

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 29.09.2023 09:45:57  
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  
«26» марта 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКОХИМИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ**

Направление подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность программы магистратуры  
**Физическая химия и химия твердого тела**

Квалификация  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург  
2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Вуль А.Я.

Рабочая программа дисциплины «Физикохимия углеродных наночастиц» обсуждена на заседании кафедры физической химии, протокол от «05» февраля 2019 № 6  
Заведующий кафедрой

доцент Изотова С.Г.

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов, протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

доцент Изотова С.Г.

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Физическая химия и химия твердого тела»		доцент Изотова С.Г.
Директор библиотеки		Старостенко Т.Н.
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Богданова Т.И.
Начальник УМУ		Денисенко С.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	6
3. Объем дисциплины.....	6
4. Содержание дисциплины.....	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	7
4.2. Занятия лекционного типа.....	8
4.3. Занятия семинарского типа.....	9
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	9
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	9
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	9
4.5. Темы индивидуальных заданий.....	10
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.....	12
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.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	14

Приложение к рабочей программе дисциплины: Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Физикохимия углеродных наночастиц»

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

В результате 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-1.</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p><b>ПК-1.В.06.1</b> Формирование представлений о существующих типах углеродных наночастиц и типах химической связи в углеродных наночастицах</p>	<p><b>Знать</b> существующие типы углеродных наночастиц, их основные физико-химические свойства <b>Уметь</b> определять типы химической связи в углеродных наночастицах и их связь со структурой и физико-химическими свойствами <b>Владеть</b> представлениями об основных физико-химических свойствах углеродных наночастиц</p>
	<p><b>ПК-1.В.06.2</b> Владение представлениями о физико-химических основах современных методов анализа структуры и состава углеродных наночастиц</p>	<p><b>Знать</b> физические принципы современных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц <b>Уметь</b> анализировать и оценить применимость и эффективность различных методов для анализа состава и структуры углеродных наночастиц <b>Владеть</b> представлениями о физико-химических методах модификации свойств углеродных наночастиц</p>
	<p><b>ПК-1.В.06.3</b> Формирование представлений о современных методах синтеза, модификации и применения углеродных наночастиц</p>	<p><b>Знать</b> современные методы синтеза различных типов углеродных наночастиц <b>Уметь</b> анализировать применимость и эффективность различных методов синтеза углеродных наночастиц <b>Владеть</b> представлениями о промышленных методах синтеза и областях применения различных углеродных наночастиц</p>

<p><b>ПК-2.</b> Способен проводить поиск научной информации в выбранной области химии и/или смежных наук</p>	<p><b>ПК-2.В.06.1</b> Формирование представлений о физико-химических подходах к классификации различных типов углеродных наночастиц</p>	<p><b>Знать</b> типы sp гибридации электронных оболочек в углеродных наночастицах <b>Уметь</b> выбрать оптимальный метод анализа типа гибридации электронных оболочек атомов в углеродной наночастице <b>Владеть</b> существующими подходами к анализу новейшей научно-технической литературы по углеродным наночастицам</p>
	<p><b>ПК-2.В.06.2</b> Формирование представлений о методах анализа состава и структуры углеродных частиц на наномасштабе</p>	<p><b>Знать</b> квантовомеханическую модель атома как основу современных физических методов анализа углеродных наночастиц <b>Уметь</b> оценить характерные энергии связи атомов углерода в наночастице <b>Владеть</b> методами оценки физико-химических параметров углеродных наночастиц</p>
	<p><b>ПК-2.В.06.3</b> Формирование представлений о взаимосвязи результатов различных физико-химических методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц</p>	<p><b>Знать</b> типичные методические погрешности физико-химических методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц <b>Уметь</b> анализировать связь между структурой, оптическими и механическими свойствами углеродных наночастиц <b>Владеть</b> анализировать методами для оценки использования углеродных наночастиц в различных областях техники</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физикохимия углеродных наночастиц» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры, изучается на первом курсе, во втором семестре.

В методическом плане курс «Физикохимия углеродных наночастиц» использует фундаментальные законы физики и химии и опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин магистратуры: «Квантовая механика и квантовая химия» и бакалавриата: «Физические методы анализа» и «Физическая химия». В курсе широко применяется математический аппарат и параллельный курс физики твердого тела. Основой представлений о свойствах твердых тел является геометрия кристаллической решетки, трансляционная инвариантность, что требует подготовки студентов по курсу «Кристаллохимии и кристаллографии».

