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель технология.</li> <li>2. всесторонняя ковка.</li> <li>3. химическое осаждение.</li> <li>4. метод Глейтера.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Кратностью измельчения принять считать...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отношение значений массы частицы материала после и до измельчения.</li> <li>2. отношение значений удельной поверхности материала после и до измельчения.</li> <li>3. отношение значений радиуса частицы материала после и до измельчения.</li> <li>4. отношение значений диаметра частицы материала после и до измельчения.</li> </ol>
20.	К химическим методам получения наноразмерных порошков относится	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. испарение и конденсация в вакууме или инертном газе.</li> <li>2. испарение и конденсация в реакционном газе.</li> <li>3. детонационная обработка.</li> <li>4. лазерный метод.</li> </ol>

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Условно процесс измельчения порошков делится на ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. две стадии.</li> <li>2. три стадии.</li> <li>3. четыре стадии.</li> <li>4. пять стадий.</li> </ol>
2.	Химические методы синтеза включают различные реакции и процессы, кроме ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. термического разложения.</li> <li>2. электроосаждения.</li> <li>3. интенсивного пластического деформирования.</li> <li>4. газофазных химических реакций.</li> </ol>
3.	С какой скоростью охлаждают при закалке аморфные металлические сплавы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10 000 – 20 000 К/с</li> <li>2. 1500-2000 К/с</li> <li>3. 500-1000 К/с</li> <li>4. 300-500 К/с</li> </ol>
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>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
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>
11.	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>
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>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
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>
19.	Как называется устройство для сборки наномеханизмов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. дизассемблер.</li> <li>2. ассемблер.</li> <li>3. икосаэдр.</li> <li>4. резистор.</li> </ol>
20.	Наноструктурные композиты Cu/Nb характеризует ... проволоки, растягиваемой при температуре жидкого гелия.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полное подавление механизма хрупкого разрушения.</li> <li>2. аномально высокая пластичность.</li> <li>3. полное подавление дислокационного перемещения в зернах</li> <li>4. аномально высокая температура плавления.</li> </ol>

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В ассортимент наполнителей нанокomпозитных материалов на основе полимеров <b>не</b> входит ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наностержни.</li> <li>2. нанотрубки.</li> <li>3. наноглина.</li> <li>4. нанонити.</li> </ol>
2.	Многослойные (ламинированные) наноусиленные композиты (МНК) для индивидуальной защиты, армированы блоками ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. углеродных нанотрубок.</li> <li>2. волокон бора.</li> <li>3. волокон борсика.</li> <li>4. кремниевых нанотрубок.</li> </ol>
3.	<p>На схему установки для производства фуллеренов 2 – это...</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. графитовые электроды.</li> <li>2. медная шина.</li> <li>3. охлаждаемая поверхность, на которой осаждается конденсат.</li> <li>4. пружина.</li> </ol>
4.	Синтез УНТ при лазерном облучении поверхности графита осуществляется в ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вакууме.</li> <li>2. атмосфере инертного буферного газа.</li> <li>3. атмосфере углеводородов.</li> <li>4. атмосфере реактивных газов.</li> </ol>
5.	В состав аморфных сплавов вводят до 20 % металлоидов ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. для снижения скорости кристаллизации.</li> <li>2. для образования и стабилизации аморфной структуры.</li> <li>3. для повышения температуры перехода в аморфное состояние.</li> <li>4. для улучшения физических свойств.</li> </ol>
6.	По типу упрочняющих наполнителей КМ <b>не</b> бывает...	<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>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	В классификации нанокристаллических материалов по Г. Глейтеру отсутствует наноконпозиционный 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>
14.	К пленочным технологиям получения наноматериалов относится	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель технология.</li> <li>2. всесторонняя ковка.</li> <li>3. фазовый наклеп.</li> <li>4. равноканальное угловое прессование.</li> </ol>
15.	В самолейерах измельчение порошков происходит за счет...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. большой скорости вращения барабана.</li> <li>2. за счет удара о размалывающие шары.</li> <li>3. механизма истирания.</li> <li>4. большого объема барабана.</li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
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 зачета:*

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Не зачтено
51-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

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

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Нанотехнологии и специальные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2009. - 334, [1] с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>
2. 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>
3. 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, [1] с.  
<http://www.iprbookshop.ru/49796.html> — ЭБС «IPRbooks»/.
4. Мулюков Р.Р., Баимова Ю.А. Углеродные наноматериалы: учебное пособие / Р.Р. Мулюков, Ю.А. Баимова. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. - 160 с.  
<http://juliabaimova.com/uploads/s/7/o/8/7o8rncjqxa5m/file/uxf7ufWo.pdf?preview=1>
5. 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: 13.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Харрис, П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры / под ред. Л.А. Чернотатонского, М.: Техносфера, 2003.
2. Сидоров Л.Н., Юровская М.А. Фуллерены, М: Экзамен, 2004. - 688 с.
3. Раков Э.Г., Нанотрубки и фуллерены, М: Университет. Логос, 2006. - 376 с.
4. Дьячков, П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения, М: Бином, 2006 – 293 с.
5. Верещагин, А. Свойства детонационных наноалмазов., Барнаул: АлтГТУ, 2005.
6. Беленков Е. А., Ивановская, В. В., Ивановский, А. Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы., Екатеринбург: УрО РАН, 169 с., 2008.
7. Грешняков В.А., Беленков Е.А., Березин В.М. Кристаллическая структура и свойства углеродных алмазоподобных фаз, Челябинск: ЮУрГУ, 2012 – 150 с.
8. В.Л. Волков, В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский, Г.С. Захарова, Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов, Екатеринбург: УрО РАН, 2005.
9. Долматов, В. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применения. СПб: СПб.: Изд-во ГПУ, 2003. - 344 с.
10. Матысина З.А., Щур Д.В., Загинайченко С.Ю. Углеродные наноматериалы и фазовые превращения в них. Днепропетровск. Наука и образование. 2007. - 678 с.
11. Мелешко А., Половников С. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. 2007. - 194 с.
12. Баимова Ю. А., Мулюков Р. Р. Графен, нанотрубки и другие углеродные наноструктуры : монография Ю. А. Баимова, Р. Р. Мулюков . - М. : РАН, 2018. - 212 с.

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

1. Петкова А.П. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Углеродные наноматериалы».

#### **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 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.

#### **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 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.

### **8.2. 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