

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Фуллерены и нанотрубки

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки (специальность):

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) ОПОП:

Физическая химия

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Фуллерены и нанотрубки**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ОПК-1.С. Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p>Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, Уметь: самостоятельно составлять план исследования Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p>
<p>СПК-1. С Способность использовать теоретические основы современных физико-химических методов исследования и анализа систем различной природы при решении практических задач</p>	<p>Знать: особенности молекулярного и электронного строения фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов Знать: химические свойства, физико-химические методы анализа фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов Уметь: выбирать стратегию синтеза производных фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов с требуемыми физико-химическими свойствами, а также методы определения их электронного, молекулярного и надмолекулярного строения Уметь: применить теоретические основы современных физико-химических методов исследований для анализа продуктов функционализации фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов Владеть: навыками статистической обработки данных физико-химического эксперимента</p>
<p>СПК-2. С. Способность проводить экспериментальные исследования в избранной области физической химии (кинетика и катализ, химическая термодинамика, молекулярная спектроскопия, химия поверхности)</p>	<p>Уметь: грамотно выбирать физико-химические методы анализа для определения строения и свойств фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов Уметь: готовить образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изучаемых объектов Владеть: навыками интерпретации спектральных данных и расчетными методами для определения строения и свойств фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов</p>

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических 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 часа, из которых 64 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (28 часов занятия лекционного типа, 28 часа – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 44 часа составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

знать: основы теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной химии, химии высокомолекулярных соединений, основные свойства химических элементов и их соединений); области применения, достоинства и недостатки различных спектроскопических методов анализа и принципы работы основных приборов, используемых для этих целей; основные законы и принципы квантовой механики молекул, моделей и методов расчета электронной структуры

уметь: применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; ориентироваться в современной литературе по теории методов и их применению в различных областях науки и производства.

владеть: основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; теоретическими основами и практикой применения современных физико-химических методов исследования и анализа систем различной природы

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

аттестации по дисциплине (модулю)		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
Тема 1. Аллотропные формы углерода	4	2	2				4			
Тема 2. Методы синтеза фуллеренов	6	2	2				4	2		2
Тема 3. Строение фуллеренов	4	2	2				4			
Тема 4. Основы номенклатуры фуллеренов	8	2	4				6	2		2
Тема 5. Фуллерены в нейтральной и ионизированных состояниях в газовой и конденсированной фазах	8	4	4				8			
Тема 6. Эндоэдральные производные фуллеренов	8	4	2				6	2		2
Тема 7. Олигомерные и полимеризованные формы фуллеренов	6	2	2	2			6			

Тема 8. Открытие углеродных нанотрубок и графена	6	2	2				4	2		2
Тема 9. Методы изучения наноразмерных структур	6	2	2				4	2		2
Тема 10. Строение и номенклатура углеродных нанотрубок и графенов.	4	2	2				4			
Тема 11. Методы синтеза углеродных нанотрубок	6	2	2				4	2		2
Тема 12. Синтез графенов	6	2	2	2			6			
Промежуточная аттестация экзамен	36					4	4		32	32
Итого	108	28	28	4		4	64	12	32	44

9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

Студентам предоставляется программа курса, план занятий, перечень домашних заданий, лекционные материалы и примеры решения задач. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной 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 наноформы 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.

Интернет-ресурсы:

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

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели:

1. в.н.с., д.х.н., Горюнков Алексей Анатольевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, aag@thermo.chem.msu.ru, тел. (495) 939-53-73
2. профессор, д.х.н. 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

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

Вопросы для экзамена

1. Явление аллотропии; классификация аллотропных форм углерода; строение и свойства sp^3 -, sp^2 -, sp -форм углерода; фазовые диаграммы состояния углерода
2. Методы синтеза фуллеренов. Открытие бакминстерфуллерена, эндоэдральные фуллерены, новые формы углерода среди традиционных углеродных форм, методы лабораторного и промышленного синтеза фуллеренов (лазерное испарение, электродуговой синтез); механизм образования фуллеренов; выделение и очистка фуллеренов.
3. Строение фуллеренов. Топология и стабильность фуллеренов, угол пирамидализации, геометрическая, электронная и колебательная структура фуллеренов, теорема Эйлера, физические и спектроскопические свойства.
4. Основы номенклатуры фуллеренов. Тривиальная номенклатура, рекомендации IUPAC, канонический спиральный код.
5. Фуллерены в нейтральной и ионизированных состояниях в газовой и конденсированной фазах. Энергия сродства к электрону, энергия ионизации и электроотрицательность фуллеренов в газовой фазе; анионы и катионы фуллеренов в конденсированной фазе: методы получения, строение и свойства; фуллериды щелочных и щелочно-земельных металлов, интеркалированные фуллерены.
6. Эндоэдральные производные фуллеренов. Классы эндоэдральных фуллеренов; особенности строения; особенности взаимодействия центрального атома с углеродным каркасом; особенности изомерии эндоэдральных соединений; методы синтеза, выделения и очистки эндоэдральных фуллеренов; методы раскрытия фуллеренового каркаса; введение частиц в фуллереновый каркас; физические и химические свойства.
7. Олигомерные и полимеризованные формы фуллеренов. Фотополимеры и полимеры высокого давления, особенности строения и физико-химических свойств.
8. Открытие углеродных нанотрубок и графена. Эксперимент Иджимы, эксперимент Гейма и Новоселова, механические и электронные свойства, неуглеродные аналоги нанотрубок и графена.
9. Методы изучения наноразмерных структур. Информация получаемая традиционными методами (ИК, КР, ЯМР), масс-спектрометрия и микроскопия (растровая электронная микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия).
10. Строение и номенклатура углеродных нанотрубок и графенов. Закономерности строения углеродных нанотрубок, классификация нанотрубок, одностенные и многостенные углеродные нанотрубки; строение графенов.
11. Методы синтеза углеродных нанотрубок. Методы получения одностенных и многостенных нанотрубок; механизм роста углеродных нанотрубок; методы выделения и очистки углеродных одностенных и многостенных нанотрубок.
12. Синтез графенов. Методы синтеза сверху-вниз и снизу-вверх: механическое отслаивание, эпитаксиальный рост, разрезание нанотрубок; химические методы (восстановление оксидов графена, пиролиз органических производных).

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: особенности молекулярного и электронного строения фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов</p> <p>Знать: химические свойства, физико-химические методы анализа фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов;</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы</p> <p>Уметь: самостоятельно составлять план исследования;</p> <p>Уметь: выбирать стратегию синтеза производных фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов с требуемыми физико-химическими свойствами, а также методы определения их электронного, молекулярного и надмолекулярного строения;</p> <p>Уметь: применить теоретические основы современных физико-химических методов исследований для анализа продуктов функционализации фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов;</p> <p>Уметь: грамотно выбирать физико-химические методы анализа для определения строения и свойств фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов;</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>

<p>Уметь: готовить образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изучаемых объектов.</p>	
<p>Владеть: навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения; Владеть: навыками статистической обработки данных физико-химического эксперимента; Владеть: навыками интерпретации спектральных данных и расчетными методами для определения строения и свойств фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>