Получаемые в процессе изучения дисциплины «Физикохимия углеродных наночастиц» умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>56</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>52</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Индивидуальное задание
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарс кого типа, акад. часы	Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия			
1.	Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе	2	4	5	ПК-1 ПК-2	ПК-1.В.06.1 ПК-2.В.06.1
2.	Типы химической связи в углеродных наноструктурах.	3	6	9	ПК-1 ПК-2	ПК-1.В.06.2 ПК-2.В.06.1
3.	Методы исследования углеродных наночастиц	4	6	13	ПК-1 ПК-2	ПК-1.В.06.3 ПК-2.В.06.2
4.	Метод получения углеродных наноструктур химическим осаждением из газовой фазы	3	6	9	ПК-2	ПК-2.В.06.2
5.	Методы получения и физико-химические свойства nanoалмаза, nanoграфита, графена и оксида графена	3	8	9	ПК-2	ПК-2.В.06.2 ПК-2.В.06.3
6	Применения углеродных наночастиц и структур на их основе	3	6	7	ПК-2	ПК-2.В.06.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Классификация углеродных наночастиц</b> Многообразие форм углеродных наночастиц. Методы классификации углеродных наночастиц. Типы углеродных наночастиц Углерод на наномасштабе.	2	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	3	Л
3	<b>Методы исследования углеродных наночастиц и структур на их основе.</b> Электронная микроскопия, атомно-силовая и туннельная сканирующая электронная микроскопия. Магнитная резонансная спектроскопия, рентгеновская электронная спектроскопия, спектроскопия потерь энергии электронов, динамическое рассеяние света.	4	ЛВ
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.	3	ЛВ_
5	<b>Особенности методов получения наноалмазных частиц.</b> Метод получения алмаза из графита при высоких давлениях и температурах. Детонационные наноалмазы. Фазовые переходы наноалмаз-луковичная форма углерода-нанографит.	3	Л
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	3	ЛВ

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Занятие 1.</b> Сборка моделей углеродных наноструктур. Работа с моделями решеток (алмаз, графит, фуллерен, нанотрубка). Правило	4	Регламентированная дискуссия -
2	<b>Занятие 2.</b> Типы химических связей в углеродных наноструктурах.	6	Регламентированная дискуссия
3	<b>Занятие 3.</b> Основы физических методов исследования углеродных наноструктур.	6	Регламентированная дискуссия
4	<b>Занятие 4.</b> Принцип CVD метода и его модификации для получения углеродных наноструктур	6	групповая дискуссия
5	<b>Занятие 5.</b> Особенности методов получения алмазных наночастиц	8	Дебаты
6	<b>Занятие 6.</b> Применения углеродных наноструктур	6	«Круглый стол»

##### 4.3.2. Занятия лабораторного типа.

Не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплин	Перечень вопросов для самостоятельного обучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Тема 1. Классификация углеродных наночастиц. Углерод на наномасштабе</b> История открытия углеродных наноструктур. Методы классификации углеродных наночастиц.	5	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	9	Индивидуальное задание

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	13	Индивидуальное задание
4	<b>Тема 4. Метод получения углеродных наноструктур химическим осаждением из газовой фазы (CVD метод)</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.	9	Индивидуальное задание
5	<b>Тема 5. Методы получения и физико-химические свойства наноалмаза, нанографита, графена и оксида графена</b> Принципы различных технологических методов получения наноалмазов, графена, оксида графена и нанографита	9	Устный опрос
6	<b>Тема 6. Физические эффекты в углеродных наноструктурах.</b> Тепловые и термоэлектрические эффекты в углеродных наноструктурах. Эффект полевой эмиссии в углеродных наноструктурах. Принцип устройства суперконденсатора.	7	Устный опрос

#### 4.5. Темы индивидуальных заданий

1. Сравнить преимущества и недостатки методов получения фуллеренов (дуговой метод, метод сжигания углеводородов, метод лазерного испарения).
2. Проанализировать структурные типы твердых фаз, получаемых при воздействии на фуллерен C<sub>60</sub> высоких давлений и температур.
3. Проанализировать возможности применения углеродных наноструктур с точки зрения особенностей из физико-химических свойств.
4. Провести сравнительный анализ методов получения одностенных и многостенных углеродных нанотрубок.
5. Проанализировать погрешности различных методов определения размеров углеродных наночастиц.
6. Проанализировать и сравнить различные методы исследования углеродных наноструктур.
7. Проанализировать различные методы получения углеродных наноструктур (например, фуллеренов, нанотрубок, графена).
8. Проанализировать механические свойства различных углеродных наночастиц

## **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 Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен или достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется четырьмя вопросами (заданиями) для проверки умений и навыков.

