

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

23 декабря 2024 г.

Регистрационный № УД- 13451/уч.



ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ НАНОХИМИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

направление специальности

1-31 05 01-02 Химия (научно-педагогическая деятельность)

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021; учебного плана БГУ: № G31-1-232/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

Д.И. Муравский, старший преподаватель кафедры неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Б. Оджаев, заведующий кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники, физический факультет Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии БГУ
(протокол № 4 от 02.12.2024);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 5 от 19.12.2024)

Заведующий кафедрой



Д.В.Свиридов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Избранные главы нанохимии» относится к дисциплинам компонента учреждения высшего образования и предназначена для студентов третьего курса химического факультета. Уникальность свойств веществ в наноразмерном масштабе обеспечивает большой интерес специалистов из различных областей химии, физики и биологии к наноматериалам и их применениям. Внедрение наноматериалов в инновационные технологии (оптоэлектроника, фотовольтаика, биомедицина и др.) требует от современных специалистов-химиков владения знаниями о зависимости свойств наноматериалов от их структурных и размерных характеристик, методах получения наноматериалов и исследования их свойств, а также использовании наноматериалов в разнообразных применениях.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов с основными достижениями нанотехнологии, нанобъектами (кластерами, наночастицами, квантовыми точками и др.), особыми свойствами вещества в наноразмерном состоянии, методами изучения и способами получения индивидуальных наночастиц, принципами объединения их в ансамбли и создания на этой основе наноструктур с определенными функциональными свойствами.

Задачи учебной дисциплины:

1. Получение студентами фундаментальных физико-химических знаний и представлений о зависимости физических и химических свойств вещества от количества атомов в его частице, об особенностях наноразмерного состояния, химических способах получения наночастиц и наноструктурированных материалов, объединения наночастиц в функциональные ансамбли;
2. Формирование у студентов синтетического научного мировоззрения, основанного на объединении знаний из различных областей науки;
3. Формирование основных представлений о методах изучения наноструктур и проведении научных исследований с применением современных инструментальных методов, что важно для подготовки студентов к научной деятельности и к современным способам оценки качества продукции;
4. Подготовка студентов к последующему выполнению курсовых и дипломных работ, магистерских и кандидатских диссертаций.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Современные направления в химии» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Успешное изучение данной дисциплины возможно при наличии знаний по дисциплинам «Химия твердого тела», «Физическая химия», «Неорганическая химия», «Кристаллохимия», а также таких тем курса физики, как электричество и оптика.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Избранные главы нанохимии» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции**:

Характеризовать фундаментальные принципы организации наноструктур, основные способы получения наноматериалов, рентгенографические и электронномикроскопические методы, применяемые для установления фазового состава, морфологии, формы, размеров наночастиц.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- терминологию проблемного поля нанохимии;
- фундаментальное отличие свойств вещества в наноразмерном состоянии от свойств массивного вещества;
- основные способы получения наночастиц металлов и полупроводников, основные принципы объединения их в ансамбли и наноструктуры, обладающие заданными свойствами и выполняющими определенные функции;
- эффекты, возникающие при уменьшении частиц вещества до наноразмера, в оптических, электрических, магнитных и химических свойствах металлов и полупроводников;
- основные методы изучения наноструктур; методы интерпретации и описания полученных при исследовании результатов;
- свойства наночастиц углерода (фуллеренов, нанотрубок, графена), металлов, полупроводников и направления их возможного практического применения;

уметь:

- творчески применять знания из различных областей химии, физики, информатики, биологии, материаловедения для объяснения и предсказания свойств нанообъектов и наноструктур;
- выбирать подходящий метод исследования в зависимости от изучаемого нанообъекта;
- анализировать и систематизировать литературные данные, обрабатывать полученную теоретическую и экспериментальную информацию, описывать результаты проведенного исследования;

владеть:

- навыком анализа и систематизации литературных и экспериментальных данных по свойствам наночастиц и наноструктур;
- навыками выбора метода и постановки задачи исследования, обработки полученной информации, описания и представления результатов исследования.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Избранные главы нанохимии» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 94 часа, в том числе 36 аудиторных часов, из них: лекции – 22 часа, семинарские занятия – 6 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 8 часов (из них 6 часов – дистанционное обучение).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Нанотехнология как основное стратегическое направление развития человеческой деятельности в XXI веке

Тема 1.1 Введение. Роль нанотехнологий в современном мире

Особенности нанопроблематики, ее связь с другими областями науки. Перспективы применения достижений нанотехнологии в материаловедении и производстве материалов, электронике и вычислительной технике, биологии и медицине, авионавтике и космических исследованиях, энергетике и химической промышленности, охране окружающей среды и др. Возможные экологические и социальные последствия применения нанотехнологий.

Тема 1.2 Нанохимия как наука

Проблемное поле нанохимии. Объекты изучения: кластеры, наночастицы, наноструктуры, структуры с квантово-размерным эффектом (квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки). Основные методы исследования, применяемые в нанохимии (оптические методы, метод динамического рассеяния света, электронная микроскопия и др.).

Раздел 2 Особые свойства вещества в наносостоянии

Тема 2.1 Размерный эффект и физические свойства наноматериалов

Условия и причины возникновения размерных эффектов. Внутренний и внешний размерный эффект. Отличительные особенности электронной структуры наночастиц. Физические явления, связанные с проявлением размерных эффектов (понижение температуры плавления, электрические и магнитные свойства наночастиц, особенности оптических спектров наночастиц полупроводников и металлов).

Тема 2.2 Размерный эффект и химические свойства наноматериалов

Размерные эффекты в химии. Термодинамические и кинетические особенности поведения наночастиц. Зависимость химической активности и реакционной способности вещества от размера и формы образующих его частиц. Влияние размера частиц, формирующихся на начальной стадии химической реакции, на характер ее протекания. Фазовый размерный эффект. Роль состояния поверхности и поверхностных реакций в нанохимии. Наноразмерный катализ. Зависимость каталитических свойств кластеров от их строения и размеров. Возможности молекулярного дизайна активных центров. Каталитические свойства наночастиц металлов и полупроводников.

Раздел 3 Методы получения вещества в ультрадисперсном состоянии

Тема 3.1 Теоретические основы методов синтеза наноматериалов

Общее представление о термодинамике и кинетике процессов зародышеобразования и роста зародышей твердой фазы. Возможности управления структурой твердых тел при выращивании монокристаллов, пленок,

порошков путем регулирования пересыщения (переохлаждения) в системе. Общие принципы выращивания монокристаллов, поликристаллических и эпитаксиальных пленок. Классификация методов синтеза наночастиц. Принципы снизу-вверх и сверху-вниз.

Тема 3.2 Физические методы синтеза наноматериалов

Механические способы диспергирования. Физические методы, основанные на испарении и конденсации. Метод электрического взрыва проводников. Метод сушки вымораживанием и др.

Тема 3.3 Химические методы синтеза наноматериалов

Обзор наиболее распространенных химических методов синтеза твердофазных материалов. Возможности модификации этих методов для получения наночастиц. Криохимический синтез. Твердофазное восстановление, термическое разложение, химическое восстановление в жидкой фазе. Синтез в гетерофазных системах (в микроэмульсиях, обратных мицеллах, межфазный синтез). Синтез в полимерах и дендримерах. Радиационно-химические методы (радиолиз, импульсный радиолиз, фотолиз). Использование других видов излучения (СВЧ, ультразвук) в синтезе наночастиц. Золь-гель-метод и его модификации. Принципы получения монодисперсных частиц. Возможности управление размерами и формой наночастиц при использовании различных методов синтеза. Получение наногетерочастиц типа ядро-оболочка и полых наночастиц.

Раздел 4 Основные принципы создания ансамблей наночастиц

Тема 4.1. Методы создания ансамблей наночастиц

Особенности формирования наноструктур различной размерности (одно-, дву-, трехмерных). Понятие о самоорганизации. Самоорганизованные монослои. Молекулярная самоорганизация и самосборка материалов. Понятие об иерархических структурах. Простейшие способы создания ансамблей наночастиц (испарение капли и медленная дестабилизации коллоидных дисперсий). Коллоидные кристаллы. Молекулярное и ионное наслаивание. Полиэлектrolитные самоорганизованные монослои. Самоорганизация в трехмерные структуры. Темплатный синтез. Искусственные опалы. Использование биомолекул в синтезе наноструктур. Биомиметика. Литографические методы создания наноструктур. Мягкая литография. Перьевая нанолитография. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Раздел 5 Нанохимия углерода

Тема 5.1. Синтез, свойства и применения наноструктур на основе углерода

Кластеры углерода и кремния. Фуллерены, история открытия, способы получения, физические и химические свойства, проблема стабильности малых фуллеренов. Экзо- и эндоэдральные фуллерены. Получение и основные перспективы использования производных фуллеренов. Адамантоиды.

Углеродные нанотрубки, особенности строения, однослойные и многослойные нанотрубки. Основные способы получения и очистки углеродных нанотрубок. Химические свойства. Модификация углеродных нанотрубок (заполнение внутренних полостей, внедрение атомов и молекул в многослойные трубки, прививка функциональных групп к поверхности трубок). Углеродные нанотрубки как матрицы. Создание ансамблей из нанотрубок. Графен. Ультрадисперсные алмазы. Перспективы применения наноструктур на основе углерода.

Раздел 6 Нанохимия металлов

Тема 6.1 Синтез наночастиц металлов

Основные способы получения наноразмерных частиц металлов. Получение анизотропных частиц, частиц ядро-оболочка. Методы направленного синтеза и стабилизации наночастиц металлов с заданными морфологией и размером. Ансамбли металлических наночастиц.

Тема 6.2 Свойства и применения наноматериалов на основе металлов

Особенности электронной структуры кластеров и наночастиц металлов. Роль низкотемпературных реакций в стабилизации атомов и малых кластеров металлов в изучении необычных химических реакций с их участием. Свойства кластеров и наночастиц металлов различных групп Периодической системы. Плазмонные наночастицы, их оптические свойства и применения.

Раздел 7 Нанохимия полупроводников

Тема 7.1 Получение полупроводниковых наноматериалов

Способы получения и особые свойства полупроводниковых наночастиц. Ключевые направления развития методов синтеза квантоворазмерных полупроводниковых наночастиц (синтез с использованием в качестве стабилизаторов тиолов, TOP – ТОРО синтез, получение наногетерочастиц ядро-оболочка; слоистых сферических частиц – систем “Quantum Dot Quantum Wells”). Особенности применения этих подходов при синтезе наночастиц полупроводников различных классов. Элементарные полупроводники (кремний и германий). Оксидные и халькогенидные системы.

Тема 7.2 Свойства и применения полупроводниковых наноматериалов

Структуры с квантоворазмерными эффектами на основе халькогенидов металлов. Особенности оптического поведения. Фотонные кристаллы. Наноструктуры с оптическими диэлектрическими Ми-резонансами. Перспективы применения наночастиц полупроводников и наноструктур на их основе. Фотокатализ и фотокаталитические системы на основе полупроводниковых наночастиц. Применения полупроводниковых наночастиц в оптоэлектронике, фотовольтаике и биомедицине.

Раздел 8 Проблемы охраны труда, здоровья и окружающей среды в свете развития нанотехнологий

Тема 8.1. Влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека

Постановка проблемы, оценка рисков при использовании наночастиц и наносистем в различных областях человеческой деятельности, охрана труда в отраслях, использующих нанотехнологии. Воздействие наночастиц на окружающую среду и живые организмы. Нанотоксикология.

Раздел 9 Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в Республике Беларусь и за рубежом

Тема 9.1 Мировые тенденции развития нанонауки и нанотехнологии

Современное состояние исследований по нанопроблематике. Мировые научные группы. Перспективы научных разработок в области нанотехнологий. Актуальные проблемы нанохимии.

