

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Нанобиоматериалы и физика наноструктур

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки (специальность):
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-1.С. Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	ОПК-1.С.1. Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, по нанобиоматериалам Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения
СПК-2.С. Способен применять в нанобиотехнологии знание основных классов нанобиоматериалов и общих принципов физики наноструктур, методов создания и исследования нанобиоструктур	СПК-2.С(итог) применяет знание основных классов нанобиоматериалов, общих принципов физики наноструктур, методов создания и исследования нанобиоструктур при решении задач нанобиотехнологической направленности	Знать: теоретические основы создания нанобиоматериалов Знать: основы физики наноструктур Уметь: активно использовать знания о физических основах нанобиотехнологии при решении задач профессиональной деятельности

3. 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 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 90 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (42 часа занятия лекционного типа, 42 часа – семинарского, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 54 часа составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

Знать: общие положения, законы и теории базовых химических и математических дисциплин, основы биохимии, основные классы биоорганических соединений.

Уметь: применять сведения в области физической химии к решению упрощенных задач

Владеть: навыками анализа физико-химических параметров системы для предсказания возможных протекающих процессов, методами анализа экспериментальных данных.

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

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 из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы 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
Тема 1. Физика наноструктур	35	14	14			4	32	3		3
Тема 2. Липидные наноконтейнеры для доставки лекарств	7	2	2				4	3		3
Тема 3. Полимерные системы в нанобиотехнологии	15	6	6				12	3		3
Тема 4. Нанобиоструктуры на ос-	19	8	8				16	3		3

нове белка										
Тема 5. Нанобиоструктуры на основе нуклеиновых кислот	19	8	8				16	3		3
Тема 6. Нанобиоматериалы на основе вирусов	11	4	4				8	3		3
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	38			2			2			36
Итого	144	42	42	2		4	90			54

6. 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.

7. **Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):** конспекты лекций, литература из рекомендованного списка

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Конспекты лекций

Дополнительная литература

1. Научные публикации из списка, рекомендованного лекторами
2. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии (перевод с англ. под ред. Ю.И. Головина). М.: Техносфера. 2004. 328 с.
3. Ю.И. Головин. Введение в нанотехнику. М.: Машиностроение. 496 с.
4. Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. Физические и химические основы нанотехнологии. М.: Физматлит. 2008. 456 с.

5. И.П. Суздаев. Нанотехнологии: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига. 2006. 596 с.
- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: проф. д.ф.-м.н. Головин Ю.И., проф. д.х.н. Ярославов А.А., с.н.с. к.х.н. Пышкина О.А., доц.д.х.н. Кудряшова Е.В., доц.к.х.н. Родина Е.В., доц.д.х.н. Зверева М.Э., с.н.с. к.б.н. Зиновкин Р.А.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамен. На экзамене проверяется достижение результатов обучения, перечисленных в п.2.

Вопросы к экзамену:

Раздел Физика наноструктур:

1. Принципы классификации нанообъектов и наноструктур. Основные классы наноматериалов и области их использования.
2. Размерные эффекты (РЭ) в наноструктурах. Понятие о скейлинге, автомодельности и границах применимости теории/модели.
3. Основные разновидности РЭ в наномасштабных структурах.
4. Основные группы физических причин специфического поведения нанообъектов.
5. «Классические» РЭ в наноструктурах. Их типичные проявления.
6. РЭ в механике.
7. Прочность и пластичность в наношкале.
8. Трение в наношкале.
9. Поведение нанодисперсий в гравитационном поле.
10. Капиллярные явления в наношкале.
11. РЭ в явлениях переноса. Баллистический режим.
12. РЭ в гидродинамике.
13. РЭ в диффузии.
14. РЭ в электропереносе.
15. РЭ в теплопереносе.
16. Феноменология магнетизма в наношкале.

17. Размерное квантование, проявления и примеры использования.
18. Туннелирование, его проявления и использование.
19. Самоорганизация и самосборка. Термодинамика и кинетика. Конкретные примеры и условия осуществления.
20. РЭ в химии наноструктур.
21. Твердые тела. Роль симметрии в строении и свойствах твердых тел. Кристаллические решетки Бравэ.
22. Моно-, поли- и нанокристаллические твердые тела, аморфные, нанокompозитные и нанопористые материалы. Основные особенности их атомного строения.
23. Нульмерные, одномерные и двумерные дефекты структур кристаллического строения и их роль в формировании структурочувствительных свойств.
24. Основы термодинамики и кинетики фазовых переходов в наноструктурах.
25. Гомогенное и гетерогенное зарождение новой фазы. Зародыши и их рост в паровой, жидкой и твердой фазе.
26. Роль свободных и внутренних поверхностей в физико-химии наноструктур.
27. Основные группы причин специфики свойств поверхности.
28. Атомарные приповерхностные структуры. Релаксация и реконструкция, микротопология, адатомы и адсорбированные молекулы. Их роль в формировании свойств наночастиц и наноматериалов.
29. Принципы образования зон в электронных спектрах идеальных твердых тел. Зависимость энергетической структуры от числа атомов в частице. Магические числа атомов в наночастицах.
30. Размерное квантование. Квантовые колодцы, квантовые проволоки и квантовые точки. Квантовые точки с оболочками.
31. Электронные приповерхностные состояния. Их роль в формировании свойств наночастиц и наноматериалов.
32. Поверхностные плазмоны. Резонанс на поверхностных плазмонах и его использование в химии.
33. Физические принципы и основные группы методов исследования наноструктур. Упругое и неупругое рассеяние.
34. Принципы и техника просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии.
35. Принципы и методы сканирующей зондовой микроскопии (туннельной, атомно-силовой и оптической ближкопольной).
36. Принципы оптической и рамановской спектроскопии.
37. Принципы магниторезонансной спектроскопии.
38. Принципы и методы масс-спектрометрии.
39. Принципы гамма-резонансной спектроскопии.
40. Принципы дифрактометрии. Камеры и дифрактометры. Электронная, рентгеновская и нейтронная дифракция.
41. Принципы и методы измерения размеров наночастиц.
42. Основные группы физических свойств наноматериалов и их связь с химическим составом, атомарной и микроструктурой (с акцентом на последнюю).
43. Природа и способы управления, электрическими и электронно-оптическими свойствами твердых тел.
44. Природа магнитных свойств вещества.
45. Особенности спонтанного магнитного упорядочения в наноструктурах (ферро-, антиферро-, ферри- и суперпарамагнетизм).