При сдаче зачета студент получает четыре вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### **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.
4. Локальные и интегральные методы исследования углеродных наночастиц.

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

### а) печатные издания:

1. Суздалев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд., испр. - М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 592 с.
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.
3. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : Физматлит, 2009. - 454 с.
4. Детонационные наноалмазы. Технология, структура, свойства и применения / А.Я.Вуль, О.А.Шендерова. ФТИ им. А. Ф. Иоффе. СПб. 2016, - 384 с.
5. Пул, Ч. П.: Нанотехнологии : Учебное пособие по направлению подготовки "Нанотехнологии" / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2007. - 375 с
6. Фуллерены / Л. Н. Сидоров, М. А. Юровская, А. Я. Борщевский и др. ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - М.: Экзамен, 2004. - 687 с.
7. Сергеев, Г.Б. Нанохимия : Учебное пособие для вузов по направлению 020100 (510500) Химия, по спец. 020101 (011000) Химия / Г. Б. Сергеев. - 2-е изд. - М. : Кн. дом "Университет", 2007. - 333 с.
8. 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. (ЭБ)

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

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

Электронно-библиотечные системы:

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

Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»

Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink.

Электронно-библиотечная система «КНИГАФОНД» г. Москва knigafund.ru

«БИБЛИОТЕХ» г.Москва bibliotech.ru

Интернет сайты зарубежных научных и учебных центров: NBS USA, MTI UK, ChLab Japan, NSRDS и др.

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

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

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

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

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

Экспресс-бюллетень “ПерсТ” (Перспективные Технологии - наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены) – <http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst.htm>

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

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

Все виды занятий по дисциплине «Физикохимия углеродных наночастиц» 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 УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

изучение предусмотренного планом рекомендованной научной литературы;

выполнение индивидуальных заданий в заданные сроки;

подготовку постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить после повторения материала предыдущего занятия и вопросами по 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;

презентации студентов с докладами по выполненным индивидуальным заданиям;

взаимодействие с обучающимися по 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 COD (<http://www.crystallography.net/cod/>)

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения практических занятий используются наглядные пособия (модели), поясняющие структуру и симметрию углеродных наноструктур.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Физикохимия углеродных наночастиц»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1.</b>	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	промежуточный
<b>ПК-2</b>	Способен проводить поиск научной информации в выбранной области химии и/или смежных наук	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)
			«зачтено»
<b>ПК-1.В.06.1</b> Формирование представлений о существующих типах углеродных наночастиц и типах химической связи в углеродных наночастицах	Знает Существующие типы углеродных наночастиц, их основные физико-химические свойства	Ответы на вопросы №1- 14 к зачету	Правильно классифицирует различные типы углеродных наночастиц, понимает связь между типом химической связи и структурой наночастицы. Правильно определяет тип химической связи в различных углеродных наноструктурах.
	Умеет Определять типы химической связи в углеродных наночастицах и их связь со структурой и физико-химическими свойствами	Ответы на вопросы №1- 14 к зачету	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.
	Владет Представлениями об основных физико-химических свойствах углеродных наночастиц	Ответы на вопросы №1- 14 к зачету	Правильно понимает изменение свойств углеродных наночастиц при изменении типа гибридизации электронных оболочек атомов углерода.
<b>ПК-1.В.06.2</b> Владение представлениями о физико-химических основах современных методов анализа структуры и состава	Знает Физические принципы современных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц	Ответы на вопросы №15- 24 к зачету	Правильно классифицирует различные методы анализа состава и структуры углеродных наночастиц
	Умеет Анализировать и оценить применимость и	Ответы на вопросы №15- 24 к зачету	Правильно оценивает преимущества и недостатки различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц

углеродных наночастиц	эффективность различных методов для анализа состава и структуры углеродных наночастиц		
	Владеет Представлениями о физико-химических методах модификации свойств углеродных наночастиц	Ответы на вопросы №15- 24 к зачету	Правильно оценивает погрешности и ограничения различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц..
<b>ПК-1.В.06.3</b> Формирование представлений о современных методах синтеза, модификации и применения углеродных наночастиц	Знает Современные методы синтеза различных типов углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 25- 41 к зачету	Знает и умеет правильно классифицировать различные методы синтеза углеродных наночастиц.
	Умеет Анализировать применимость и эффективность различных методов синтеза углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 25- 41 к зачету	Правильно понимает преимущество и недостатки различных методов синтеза углеродных наночастиц, правильно оценивает ограничения различных методов синтеза углеродных наночастиц.
	Владеет Представлениями о промышленных методах синтеза и областях применения различных типов углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 25- 41 к зачету	Имеет правильные представления о возможности масштабирования различных методов синтеза углеродных наночастиц, правильно оценивает области применения различных типов углеродных наночастиц в различных областях техники
<b>ПК-2.В.06.1</b> Формирование представлений о физико-химических подходах к классификации различных типов углеродных наночастиц	<b>Знает</b> типы <i>sp</i> гибридизации электронных оболочек в углеродных наночастицах	Ответы на вопросы № 42-46 к зачету	Правильно указывает на типы <i>sp</i> гибридизации электронных оболочек атомов углерода в различных типа углеродных наночастиц. Правильно понимает связь между типом <i>sp</i> гибридизации и основными свойствами углеродных наночастиц.
	<b>Умеет</b>	Ответы на вопросы	Правильно выбирает метод анализа для определения типа <i>sp</i>

	выбрать оптимальный метод анализа типа гибридизации электронных оболочек атомов в углеродной наночастице	№ 42-46 к зачету	гибридизации электронных оболочек в различных углеродных наночастицах
	Владеет Существующими подходами к анализу новейшей научно-технической литературы по углеродным наночастицам	Ответы на вопросы № 42-46 к зачету	Умеет правильно оценить преимущества и недостатки различных методов анализа определения типа <i>sp</i> гибридизации в различных углеродных наночастицах
<b>ПК-2.В.06.2</b> Формирование представлений о методах анализа состава и структуры углеродных частиц на наномасштабе	<b>Знает</b> квантовомеханическую модель атома как основу современных физических методов анализа углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 47- 51 к зачету	Имеет правильные представления о квантово-механической модели атома и ее связи с методами анализа состава и структуры углеродных наночастиц.
	<b>Умеет</b> оценить характерные энергии связи атомов углерода в наночастице	Ответы на вопросы № 47- 51 к зачету	Правильно выполняет численные оценки применимости различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц
	<b>Владеет</b> методами оценки физико-химических параметров углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 47- 51 к зачету	Правильно выполняет численные оценки точности различных методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц
<b>ПК-2.В.06.3</b> Формирование представлений о взаимосвязи результатов различных физико-химических	<b>Знает</b> типичные методические погрешности физико-химических методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 52- 54 к зачету	Имеет правильные представления о преимуществах и ограничениях резонансных методов исследования свойств углеродных наноструктур.

методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц			
	<b>Умеет</b> анализировать связь между структурой, оптическими и механическими свойствами углеродных наночастиц	Ответы на вопросы № 52- 54 к зачету	Умеет выбрать правильную комбинацию минимального количества методов исследований, позволяющую получить достаточную информацию для определения механических и оптических свойств углеродных наночастиц.
	<b>Владет</b> методами анализа для оценки использования углеродных наночастиц в различных областях техники	Ответы на вопросы № 52- 54 к зачету	Умеет правильно анализировать применимость различных углеродных наночастиц для объектов современной техники.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ): промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

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

**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-1.В.06.1 (Формирование представлений о существующих типах углеродных наночастиц и типах химической связи в углеродных наночастицах):**

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.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-1.В.06.2 (Владение представлениями о физико-химических основах современных методов анализа структуры и состава углеродных наночастиц):**

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

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-1.В.06.3 (Формирование представлений о современных методах синтеза, модификации и применениях 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.

**г) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-2.В.06.1** (Формирование представлений о физико-химических подходах к классификации различных типов углеродных наночастиц):

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.

**д) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-2.В.06.2** (Формирование представлений о методах анализа состава и структуры углеродных частиц на наномасштабе):

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 методы анализа типа химических связей в углеродных наночастицах

**е) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по индикатору компетенции ПК-2.В.06.3** (Формирование представлений о взаимосвязи результатов различных физико-химических методов анализа состава и структуры углеродных наночастиц):

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 зачета студент получает четыре вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.