

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.09.2023 17:45:08  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 25 » июня 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ**

Направление подготовки

**28.04.03 Наноматериалы**

Направленность программы магистратуры  
**Наноматериалы для Промышленности 4.0**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **теоретических основ материаловедения**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Богданов С.П.

Рабочая программа дисциплины «Углеродные наноматериалы» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения  
протокол от «06» июня 2019 № 8  
Заведующий кафедрой

М.М.Сычев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «21» июня 2019 № 11

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Наноматериалы»		М.М. Сычев
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины .....	07
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	10
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	10
4.5. Самостоятельная работа обучающихся .....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	16

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-6</b> Способен обоснованно использовать знания основных типов металлических, неметаллических наноструктурированных и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.</p>	<p><b>ПК-6.4</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения углеродных наноматериалов.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- о теоретических исследованиях по созданию новых углеродных материалов (ЗН-1);</li> <li>- современные методы производства основных видов углеродных наноматериалов (ЗН-2);</li> <li>- свойства и области применения углеродных наноматериалов (ЗН-3);</li> <li>- технологические процессы при производстве основных углеродных наноматериалов (ЗН-4);</li> <li>- историю создания и изучения углеродных наноматериалов, роль отечественной научной школы в области исследования углеродных наноматериалов (ЗН-5);</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать требования к свойствам наноматериала для конкретного применения (У-1);</li> <li>- выбрать материалы для решения конкретной задачи (У-2);</li> <li>- выявить взаимосвязь между структурой и свойствами, применять знание фундаментальных законов и теорий для целенаправленного изменения свойств объекта исследования (У-3).</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа свойств углеродистых наноматериалов (Н-1).</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-7</b> Способен осуществлять анализ, оценку надежности, экономичности и экологических последствий применения наноматериалов.	<b>ПК-7.4</b> Просчитывание рисков при выборе углеродных наноматериалов для заданной технологии.	<b>Уметь:</b> - анализировать производственные риски при выборе марки и производителя углеродного материала (У-4).
	<b>ПК-7.9</b> Оценка социальной значимости и ответственности при разработке новых технологий углеродных наноматериалов.	<b>Знать:</b> - актуальные проблемы в области разработки, синтеза и применения углеродных наноматериалов (ЗН-6); <b>Уметь:</b> - поставить цель и определить задачи исследования наноматериала (У-5);

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору и относится к части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.03.ДВ.01.01) и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов», «Структура и свойства наноматериалов», «Организация научного проекта» и «Наноразмерное состояние вещества». Полученные в процессе изучения дисциплины «Углеродные наноматериалы» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>62</b>
занятия лекционного типа	16
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	10
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>82</b>
<b>Форма текущего контроля</b>	<b>доклад</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>Зачёт</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение. История, современность, перспективы.	1			7	ПК-6, ПК-7
2.	Структура и свойства углеродных наноматериалов.	5	12		25	ПК-6
3.	Методы синтеза углеродных наноматериалов.	8	12		25	ПК-6
4.	Применение углеродных наноматериалов.	2	12		25	ПК-6, ПК-7

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-6.4	Введение. История, современность, перспективы. Структура и свойства углеродных наноматериалов. Методы синтеза углеродных наноматериалов.
2.	ПК-7.4 ПК-7.9	Введение. История, современность, перспективы. Применение углеродных наноматериалов.

##### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Иновационная форма
1	<b>Введение</b> 1. Введение. Основные понятия и определения. История развития углеродных наноматериалов и нанотехнологий. Современное состояние синтеза и применения углеродных наноматериалов. Перспективы науки и техники по синтезу наноматериалов	1	Дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	<p><b>Структура и свойства углеродных наноматериалов</b></p> <p>1. Кристаллические и наноаллотропы углерода. Общие сведения об углероде. Классификация аллотропов углерода.</p> <p>2. Кристаллические аллотропы углерода. Алмаз и другие углеродные <math>sp^3</math>-аллотропы. Графиты. Карбин и карбиноиды.</p> <p>3. Наноаллотропы углерода. Фуллерены. Нанотрубки. Графен. Другие <math>sp^2</math>-наноаллотропы углерода. Наноалмазные кристаллиты и волокна. Наноаллотропы углерода со смешанными электронными конфигурациями.</p> <p>4. Наноалмазы. Даймондоиды. Алмазоподобные нанокристаллиты. Атомная структура, морфология и стабильность алмазных кристаллитов.</p> <p>5. Алмазоподобные нановолокна. Термическая стабильность, механические свойства алмазоподобных волокон. Алмазоподобные нанотрубки.</p> <p>6. Углерод-углеродные нанокомпозиты (наногрибы, нанотрубки, декорированные алмазными кристаллитами. Алмазные кристаллиты, инкапсулированные в нанотрубки). Гибридные углеродные фазы и наноструктуры. Карбино-алмазные фазы.</p> <p>7. Разновидности углеродных плёнок. Структура, свойства нанокристаллических плёнок и покрытий. Многослойные покрытия с наноструктурой. Нанокомпозитные покрытия. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью. Механические свойства нанокристаллических покрытий.</p>	5	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	<p><b>Методы синтеза углеродных наноматериалов</b></p> <p>1. Особенности химических методов получения наночастиц. Осаждение наночастиц из углеродсодержащих газов. Получение наночастиц с участием плазмы. Лазерное испарение. Механохимический синтез наночастиц.</p> <p>2. Перспективные специфические методы получения наночастиц.</p> <p>3. Промышленное получение фуллеренов и углеродных нанотрубок.</p> <p>4. Промышленный синтез детонационных наноалмазов.</p> <p>5. Хранение и транспортировка наночастиц.</p> <p>6. Получение углеродных плёнок. Зародышеобразование. Методы активации при осаждении плёнок. Особенности формирования углеродных нанокристаллических покрытий.</p>	8	
4	<p><b>Применение углеродных наноматериалов</b></p> <p>1. Применение наноматериалов в технике.</p> <p>2. Композиционные углеродистые наноматериалы.</p> <p>3. Нанокристаллические углеродистые покрытия в промышленности.</p> <p>3. Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств.</p> <p>4. Возможности применения углеродных нанотрубок.</p> <p>5. Наносуспензии. Смазочные наносуспензии. Магнитные наносуспензии. Лекарственные наносуспензии. Наноэмульсии. Наноаэрозоли</p>	2	

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<b>Структура и свойства углеродных наноматериалов</b> 1. Особые физические свойства углеродных наноматериалов. 2. Структурные особенности наноаллотропов углерода со смешанными электронными конфигурациями. 3. Рентгеноструктурный анализ наноалмазов. 4. Рентгеноструктурный анализ графитовых структур. 5. Особые химические и свойства углеродных наноматериалов.	12	Мастер-класс в лаборатории рентгенографии (работа на рентгеновском дифрактометре)
3	<b>Методы синтеза углеродных наноматериалов</b> 1. Плакирование порошка наноалмаза металлическими нанопокрытиями. 2. Применение наноматериалов при производстве композитов. 3. Получение углеродных нанопокровтий. 4. Механизмы образования наноматериалов из углерода. 5. Особенности обращения с наноматериалами.	12	Мастер-класс в химической лаборатории (плакирование порошков методом газового транспорта)
4	<b>Применение углеродных наноматериалов</b> 1. Особенности наноматериалов как сырья в химической технологии. 2. Композиты из углеродных наноматериалов. 3. Углеродные наноматериалы в электронике. 4. Инструменты из наноматериалов. 5. Проблема маркировки углеродных наноматериалов.	12	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Введение</b> - Современное состояние промышленности углеродных наноматериалов. - Перспективы науки и техники по синтезу наноматериалов.	7	доклад
2	<b>Структура и свойства углеродных наноматериалов</b> - Особенности механических свойств углеродных наноматериалов. - Особенности термодинамических свойств углеродных наноматериалов. - Особенности электрических и магнитных свойств углеродных наноматериалов. - Физико-химические методы исследования углеродных наноматериалов. - Наноструктурированные поверхности.	25	доклад
3	<b>Методы синтеза углеродных наноматериалов</b> - Методы обогащения наноалмазов. - Методы обогащения и разделения фуллеренов. - Отличие технологических параметров синтеза фуллеренов и нанотрубок - VLS – механизм роста нанотрубок и наночастиц. - Углеродные материалы нового поколения.	25	доклад
4	<b>Применение углеродных наноматериалов</b> - Модифицирование поверхности наноалмазами. - Нанофильтрация. - Наноалмазы в медицине. - Проблема маркировки углеродных наноматериалов. - Плазменные технологии в производстве углеродных наноматериалов.	25	доклад