46. Магнитная гипертермия. Неелевская и броуновская релаксация. Тепловыделение и температурное поле в магнитной суспензии, помещенной в радиочастотное магнитное поле.

Раздел Нанобиоматериалы

Наноструктуры на основе белков и пептидов. Принципы образования белковых комплексов. Олигомеризация и агрегация белков. Примеры природных супрамолекулярных белковых ансамблей. Инженерия наноструктур заданной архитектуры на основе белков и пептидов.

Белковые капсулы и их применение. Капсулы на основе ферритина; шаперонов; вирусных капсидов. Использование в качестве реакторов для синтеза небелковых наноматериалов; в качестве контейнеров для доставки лекарств. Направленная модификация капсул.

Другие белковые наносистемы и их применение. Филаменты цитоскелета. Пептидные нанотрубки. S-слои. Использование в качестве одномерных и двумерных матриц для самоорганизации нанообъектов.

Гибридные наноматериалы с участием белков и пептидов. Природные нанокомпозитные системы (костная ткань, соединительная ткань). Синтетические гибридные наноматериалы на основе белков и пептидов. Возможности использования в медицине и технике. Эластомерные белки и возможности их использования в наномеханике. Модульные белки в природе. Титин, фибронектин. Строение и механические свойства. Механосенсорные системы. Инженерия модульных белков с заданными свойствами.

Нуклеиновые кислоты (НК). Принципы структурной организации. Триплексы. Квадруплексы. Катенаны. Особенности структурной организации РНК: двутяжевые РНК, вторичная и третичная структура одотяжевых РНК. Неканонические взаимодействия. Шпильки, псевдоузлы, структурированные петли, молнии. Аптамеры.

Методы синтеза НК. Методы определения последовательности НК: сиквенс по Сенгеру, по М.-Гилберту. Методы получения информации о структуре НК.

Структурная ДНК-нанотехнология. Перекрест молекулы ДНК. Двухмерные поверхности. Сетки на основе ДНК-множеств: DX множества: дизайн и самосборка плоских кристаллов ДНК, модификации поверхности. ДНК нанотрубки: дизайн и характеристика, сравнение преимуществ и недостатков по отношению к углеродным нанотрубкам. Гибридные материалы.

Материалы с пространственной организацией. Другие множества: на основе трех, шести угольников, возможность получения трехмерных материалов. ДНККоригами, а именно создание поверхности из одной нити НК, модулированной короткими НК. ДНК полиэдры.

ДНК наномеханические устройства (ДНК-нанороботехника). Устройства на основе «молекулярных пинцетов». Основа волнообразного движения. Виды топлива ДНК-нанороботов: свето-, рН-зависимые и температуро-зависимые системы.

Контроллеры на основе ДНК: принцип работы. Первые «компьютеры» на их основе: MAYAI и MAYAII. Стратегия развития. Функциональная ДНК-нанотехнология. ДНКзимы. Общие определения и свойства. Принципы создания материалов с использованием ДНКзимов. Молекулярные моторы и другие устройства на основе ДНКзимов. Рибозимы и их возможное использование.

Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов: нанопровода и ячейки памяти на основе ВТМ, литий-ионные аккумуляторы на основе фага M13. Использование вирусов в качестве биотемплатов для создания упорядоченных наноструктур.

Вирусные наноструктуры в медицине (получение антител и вакцин; наноконтейнеры; адресная доставка лекарств) и биологии (идентификация биомолекул и поиск аффинных мишеней). Принцип метода генетической комбинаторики (phage display, biopanning), создание полупроводников с помощью фагового скрининга. Токсичность и иммуногенность фитовирусных наночастиц. Нерешенные проблемы использования вирусных наночастиц.

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 \ Результат	2	3	4	5
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
Знать: теоретические основы создания нанобиоматериалов Знать: основы физики наноструктур	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, по нанобиоматериалам Уметь: активно использовать знания о физических основах нанобиотехнологии при решении задач профессиональной деятельности	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене