

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.03.2024 13:35:02  
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  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ  
В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ**

Специальность

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Специализация

**Химия материалов**

Квалификация

**Химик. Преподаватель химии**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физико-химического конструирования функциональных материалов**

Санкт-Петербург

2023

**Б1.В.17**

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины.....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины...	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия.....	09
4.5. Самостоятельная работа обучающихся.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	13
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации...	15

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

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-3</b> Способен к поиску и анализу научной информации по химии материалов, анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	<b>ПК-3.4</b> Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования в области углеродных наночастиц и материалов	<b>Знать:</b> существующие типы углеродных наночастиц, их основные физико-химические свойства; физические принципы современных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц; современные методы синтеза различных типов углеродных наночастиц (ЗН-1); <b>Уметь:</b> определять типы химической связи в углеродных наночастицах и их связь со структурой и физико-химическими свойствами; анализировать и оценить применимость и эффективность различных методов для анализа состава и структуры углеродных наночастиц; анализировать применимость и эффективность различных методов синтеза углеродных наночастиц (У-1); <b>Владеть:</b> представлениями об основных физико-химических свойствах углеродных наночастиц; представлениями о физико-химических методах модификации свойств углеродных наночастиц; представлениями о промышленных методах синтеза и областях применения различных углеродных наночастиц (Н-1).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.17), и изучается на 5 курсе в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплины «Физика твердого тела».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Углеродные наноматериалы в современной технике и технологии» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе, при прохождении производственной 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>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>78</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36 (10)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>30</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	2 индивидуальных задания
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<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	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе	4	4	-	3	ПК-3	ПК-3.4
2	Типы химической связи в углеродных наноструктурах.	6	6	-	4	ПК-3	ПК-3.4
3	Методы исследования углеродных наночастиц и структур на их основе	6	6	-	10	ПК-3	ПК-3.4
4	Методы получения различных типов углеродных наноструктур: фуллеренов, нанотрубок, графена, оксида графена, наноалмазов.	6	6	-	5	ПК-3	ПК-3.4
5	Физико-химические свойства различных типов углеродных наноструктур.	8	8	-	5	ПК-3	ПК-3.4
6	Применения углеродных наночастиц и структур на их основе	6	6	-	3	ПК-3	ПК-3.4

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

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-3.4	Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе Типы химической связи в углеродных наноструктурах. Методы исследования углеродных наночастиц Методы получения различных типов углеродных наноструктур: фуллеренов, нанотрубок, графена, оксида графена, наноалмазов. Физико-химические свойства различных типов углеродных наноструктур. Фазовые трансформации в углеродных наноструктурах при различных внешних воздействиях.

		Применения углеродных наночастиц и структур на их основе
--	--	--

#### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>1</sup>
1	<b>Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе.</b> Многообразие форм углеродных наночастиц. Методы классификации углеродных наночастиц. Типы углеродных наночастиц.	4	Л
2	<b>Типы химической связи в углеродных наноструктурах.</b> Различные типы гибридизации электронных оболочек. Магические числа в кластерах и фуллеренах. Модель оболочек, модель желе. Методы получения и модели образования фуллеренов, углеродных нанотрубок, графена и алмазных наночастиц.	6	Л
3	<b>Методы исследования углеродных наночастиц и структур на их основе.</b> Электронная микроскопия, атомно-силовая и туннельная сканирующая электронная микроскопия. Малоугловое рентгеновское и нейтронное рассеяние. Магнитная резонансная спектроскопия, рентгеновская электронная спектроскопия, спектроскопия потерь энергии электронов, динамическое рассеяние света	6	ЛВ

<sup>1</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>1</sup>
4	<b>Основы метода химического осаждения из газовой фазы (CVD метод) для получения углеродных наноструктур.</b> Влияние параметров процесса на тип гибридизации электронных оболочек атомов углерода в наноструктурах. Алмазные, наноалмазные и алмазоподобные пленки. Развитие методов получения углеродных нанотрубок. Развитие методов получения графена	6	Л
5	<b>Особенности методов получения наноалмазных частиц.</b> Метод получения алмаза из графита при высоких давлениях и температурах. Динамический синтез алмазных наночастиц. Фазовые переходы алмаз-графит на наномасштабе углерода-нанографит.	8	ЛВ
6	<b>Применения углеродных наноструктур.</b> Физические эффекты в углеродных наноструктурах. Теплопроводность углеродных наноструктур. Особенности оптических свойств углеродных наноструктур. Механические свойства углеродных наноструктур. Области применения фуллеренов, нанотрубок, наноалмазов и графена	6	Л