Тема 9.2 Нанохимия в Республике Беларусь

Основные направления исследований по нанопроблематике в Республике Беларусь. Научные организации и программы. Окислительно-восстановительные процессы в светочувствительных слоях на основе галогенидов серебра. Получение наноразмерных частиц металлов и материалов на их основе для различных применений. Наноструктурированные оксидные и гидроксидные системы. Катализаторы и газовые сенсоры, пленочные структуры, формируемые различными способами. Структуры с квантоворазмерными эффектами на основе халькогенидов металлов и др.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением
дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Нанотехнология как основное стратегическое направление развития человеческой деятельности в XXI веке							
1.1	Введение. Роль нанотехнологий в современном мире	1						обсуждение
1.2	Нанохимия как наука	1						обсуждение
2	Особые свойства вещества в наносостоянии							
2.1	Размерный эффект и химические свойства наноматериалов	2						устный опрос, обсуждение
2.2	Размерный эффект и физические свойства наноматериалов	4						устный опрос, обсуждение
3	Методы получения вещества в ультрадисперсном состоянии							
3.1	Теоретические основы методов	1						устный опрос, обсуждение

	синтеза наноматериалов							
3.2	Физические методы синтеза наноматериалов	1		1				устный опрос, анализ кейсов
3.3	Химические методы синтеза наноматериалов	2		1				контрольная работа
4	Основные принципы создания ансамблей наночастиц							
4.1	Методы создания ансамблей наночастиц	4						обсуждение
5	Нанохимия углерода							
5.1	Синтез, свойства и применения наноструктур на основе углерода	2					2 (ДОТ)	обсуждение, эссе
6	Нанохимия металлов							
6.1	Синтез наночастиц металлов	1					2 (ДОТ)	обсуждение, контрольная работа
6.2	Свойства и применения наноматериалов на основе металлов	1						устный опрос, обсуждение
7	Нанохимия полупроводников							
7.1	Получение полупроводниковых наноматериалов	1						устный опрос, обсуждение
7.2	Свойства и применения полупроводниковых наноматериалов	1					2 (ДОТ)	обсуждение, контрольная работа
8	Проблемы охраны труда, здоровья и окружающей							

	среды в свете развития нанотехнологий							
8.1	Влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека			2				подготовка и защита реферата
9	Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в Республике Беларусь и за рубежом							
9.1	Мировые тенденции развития нанонауки и нанотехнологии			1				устный доклад с презентацией, обсуждение в формате конференции
9.2	Нанохимия в Республике Беларусь			1			2	устный доклад с презентацией, обсуждение в формате конференции, контрольная работа
	Всего часов	22		6			8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Введение в нанохимию: учебное пособие для вузов / Л.Н. Блинов, И.Л. Перфилова, В.В. Полякова, А.В. Семенча, Н.И. Крылов – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 80 с.
2. Поленов Ю.В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник для вузов / Ю.В. Поленов, Е.В. Егорова – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 180 с.

Дополнительная литература

1. Тарасевич, Ю.Г. Термодинамика наноразмерных систем: пособие / Ю. Г. Тарасевич. – Гродно : ГрГУ, 2022. – 49 с.
2. Сергеева, О.В. Введение в нанохимию: пособие для студ. хим. фак. / О.В. Сергеева, С.К. Рахманов. – Минск: БГУ, 2009. – 177 с.
3. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г. Раков. – 3-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 480 с.
4. Иванец, А.И. Наноструктурные адсорбенты и катализаторы на основе ферритов / А.И. Иванец; НАН Беларуси, Ин-т общей и неорганической химии. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 143 с.
5. Лисичкин, Г.В. Химия поверхности неорганических наночастиц / Г.В. Лисичкин, А.Ю. Оленин, И.И. Кулакова. – М.: Техносфера, 2020. – 380 с.
6. Сергеев, Г.Б. Нанохимия / Г.Б. Сергеев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Изд-во Московского ун-та, 2007. – 336 с.
7. Воробьева, Т.Н. Химия твердого тела: учеб. пособие для студ. хим. спец. учреждений, обеспеч. получение высш. образования / Т.Н. Воробьева, А.И. Кулак. – Минск: БГУ, 2004. – 148 с.
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / В.В. Старостин; под общ. ред. Л.Н. Патрикеева. – 2-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 431 с.
9. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П. Н. Дьячков. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. – 488 с.
10. Наноструктуры в биомедицине / под ред. К. Гонсалес, К. Хальберштадт, К. Лоренсин, Л. Наир; пер. с англ. – 4-е изд., электрон. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 538 с.
11. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии / У. Хартманн; пер. с нем. – 5-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 176 с.
12. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы: учеб. пособие / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 452 с.
13. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учеб. пособие для студ. технических ун-тов / П.А. Витязь, Н.А. Свидунович. – Минск: Вышэйшая школа, 2010. – 302 с.

