

Программа утверждена на заседании
Ученого Совета химического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
Протокол № __ от _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

Краткая аннотация: Спецкурс предназначен для аспирантов, специализирующихся в областях химии углеродных наноструктур. Целью настоящего спецкурса является дать учащимся современный объем знаний по методам синтеза, особенностям молекулярного и электронного строения, а также методам анализа углеродных наноструктур (фуллерены, углеродные нанотрубки, графен и др.). Обучение направлено на приобретение учащимися следующих знаний и навыков: знание методов синтеза, номенклатуры, особенностей строения, физико-химических свойств и методов анализа углеродных наноструктур, (2) умение выбирать и применять синтетические методики для направленного синтеза углеродных наноструктур, (3) а также обучение приемам работы с углеродными наноструктурами и методам их анализа.

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки, направленности: Физическая химия, Неорганическая химия, Химия твердого тела.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок 1 «Дисциплины (модули)»

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	У1 (УК-1) Уметь критически оценивать литературные результаты
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь представлять полученные результаты в отчетах,

способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	докладах и научных статьях
ПК-4 способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия	31 (ПК-4) Знать номенклатуру углеродных наноструктур 32 (ПК-4) Знать особенности молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур 33 (ПК-4) Знать основные методы синтеза углеродных наноструктур 34 (ПК-4) Знать основные физико-химические методы анализа, применяемые при исследовании состава и строения углеродных наноструктур
	У1 (ПК-4) Уметь выбирать синтетическую стратегию получения и функционализации углеродных наноструктур У2 (ПК-4) Уметь подбирать методы для качественного и количественного анализа углеродных наноструктур
	В1 (ПК-4) Владеть терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятий лекционного типа, 2 часа групповые консультации, 6 часов индивидуальные консультации и 10 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или бакалавриате и магистратуре должны быть освоены общие курсы: "Аналитическая химия", "Органическая химия", "Неорганическая химия", "Физическая химия", "Математический анализ", "Теория вероятностей", "Уравнения математической физики", "Механика /электричество", "Колебания и волны/Оптика", "Элементы строения вещества"

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них						из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Фуллерены. Тема 1. Аллотропные формы углерода. Явление аллотропии. Классификация аллотропных форм углерода. Строение и свойства sp^3 -, sp^2 -, sp -форм углерода. Фазовые диаграммы состояния углерода. Методы получения аллотропных форм углерода. Тема 2. Методы синтеза и строение фуллеренов. Открытие бакминстерфуллерена. Методы лабораторного и промышленного синтеза фуллеренов. Механизм образования фуллеренов. Выделение и очистка фуллеренов. Молекулярное строение фуллеренов. Топология и стабильность фуллеренов. Угол пирамидализации. Теорема Эйлера и её следствия для фуллеренов. Тема 3. Основы номенклатуры фуллеренов. Тривиальная номенклатура фуллеренов. Фуллероиды. Рекомендации IUPAC для названия фуллеренов и их производных. Канонический спиральный код.	12	6					6	6		6

<i>Тема 4.</i> Ионы фуллеренов. Электронное строение фуллеренов. Энергия сродства к электрону и энергия ионизации фуллеренов в газовой фазе; анионы и катионы фуллеренов в конденсированной фазе: методы получения, строение и свойства. Оптические спектры ионов фуллеренов. Особенности молекулярного строения и химические свойства анионов фуллеренов. <i>Тема 5.</i> Гидриды фуллеренов. Строение гидридов фуллеренов. Методы синтеза. Неклассические гидриды фуллеренов. Химические свойства гидридов фуллеренов. <i>Тема 6.</i> Галогениды фуллеренов. Синтез галогенфуллеренов. Строение галогенфуллеренов. Неклассические фуллерены. Перегруппировка Стоуна-Вэлса. Химические свойства галогенфуллеренов. <i>Тема 7.</i> Кислородсодержащие производные фуллеренов. Строение эпоксифуллеренов и оксогемофуллеренов. Методы синтеза. Озонолиз. Химические свойства оксидов фуллеренов. Строение и методы синтеза фуллеренолов. <i>Тема 8.</i> Перфторалкилфуллерены. Закономерности функционализации фуллеренов. Строение и методы синтеза перфторалкилфуллеренов. Синтез и строение диформетиленфуллеренов. Химия фторсодержащих производных фуллеренов. Закономерности присоединения простых аддендов.	24	12			2		14	10		10
---	----	----	--	--	---	--	----	----	--	----

<i>Тема 9.</i> Реакции нуклеофильного присоединения в химии фуллеренов. Региохимия нуклеофильного присоединения к C_{60} и C_{70}. Электронное строение анионных интермедиатов. Присоединение C-нуклеофилов. Нуклеофильное присоединение в присутствии окислителя. Реакция Бингеля. Нуклеофильное циклопропанирование. Реакция с N-нуклеофилами. <i>Тема 10.</i> Реакции циклоприсоединения в химии фуллеренов. Реакция Дильса-Альдера в химии фуллеренов. Ретро-реакция Дильса-Альдера. Темплатный синтез. [2+2]-Циклоприсоединение. 1,3-Диполярное циклоприсоединение. Реакция Прато. [2+1]-Циклоприсоединение. <i>Тема 11.</i> Синтез и свойства гомофуллеренов и гетерофуллеренов. Особенности молекулярного и электронного строения гомофуллеренов. Методы получения гомофуллеренов. Алкилирование гомофуллеренов. Раскрытие фуллеренового каркаса. Методы синтеза азафуллеренов. Химия азафуллеренов. <i>Тема 12.</i> Эндоэдральные производные фуллеренов. Классы эндоэдральных фуллеренов. Особенности строения. Взаимодействие эндоэдрального кластера с углеродным каркасом. Особенности изомерии эндоэдральных соединений. Методы синтеза и очистки эндоэдральных фуллеренов. Методы раскрытия фуллеренового каркаса. Введение частиц в фуллереновый каркас. Специфика химии эндоэдральных фуллеренов.	26	10		1	2	1	14	12		12
---	----	----	--	---	---	---	----	----	--	----

<i>Раздел 2. Углеродные нанотрубки и графен.</i> <i>Тема 13. Углеродные нанотрубки. Эксперимент Иджимы. Строение одностенных и многостенных углеродных нанотрубок (УНТ). Свертка УНТ. Дефекты УНТ. Упаковка УНТ. Методы получения одностенных и многостенных нанотрубок. Механизм роста УНТ. Методы выделения и очистки УНТ. Электронные свойства УНТ. Физико-химические методы анализа УНТ.</i> <i>Тема 14. Функционализация углеродных нанотрубок. Химия на дефектах. Карбоксилированные УНТ. Этерефикация, аминирование и амидирование УНТ. Функционализация стенок УНТ. Фторирование и гидрирование УНТ. Радикальное и циклоприсоединение. Нековалентная модификация УНТ. Физико-химические методы анализа производных УНТ.</i> <i>Тема 15. Графен. Эксперимент Гейма и Новоселова. Строение графена. Механические и электронные свойства графена. Методы синтеза графена. Физико-химические методы анализа графена. Устройства на основе графена. Химическая активность графена: дефекты и базальная плоскость. Химия на точке Дирака.</i> <i>Тема 16. Оксид графена. Оксиды углерода. Получение оксида графита. Строение оксида графита и оксида графена (ОГ). Методы очистки ОГ. Восстановление ОГ. Методы функционализации ОГ. Композиты на основе ОГ.</i>	22	8		1	2	1	12	10		10
Промежуточная аттестация: зачет	24					8	8	16		16
ИТОГО	108	36		2	6	10	54	54		54

8. Образовательные технологии:

Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; интерактивные лекции, в ходе которых аспиранты под контролем лектора выполняют задания, способствующие практическому усвоению лекционного материала; лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные приемам выполнения различных этапов структурного анализа. Демонстрации составлены на основе результатов исследований, проведенных авторами программы дисциплины.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

В качестве домашнего задания аспирантам будет предложено самостоятельно изучить некоторые элементы тем программы, самостоятельно проводить анализ научной литературы и научной или научно-популярной информации, касающейся углеродных наноматериалов, и самостоятельно подготовить ответы на ряд вопросов для зачета.

10. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной, вспомогательной и периодической литературы ко всему курсу

Основная литература:

1. Фуллерены: Учебное пособие/ Л.Н. Сидоров, М.А. Юровская и др. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 688 с.
2. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры. Родословная форм и идей/ Е. А. Кац. - М.: «Либроком», 2009. – 296.
3. Графен и родственные наноструктуры углерода/ С. П. Губин, С. В. Ткачев.– М.: Издательство «Либроком», 2009. – 104.
4. Углеродные материалы. Свойства, технологии, применения: учебное пособие/ С. Колокольцев. – М.: Издательство «Интеллект», 2012. – 296.
5. Химия новых материалов и нанотехнологии: учебное пособие/ Б.Д. Фахельман. – М.: Издательство «Интеллект», 2011. – 463.

Дополнительная литература:

1. Fullerenes. Chemistry and Reactions. / A. Hirsch, M. Brettreich. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005. – 441.
2. Применение высокоэффективной жидкостной хроматографии для анализа и разделения фуллеренов и их производных/ А.А. Горюнков, Н.Б. Тамм, М.: Отдел оперативной печати и информации Химического факультета МГУ. 2010
3. Применение масс-спектрометрии матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации к фуллеренам и их производным/ В.Ю. Марков, Л.Н. Сидоров. М.: Отдел оперативной печати и информации Химического факультета МГУ. 2009

Периодическая литература:

1. Л.Н. Сидоров, С.И. Троянов. На пороге новой химии фуллеренов. Природа. 2011. т. 9, с. 22-30.

2. Д.В. Игнатьева, С.И. Троянов, Л.Н. Сидоров. Внешнесферные и скелетные перегруппировки в молекулах производных фуллеренов. Успехи химии. 2011. т. 80 № 7. с. 663-678.
3. Н.Б. Тамм, Л.Н. Сидоров, С.И. Троянов. Исследования в области высших фуллеренов. Вестн. Моск. Ун-та, Серия 2, Химия 2009. т. 50. с. 411-427.
4. Л.Н. Сидоров, О.В. Болтали. Эндоэдральные металлопроизводные и экзоэдральные фторпроизводные фуллеренов. Усп. Химии. 2002. т. 71 с. 611-640.
5. Э.Г. Раков. Методы получения углеродных нанотрубок. Усп Химии. 2000. т. 69. с. 41-59.
6. F. Bonaccorso, A. Lombardo, T. Hasan, Zh. Sun, L. Colombo, A.C. Ferrari, Production and processing of graphene and 2d crystals. Mat. Today., 2012. т. 2012. с. 564-589.
7. A. Deshpande, B.J. LeRoy. Scanning probe microscopy of graphene. Physica E. 2012. т. 44. с. 743-759.
8. M.F. Craciun, S. Y. Russo, M. Yamamoto, S. Tarucha. Tuneable electronic properties in graphene. Nano Today. 2011. т. 6. с. 42-60
9. M.E. Itkis, D.E. Perea, R. Jung, S. Niyogi, R.C. Haddon. Comparison of Analytical Techniques for Purity Evaluation of Single-Walled Carbon Nanotubes. J. Am. Chem. Soc. 2005. т. 127. с. 3439-3448.
10. U.J. Kim, C.A. Furtado, X. Liu, G. Chen, P.C. Eklund. Raman and IR Spectroscopy of Chemically Processed Single-Walled Carbon Nanotubes. J. Am. Chem. Soc. 2005. т. 127. с. 15437-15445.
11. R. Marega, V. Aroulmoji, F. Dinon, L. Vaccari, S. Giordani, A. Bianco, E. Murano, M. Prato. Diffusion-Ordered NMR Spectroscopy in the Structural Characterization of Functionalized Carbon Nanotubes. J. Am. Chem. Soc. 2009. т. 131. с. 9086–9093.