##### 4.5.1 Темы докладов

1. Нанотехнологии и наноматериалы – мода, спекуляции и реальность.
2. Теоретические предпосылки создания новых углеродных наноматериалов.
3. Новые методы исследования углеродных наноматериалов.
4. Роль отечественной науки в развитии углеродных наноматериалов.
5. Пространственные модели углеродных материалов.
6. Новые методы синтеза углеродных наноматериалов.
7. Развитие отечественной промышленности углеродных наноматериалов.
8. Мировой рынок углеродных наноматериалов.

9. Тенденции оптимизация технологического процесса получения наноалмазов.
10. Тенденции оптимизация технологического процесса получения фуллеренов.
11. Тенденции оптимизация технологического процесса получения нанотрубок.
12. От лабораторных опытов к промышленному производству углеродистых наноматериалов.
13. Перспективные методы получения углеродных наноматериалов.
14. Околонулевые спекуляции в нанотехнологиях и применении наноматериалов.
15. Новые и необычные возможности углеродистых наноматериалов.
16. Био-нанотехнологии. Искусственные материалы.
17. Наночистота как новый способ очистки питьевой воды.
18. Углеродные наноматериалы и оборонная промышленность.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачёта.

Зачёт предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется заданиями двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и практическая задача (для проверки умений и навыков), время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта заданий на зачёте:

##### Вариант № 1

1. Кристаллические аллотропы углерода.
2. Определите степень трёхмерной упорядоченности графита по данным РСА.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачёт».

#### **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

##### **а) печатные издания:**

1. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для вузов / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.:Физматлит, 2010. – 452 с.
2. Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие для вузов /Ю.П. Солнцев, Е.И. Прихна, С.А. Вологжанина, А.П. Петкова; под ред. Ю.П. Солнцева. – СПб.: Химиздат, 2009. – 335 с.
3. Раскин А.А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Часть 1.: учебное пособие для вузов по направлению подготовки 210100 «Электроника и микроэлектроника»./ А.А. Раскин. – М.: Бином, 2010, 164 с.

4. Рощин В.М. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники. Часть 2.: учебное пособие для вузов по направлению подготовки 210100 «Электроника и микроэлектроника». / В.М. Рощин. – М.: Бином, 2010, 180 с.

5. Суздалев, И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. – 2-е изд. испр. – М.: Кн. Дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 592 с.

6. Александров, С. Е. Технология полупроводниковых материалов: Учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2012. - 230 с.

7. Русинов, Л.А. Методы и средства измерений параметров качества нанотехнологических процессов и характеристик химических наноматериалов: Учебное пособие / Л. А. Русинов, Л. В. Новиков ; СПбГТИ(ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. пром-сти. - СПб.;, 2012. - 102 с.

8. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы: учебное пособие для студентов высш. учеб. Заведений / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.

#### **б) электронные издания**

1. Богданов, С.П. Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов: Методические указания / С. П. Богданов; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии электротерм. и плазмохим. пр-в. - Электрон. текстовые дан. - СПб.: 2013. - 26 с.

2. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К. Л. Васильева, О. М. Ищенко, Е. А. Соснов, А. А. Малыгин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. нанотехнологии и материалов электрон. техники. - СПб. : 2010. - 63 с. (ЭБ).

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Углеродные наноматериалы» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- OpenOffice.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.

14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения мастер классов и демонстрации практической исследовательской работы используется следующее оборудование:

1. Комплекс электрических измерений наноструктур (RLC метр E7-20, вольтметр универсальный электрометрический В7Э-42, комплекс измерительный K505, источник калиброванных напряжений, электрометр Keithley, генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123, мегомметр ПС-1, источник питания постоянного тока Б5-44);

2. Комплекс спектральных измерений (Атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915, сканирующий электронный микроскоп Tescan Vega 3 SBH, дифрактометр рентгеновский Rigaku Smartlab, спектрофотометры СФ-46, СФ-56, спектроколориметр ТКА-ВД, яркомер ФПЧ-УХЛ4, лазерный микроанализатор LMA -10, ИК-микроскоп со спектрофотометром Nicolet FT-IR, спектрофлуориметр AvaSpec-3648, исследовательский радиометр IL1700, микроскоп люминесцентный ЛЮМАМ);

3. Комплекс оптических измерений (15 металлографических микроскопов МИМ-4, МИМ-6, МИМ-8, универсальный измерительный микроскоп УИМ-21, рефрактометр ИРФ-23, 2 минералогических микроскопа МИН-8, 2 микротвердомера ПМТ-3,)

4. Установка молекулярного наслаивания,

5. Установка измерения полярной и неполярной составляющих свободной поверхностной энергии;

6. Анализатор размера частиц;

7. Дилатометр кварцевый ДКВ-4,

8. Ротационный вискозиметр «Rheotest»,

9. Пресса CarlZeisse Jena усилением 10 и 30 т.;

10. Две ультразвуковые ванны УЗУ- 0.25;

11. Весы электронные аналитические ALC-210d4, электронные технические ЕТ-300;

12. Весы механические ВНЦ, ВКЛ-500М, ВЛР-200, WA-21;

13. Три бокса 7БП1-ОС;

14. Вакуумные сушильные шкафы SPT-200,

15. Электроды лабораторные SNOL 6,7/1300, РЭМ 24/87, МП-2УМ и др. с рабочей температурой до 1600<sup>0</sup>С;

16. Термометры, термодары;

17. Бидистилляторы стеклянные БС, дистилляторы ДЭ-4,

18. Магнитные мешалки ММ-5;

19. Стеклянная посуда: колбы, мерные цилиндры, водоструйный насос, холодильник, чашки Петри, колба Бунзена, воронка Бюхнера.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процессы осуществляются в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Углеродные наноматериалы»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-6	<b>Способен обоснованно использовать знания основных типов металлических, неметаллических наноструктурированных и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.</b>	промежуточный
ПК-7	<b>Способен осуществлять анализ, оценку надежности, экономичности и экологических последствий применения наноматериалов.</b>	промежуточный



## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-6.4</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения заданного класса наноматериалов.	<b>Знает</b> о теоретических исследованиях по созданию новых углеродных материалов (ЗН-1);	Ответы на задания №1-2 к зачёту	Имеет представление о теоретических исследованиях по моделированию структуры и прогнозированию свойств углеродных наноматериалов.	Знает свойства и области применения углеродных наноматериалов, технологические процессы производства основных углеродных наноматериалов, владеет методами анализа свойств углеродистых наноматериалов.	Знает основные направления работ в области углеродных наноматериалов. Способен самостоятельно поставить задачу, провести исследование и подготовить сообщение по результатам работы.
	<b>Знает</b> современные методы производства основных видов углеродных наноматериалов (ЗН-2);	Ответы на задания №11-14 к зачёту	Имеет представление о методах производства основных видов углеродных наноматериалов.	Знает современные методы производства основных видов углеродных наноматериалов.	Знает особенности различных методов производства основных видов углеродных наноматериалов.
	<b>Знает</b> свойства и области применения углеродных наноматериалов (ЗН-3);	Ответы на задания № 3-9, 19, 20 к зачёту	Имеет представление об областях применения углеродных наноматериалов.	Знает набор свойств и области применения углеродных наноматериалов.	Способен предложить набор свойств, необходимых для применения углеродных наноматериалов в конкретной области.