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

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

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<b>Занятие 1.</b> Сборка моделей углеродных наноструктур. Работа с моделями решеток (алмаз, графит, фуллерен, нанотрубка).	4	-	РД
2	<b>Занятие 2.</b> Типы химических связей в углеродных наноструктурах.	6	-	РД
3	<b>Занятие 3.</b> Основы физических методов исследования углеродных наноструктур.	6	4	РД



№ раздела дисциплин ы	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
4	<b>Занятие 4.</b> Принцип CVD метода и его модификации для получения углеродных наноструктур	6	-	Д
5	<b>Занятие 5.</b> Особенности методов получения алмазных наночастиц	8	6	Д
6	<b>Занятие 6.</b> Применения углеродных наноструктур	6	-	КрСт

#### 4.4.2. Лабораторные работы

Лабораторных работ в учебном плане не предусмотрено.

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Тема 1. Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе</b> История открытия углеродных наноструктур. Методы классификации углеродных наночастиц	3	Устный опрос
2	<b>Тема 2. Типы химической связи в углеродных наноструктурах.</b> Типы химических связей в фуллеренах. Полимеризация фуллеренов. Параметры, характеризующие структуру углеродных нанотрубок. Методы функционализации углеродных нанотрубок	4	Устный опрос
3	<b>Тема 3. Методы исследования углеродных наночастиц и структур на их основе</b> Локальные и интегральные методы исследования углеродных наночастиц. Энергетическая зонная диаграмма изолированного фуллерена и кристалла фуллерена. Методы определения типа химической связи в углеродной наноструктуре	10	ИЗ №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	<b>Тема 4. Методы получения различных типов углеродных наноструктур: фуллеренов, нанотрубок, графена, оксида графена, наноалмазов.</b> Различные модификации метода получения углеродных наноструктур химическим осаждением из газовой фазы (CVD метода). Влияние состава газовой фазы и параметров CVD процесса на тип углеродной наноструктуры	5	Устный опрос
5	<b>Тема 5. Физико-химические свойства различных типов углеродных наноструктур.</b> Принципы различных технологических методов получения наноалмазов, графена, оксида графена и нанографита	5	ИЗ №2
6	<b>Тема 6. Применения углеродных наночастиц и структур на их основе.</b> Тепловые и термоэлектрические эффекты в углеродных наноструктурах. Эффект полевой эмиссии в углеродных наноструктурах. Принцип устройства суперконденсатора	3	Устный опрос

#### **Темы индивидуальных заданий:**

##### **ИЗ №1:**

1. Проанализировать и сравнить различные методы исследования углеродных наноструктур.
2. Проанализировать погрешности различных методов определения размеров углеродных наночастиц.
3. Проанализировать механические свойства различных углеродных наночастиц
4. Проанализировать возможности применения углеродных наноструктур с точки зрения особенностей из физико-химических свойств

##### **ИЗ №2:**

1. Проанализировать различные методы получения углеродных наноструктур (например, фуллеренов, нанотрубок, графена).
2. Сравнить преимущества и недостатки методов получения фуллеренов (дуговой метод, метод сжигания углеводородов, метод лазерного испарения).
3. Провести сравнительный анализ методов получения одностенных и многостенных углеродных нанотрубок.
4. Проанализировать структурные типы твердых фаз, получаемых при воздействии на фуллерен C<sub>60</sub> высоких давлений и температур.

## **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: <https://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 комплектуются теоретическими вопросами (заданиями).

При сдаче зачёта студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачёте:

### **Вариант № 1**

1. Различные типы углеродных наночастиц. Методы классификации углеродных наночастиц.
2. Различие в характере химической связи между атомами углерода в графите, алмазе и углеродной нанотрубке.
3. Динамические методы синтеза углеродных наночастиц

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 – «зачёт».

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

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

#### а) печатные издания:

1. Суздаев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. - 2-е изд., испр. - М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2.

2. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : Учебное пособие для вузов по спец. 020101 (011000) - Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Физматлит, 2010. - 452 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1.

3. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : Физматлит, 2009. - 454 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8.

4. Детонационные наноалмазы. Технология, структура, свойства и применения / Под ред.: А. Я. Вуль и О. А. Шендеровой. - СПб. : Изд-во ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 2016. - 384 с. - ISBN 978-5-93634-025-2.

5. Мейлахс, А. П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - СПб. : [б. и.], 2019. - 109 с.

#### б) электронные учебные издания:

1. Мейлахс, А. П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 109 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.biblotech.ru> (дата обращения: 15.05.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## 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:  
<http://media.technolog.edu.ru> Учебный план, РПД и учебно-методические материалы.

Электронно-библиотечные системы:

<https://technolog.biblotech.ru> «Электронный читальный зал – БиблиоТех»;

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

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

[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;

[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;

<http://www.nanometer.ru> - Нанометр (нанотехнологическое сообщество)

<http://www.school.edu.ru/default.asp> - Российский общеобразовательный портал

<http://www.allscience.ru> - all Science – Российский научный портал

<http://en.edu.ru> - Естественнонаучный образовательный портал

<http://popular.rusnano.com> - Нано? Это просто!

<http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/perst.htm> - Экспресс-бюллетень “ПерсТ”

(Перспективные Технологии - наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены)

<http://nano.msu.ru> - Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ.

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

Все виды занятий по дисциплине «Углеродные наноматериалы в современной технике и технологии» 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.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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.**

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно),

Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия),

программный комплекс Gaussian 9.

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

База данных журналов РИНЦ,

База данных COD (<http://www.crystallography.net/cod/>).

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

**Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.**

Основное оборудование: столы; стулья; доска; демонстрационный экран, проектор, компьютер.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.**

Основное оборудование: столы; стулья; доска; демонстрационный экран; проектор; компьютер. Для проведения практических занятий используются наглядные пособия (модели), поясняющие структуру и симметрию углеродных наноструктур.

**Помещение для самостоятельной работы.**

Основное оборудование: столы; стулья; проектор; экран; компьютеры с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется 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 в современной технике и технологии»**

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

Индекс компетенции	Содержание <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
ПК-3	Способен к поиску и анализу научной информации по химии материалов, анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	промежуточный

<sup>2</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>3</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 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)
			«зачтено» (пороговый)
<b>ПК-3.4</b> Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования в области углеродных наночастиц и материалов	<b>Рассказывает о</b> существующих типах углеродных наночастиц, их основных физико-химических свойствах; физических принципах современных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц; современных методах синтеза различных типов углеродных наночастиц (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-54 к зачёту	Правильно классифицирует различные типы углеродных наночастиц, понимает связь между типом химической связи и структурой наночастицы. Правильно определяет тип химической связи в различных углеродных наноструктурах. Правильно классифицирует различные методы анализа состава и структуры углеродных наночастиц. Знает и умеет правильно классифицировать различные методы синтеза углеродных наночастиц.
	<b>Определяет</b> типы химической связи в углеродных наночастицах и их связь со структурой и физико-химическими свойствами; <b>анализирует и оценивает</b> применимость и эффективность различных методов для анализа состава и структуры углеродных наночастиц; <b>анализирует</b> применимость и эффективность различных методов синтеза углеродных наночастиц (У-1)	Правильные ответы на вопросы №1-54 к зачёту, ИЗ №1, 2	Правильно понимает изменение типа структуры и характера химической связи при переходе от нульмерных к одномерным и к двумерным углеродным наноструктурам. Может правильно характеризовать различные типы фуллеренов и углеродных нанотрубок. Правильно оценивает преимущества и недостатки различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц. Правильно понимает преимущество и недостатки различных методов синтеза углеродных наночастиц, правильно оценивает ограничения различных методов синтеза углеродных наночастиц.



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачтено» (пороговый)
	<p><b>Демонстрирует</b> представления об основных физико-химических свойствах углеродных наночастиц; представления о физико-химических методах модификации свойств углеродных наночастиц; представления о промышленных методах синтеза и областях применения различных углеродных наночастиц (Н-1).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-54 к зачёту, ИЗ №1, 2</p>	<p>Правильно понимает изменение свойств углеродных наночастиц при изменении типа гибридизации электронных оболочек атомов углерода. Правильно оценивает погрешности и ограничения различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц. Имеет правильные представления о возможности масштабирования различных методов синтеза углеродных наночастиц, правильно оценивает области применения различных типов углеродных наночастиц в различных областях техники.</p>

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – бинарная («зачтено», «не зачтено»).

При этом «зачтено» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенций.

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**  
**по компетенции ПК-3:**

1. Различные типы углеродных наночастиц. Методы классификации углеродных наночастиц.
2. Типы химической связи в углеродных наноструктурах.
3. Понятие о гибридизации электронных оболочек атомов углерода.
4. Соотношение числа поверхностных и объемных атомов на примере углеродной наночастицы.
5. Основные типы фуллеренов. Правило Эйлера.
6. Стабильность различных типов фуллеренов. Магические числа в кластерах.
7. Различные типы структур на основе графена, существующие типы углеродных нанотрубок.
8. Наноалмаз и углерод луковичной формы.
9. Фазовая диаграмма углерода, ее применимость на наномасштабе
10. Тип химической связи в алмазной и алмазоподобной структуре
11. Характер химической связи в кристаллах фуллеритов
12. Существующие модели формирования фуллеренов
13. Различие в характере химической связи между атомами углерода в графите, алмазе и углеродной нанотрубке.
14. Сравнить энергии межатомной связи в разных углеродных наночастицах – фуллеренах, нанотрубках, графене, наноалмазе.
15. Классификация методов исследования углеродных наноструктур.
16. Локальные и интегральные методы исследования углеродных наночастиц.
17. Физические основы методов туннельной и атомно-силовой микроскопии.
18. Физические основы метода спектроскопии комбинационного рассеяния.
19. Оптические свойства алмазных пленок и наноалмазных частиц.
20. Методы характеристики поверхности углеродных наноструктур.
21. Основы метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
22. Методы анализа элементного состава и структуры углеродных наночастиц.
23. Методы определения размеров углеродных наночастиц их преимущества и недостатки.
24. Резонансные методы исследования углеродных наночастиц
25. Принцип CVD метода получения углеродных наноструктур.
26. Динамические методы синтеза углеродных наночастиц.
27. Области применения различных углеродных наноструктур
28. Методы получения углеродных нанотрубок.
29. Области возможных применений углеродных нанотрубок.
30. Методы получения графена.
31. Механические свойства углеродных наноструктур.
32. Теплопроводность углеродных нанотрубок и наноалмазов.
33. Особенность энергетической диаграммы графена.
34. Особенности автоэлектронной эмиссии из углеродных наноструктур.
35. Методы синтеза и основные свойства наноалмазов.
36. Области применения наноалмазов.
37. Возможности функционализации поверхности различных углеродных наночастиц.
38. Полимеризация фуллеренов при высоких давлениях и сверхтвердые фазы фуллеритов.

39. Фазовый переход алмаз-графит и синтез алмаза из графита при высоких давлениях.
40. Возможности создание композиционных материалов из углеродных наночастиц.
41. Возможность применения углеродных наночастиц для создания новых типов сенсоров.
42. Симметрия различных типов углеродных наночастиц
43. Различные типы фуллеренов: высшие фуллерены, эндофуллерены, луковочная форма углерода
44. Нанографит, графен и многослойный графен, изменение физико-химических свойств графена при изменении числа слоев
45. Физико-химические свойства различных типов наноалмазов.
46. Изменение свойств нанотрубок при изменении числа слоев и хиральности.
47. Применение синхротронного излучения при анализе углеродных наночастиц
48. Сравнение метода рентгеновской дифракции и спектроскопии комбинационного рассеяния света для анализа структуры углеродных наночастиц.
49. Возможности метода электронного парамагнитного резонанса для анализа углеродных наночастиц
50. Современные методы анализа примесей в углеродных наноструктурах
51. Современные метода анализа типа химических связей в углеродных наночастицах.
52. Сравнить различные методы определения химического состава углеродных наночастиц
53. Сравнить различные методы определения кристаллической структуры в углеродных наночастицах
54. Сравнить методы анализа поверхностных и объемных свойств углеродных наночастиц.

При сдаче зачёта студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.  
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

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

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено» (если достигнут «пороговый» уровень освоения всех элементов компетенции), «не зачтено».