Перечень информационных технологий и ресурсов, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:

- Библиотека структур фуллеренов: <http://www.nanotube.msu.edu/fullerene/fullerene-isomers.html>
- Лекции J.R. Bleeker and R.F. Frey <http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/Fullerene/fullerene.html>
- Web-страница Сэра Гарольда Крото <http://www.kroto.info/>
- Углеродные нанотрубки: общая информация, генерация структур, релевантные сайты: <http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/nanotube.html>, <http://nanotube.msu.edu/>
- Графен: история открытия и области применения: <http://www.graphene.manchester.ac.uk/>

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

1. Доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Горюнков Алексей Анатольевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, aag@thermo.chem.msu.ru, тел. (495) 939-53-73

2. Доктор химических наук, профессор Сидоров Лев Николаевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, sidorov@phys.chem.msu.ru, тел. (495) 939-12-40

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
2. Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - **зачета**.

Образцы контрольных вопросов для промежуточной аттестации - зачета:

1. Классификация аллотропных форм углерода. Строение и свойства sp^3 -, sp^2 -, sp -форм углерода. Методы получения аллотропных форм углерода.
2. Методы лабораторного и промышленного синтеза фуллеренов. Механизм образования фуллеренов. Молекулярное строение фуллеренов. Угол пираимидализации. Теорема Эйлера и её следствия для фуллеренов.
3. Номенклатура фуллеренов. Фуллероиды. Канонический спиральный код.
4. Электронное строение фуллеренов. Энергия сродства к электрону и энергия ионизации фуллеренов. Ионы фуллеренов в конденсированной фазе: методы получения, строение и свойства.
5. Строение и методы синтеза гидридов фуллеренов. Химические свойства гидридов фуллеренов.
6. Строение и методы получения галогенфуллеренов. Перегруппировка Стоуна-Вэлса. Химические свойства галогенфуллеренов.
7. Кислородсодержащие производные фуллеренов: строение, методы синтеза и химические свойства.
8. Строение и методы синтеза перфторалкилфуллеренов. Синтез и строение диформетилфуллеренов. Химия фторсодержащих производных фуллеренов.
9. Закономерности присоединения простых аддендов к фуллеренам.
10. Реакции нуклеофильного присоединения в химии фуллеренов. Электронное строение анионных интермедиатов. Присоединение C-нуклеофилов. Нуклеофильное присоединение в присутствии окислителя. Реакция Бингеля. Нуклеофильное циклопропа-нирование. Реакция с N-нуклеофилами.
11. Реакция циклоприсоединения в химии фуллеренов. Ретро-реакция Дильса-Альдера. Темплатный синтез. Реакция Прато.
12. Особенности молекулярного и электронного строения гомофуллеренов. Методы получения и химические свойства гомофуллеренов. Раскрытие фуллеренового каркаса. Методы синтеза и химические свойства азафуллеренов.
13. Методы синтеза и особенности строения эндоэдральных фуллеренов. Специфика химии эндоэдральных производных фуллеренов.
14. Особенности строения и методы синтеза одностенных и многостенных углеродных нанотрубок (УНТ). Механизм роста. Электронные свойства УНТ. Физико-химические методы анализа УНТ.

15. Методы ковалентной и нековалентной функционализации углеродных нанотрубок. Химия на дефектах. Физико-химические методы анализа производных УНТ.
16. Методы получения и особенности строения графена. Механические и электронные свойства графена. Физико-химические методы анализа графена. Химическая активность графена: дефекты и базальная плоскость. Химия на точке Дирака.
17. Получение оксида графита. Строение оксида графита и оксида графена (ОГ). Методы функционализации ОГ. Композиты на основе ОГ.