	<b>Знает</b> технологические процессы при производстве основных углеродных наноматериалов (ЗН-4);	Ответы на задания № 11-14 к зачёту	Имеет представление о технологических процессах при производстве основных углеродных наноматериалов.	Знает основы технологии основных углеродных наноматериалов.	Знает оборудование и технологические приемы при производстве основных углеродных наноматериалов.
	<b>Знает</b> историю создания и изучения углеродных наноматериалов, роль отечественной научной школы в области исследования углеродных наноматериалов (ЗН-5);	Ответы на задания № 1-2 к зачёту	Имеет представление о исторических этапах в мировой науке в области исследования углеродных наноматериалов.	Знает о роли отечественной науки в области исследования углеродных наноматериалов	Может привести примеры отечественных научных школ в области исследования углеродных наноматериалов
	<b>Умеет</b> формулировать требования к свойствам наноматериала для конкретного применения (У-1);	Ответы на задания №19-20 к зачёту Отчеты о практических занятиях	Имеет представление о свойствах наноматериалов, необходимых для конкретного их применения.	Способен предъявить требования к наноматериалам для конкретного применения, способен перечислить необходимые для этого свойства.	Способен сформулировать набор требований и соответствующих свойств для нового вида наноматериалов.
	<b>Умеет</b> выбрать материалы для решения конкретной задачи (У-2);	Ответы на задания № 19-20 к зачёту Отчеты о практических занятиях	Имеет представление о технических задачах, решаемых с помощью наноматериалов.	Может выбрать подходящий материал из ряда предложенных материалов для решения поставленных технических задач.	Способен предложить наноматериал для конкретной области применения.

	<p><b>Умеет</b> выявить взаимосвязь между структурой и свойствами, применять знание фундаментальных закон и теорий для целенаправленного изменения свойств объекта исследования (У-3).</p>	<p>Ответы на задания № 2-3, 20 к зачёту Отчеты о практических занятиях</p>	<p>Воспроизводит термины, основные понятия, знает методы и процедуры эксперимента. Способен сопоставить и объяснить результаты эксперимента.</p>	<p>Выявляет взаимосвязь между структурой и свойствами, применяет знание фундаментальных закон и теорий для объяснения результатов исследования. Вычленяет главные факторы, влияющие на уровень свойств, оценивает значимость полученных экспериментальных данных и ошибок эксперимента.</p>	<p>Самостоятельно формулирует выводы, оценивает соответствие выводов полученным данным. Оценивает научную и прикладную значимость своей разработки.</p>
	<p><b>Владеет</b> методами анализа свойств углеродистых наноматериалов (Н-1).</p>	<p>Ответы на задания №10, 15-18 к зачёту Отчеты о практических занятиях</p>	<p>Имеет представление о методах анализа углеродных наноматериалов.</p>	<p>Владеет методами исследования углеродных наноматериалов, Способен выбрать методику анализа выбранного объекта.</p>	<p>Способен поставить цель и определить задачи исследования; Владеет методами оценки точности и достоверность полученных результатов.</p>
<p><b>ПК-7.4</b> Просчитывание рисков при выборе углеродных наноматериалов для заданной технологии.</p>	<p><b>Умеет</b> анализировать производственные риски при выборе марки и производителя углеродного материала (У-4).</p>	<p>Ответы на задания № 21-23, 28 к зачёту Отчеты о практических занятиях</p>	<p>Воспроизводит термины, основные понятия, знает о производственных рисках.</p>	<p>Имеет представление о потенциальных рисках при производстве углеродных наноматериалов.</p>	<p>Анализирует производственные риски при выборе метода производства углеродного материала.</p>