Текущий контроль усвоения материала проводится в виде беседы (коллоквиума) по вопросам зачета

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет происходит в форме индивидуального собеседования по перечисленным в списке вопросам. На зачете производят проверку степени систематических представлений о методах синтеза, особенностях молекулярного и электронного строения, а также методах анализа углеродных наноструктур. Достижение результатов обучения проверяют по ответам минимум на три вопроса (основные вопросы). В зависимости от ответов на основные вопросы аспиранту могут быть предложены и дополнительные вопросы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Углеродные наноструктуры» на основе карт компетенций выпускников

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
	1	2	3	4	5	
<i>У1 (УК-1) Уметь критически оценивать литературные результаты</i>	Отсутствие знаний	Умение критически оценивать научные результаты в ряде случаев	Шаблонное умение критически оценивать научные результаты	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение критически оценивать научные результаты	Полное умение критически оценивать научные результаты	Дополнительный вопрос в ходе зачета
<i>У1 (ОПК-1) Уметь представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях</i>	Отсутствие знаний	Умение представлять только некоторые полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Шаблонное умение представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Сформированное умение гибко представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Дополнительный вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ	ПРОЦЕДУРЫ
------------------	--	------------------

ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ					ОЦЕНИВАНИЯ*
	1	2	3	4	5	
31 (ПК-4) Знать номенклатуру углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о номенклатуре углеродных наноструктур	Несистематические знания о номенклатуре углеродных наноструктур	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о номенклатуре углеродных наноструктур	Сформированные и систематические знания о номенклатуре углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета
32 (ПК-4) Знать особенности молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания об особенностях молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур	Несистематические знания об особенностях молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об особенностях молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур	Сформированные и систематические знания об особенностях молекулярного и электронного строения углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета
33 (ПК-4) Знать основные методы синтеза углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания об основных методах синтеза углеродных наноструктур	Ограниченные представления об основных методах синтеза углеродных наноструктур	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных методах синтеза углеродных наноструктур	Сформированные и систематические знания об основных методах синтеза углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ	ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
-----------------------	--	--------------------------

по дисциплине (модулю)						
	1	2	3	4	5	
34 (ПК-4) Знать основные физико- химические методы анализа, применяемые при исследовании состава и строения углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания об основных физико- химических методах анализа, применяемых при исследовании состава и строения углеродных наноструктур	Ограниченные представления об основных физико- химических методах анализа, применяемых при исследовании состава и строения углеродных наноструктур	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных физико- химических методах анализа, применяемых при исследовании состава и строения углеродных наноструктур	Сформированны е и систематические знания об основных физико- химических методах анализа, применяемых при исследовании состава и строения углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета
У1 (ПК-4) Уметь выбирать синтетическую стратегию получения и функционализа ции и углеродных наноструктур	Отсутствие умений	Умение выбирать синтетическую стратегию получения и функционализа ции только некоторых углеродных наноструктур	Шаблонное умение выбирать синтетическую стратегию получения и функционализа ции и углеродных наноструктур	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать синтетическую стратегию получения и функционализации углеродных наноструктур	Сформированное умение гибко выбирать синтетическую стратегию получения и функционализа ции углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ	ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
-------------------------------	--	----------------------------------

по дисциплине (модулю)						
	1	2	3	4	5	
<i>У2 (ПК-4)</i> Уметь подбирать методы для качественного и количественного анализа углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Умение подбирать методы для качественного и количественного анализа только некоторых углеродных наноструктур	Шаблонное умение подбирать методы для качественного и количественного анализа углеродных наноструктур	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение подбирать методы для качественного и количественного анализа углеродных наноструктур	Полное умение подбирать методы для качественного и количественного анализа углеродных наноструктур	Дополнительный вопрос в ходе зачета
<i>В1 (ПК-4)</i> Владеть терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур	Отсутствие знаний	Неполное владение терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур	Поверхностное владение терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур	Довольно полное, но содержащее отдельные пробелы владение терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур	Сформированное систематическое владение терминологией, используемой в химии углеродных наноструктур	Основной вопрос в ходе зачета