<b>ПК-7.9</b> Оценка социальной значимости и ответственности при разработке новых технологий и материалов.	<b>Знает</b> актуальные проблемы в области разработки, синтеза и применения углеродных наноматериалов (ЗН-6);	Ответы на задания № 21-23, 25, 26 к зачёту	Имеет представление об актуальных проблемах в области разработки, синтеза и применения углеродных наноматериалов.	Знает основные технологические сложности при производстве углеродных наноматериалов.	Знает актуальные нерешённые проблемы в области разработки, синтеза и применения углеродных наноматериалов.
	<b>Умеет</b> поставить цель и определить задачи исследования наноматериала (У-5).	Ответы на задания № 24, 27 к зачёту Отчеты о практических занятиях	Имеет представление о целях и задачах исследования материалов.	Может определить основные цели и задачи исследований наноматериалов.	Способен выбрать метод исследования наноматериала для оценки его значимости.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта. Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

##### **Теоретический вопрос:**

1. Общая характеристика наноматериалов и нанотехнологий. Основные понятия и определения. История развития наноматериалов и нанотехнологий и современное состояние отрасли.
2. Общие сведения о наноразмерных структурах. Механические свойства. Термодинамические свойства. Электрические свойства. Магнитные свойства.
3. Кристаллические аллотропы углерода. Алмаз и другие углеродные  $sp^3$ -аллотропы. Графиты. Карбин и карбиноиды.
4. Наноаллотропы углерода. Фуллерены. Нанотрубки. Графен. Другие  $sp^2$ -наноаллотропы углерода.
5. Наноалмазы. Даймондоиды. Алмазоподобные нанокристаллиты. Атомная структура, морфология и стабильность алмазных кристаллитов.
6. Алмазоподобные нановолокна. Морфология и стабильность алмазо-подобных волокон. Механические свойства алмазоподобных волокон.
7. Алмазоподобные нанотрубки. Наноалмазы в составе углерод-углеродных композитов. Наногрибы.
8. Разновидности углеродных плёнок. Структура, свойства нанокристаллических плёнок и покрытий.
9. Многослойные покрытия с наноструктурой. Нанокompозитные покрытия.
10. Методы исследования наноматериалов (отдельно по каждому методу).
11. Особенности химических методов получения наночастиц. Осаждение наночастиц из углеродсодержащих газов. Получение наночастиц с участием плазмы. Лазерное испарение. Механохимический синтез наночастиц.
12. Промышленное получение фуллеренов и углеродных нанотрубок.
13. Промышленный синтез детонационных наноалмазов.
14. Получение углеродных плёнок. Особенности формирования углеродных нанокристаллических покрытий.

##### **Практическое задание:**

15. Определите степень трёхмерной упорядоченности графита по данным РСА.
16. Рассчитать размер областей когерентного рассеивания по данным РСА.
17. Определить фазовый состав углеродного материала.
18. Выполнить описание морфологии кристаллического материала.
19. Выбрать марку и поставщика материала из предложенного списка.
20. Сравнить предложенные материалы для возможного их применения в конкретном производстве.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

##### **Теоретический вопрос:**

21. Преимущества и недостатки различных методов синтеза фуллеренов и нанотрубок.
22. Преимущества и недостатки различных методов синтеза наноалмазов.
23. Преимущества и недостатки различных методов производства кристаллов алмазов.

24. Потребительские свойства углеродных наноматериалов и методы их анализа.
25. Области применения углеродистых наноматериалов в технике.
26. Виды композиционных наноматериалов на основе углерода и области их применения.

**Практическое задание:**

27. Сравнить между собой различные предложенные методики исследования одного из свойств материала.
28. Сравнить производственные риски при выборе марки и производителя углеродного материала из предложенного списка.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.