14. Артемьев, М.В. Новые неорганические соединения и материалы на основе микро- и наноразмерных частиц: получение, свойства, применение / М.В. Артемьев, А.И. Лесникович, О.А. Ивашкевич; БГУ. – Минск: БГУ, 2015. – 151 с.
15. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.
16. Современные методы исследования конденсированных материалов: Курс лекций для студ. физич. и хим. фак. / В.Б. Оджаев, Д.В. Свиридов, И.А. Карпович, В.В. Понарядов; В авт.ред. – Мн.: БГУ, 2003. – 82 с.
17. Суздалев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. – Изд. стер. – Москва: URSS: Либроком, 2019. – 589 с.
18. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси; пер. с яп. А.В. Хачояна; под ред. Л.Н. Патрикеева. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 135 с.
19. Петров, Ю.И. Кластеры и малые частицы / Ю.И. Петров; отв. ред. Я. Ген; АН СССР, Ин-т химической физики. – Москва: Наука, 1986. – 368 с.
20. Brechignac, C. Nanomaterials and nanochemistry / C. Brechignac, P. Houdy, M. Lahmani. – European Material Research Society. Springer, 2007. – 748 p.
21. Ozin, G.A. Nanochemistry. A chemical approach to nanomaterials / G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L. Cademartiri. – RCS Publishing, 2023. – 874 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущей и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: контрольная работа; анализ кейсов, устный опрос, обсуждение в малых группах, устный доклад с презентацией, подготовка и защита реферата, эссе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Избранные главы нанохимии» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- ответы на семинарских занятиях – 10 %;
- подготовка и защита реферата – 10 %;
- письменные контрольные работы по отдельным темам – 40%;
- устные доклады с презентацией – 40 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) – 40 % и экзаменационной отметки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 5.1 Синтез, свойства и применения наноструктур на основе углерода (2 ч ДОТ)

Написание эссе по тематике, связанной с синтезом, свойствами и применениями наноматериалов на основе углерода.

Примеры тем эссе:

1. Графен
 2. Углеродные нанотрубки
 3. Кластеры углерода
 4. Фуллерены
 5. Диамантоиды
- (Форма контроля – эссе).

Тема 6.1 Синтез наночастиц металлов (2 ч ДОТ)

Контрольная работа «Нанохимия металлов»

Примеры заданий контрольной работы:

1. Опишите любые два диспергационные метода синтеза наночастиц золота. Каковы преимущества и недостатки этих методов?
2. Опишите цитратный метод получения наночастиц серебра. Поясните назначение каждого из используемых реагентов.
3. Какие параметры цитратного синтеза и каким образом влияют на размер и морфологию образующихся наночастиц серебра?
4. Какие альтернативные методы синтеза можно использовать для повышения монодисперсности получаемых наночастиц?
5. Какие методы синтеза и почему используются для получения наночастиц металлов для биомедицинских применений?
6. Каковы условия получения коллоидных наночастиц золота в неводных растворителях?
7. Охарактеризуйте метод Броста-Шифрина для получения коллоидных наночастиц золота.
8. Какую роль могут выполнять полимерные молекулы в синтезе наночастиц металлов. Рассмотрите 1-2 примера.
9. Какие биомолекулы используются для синтеза наночастиц металлов? Каковы преимущества применения биомолекул перед синтетическими полимерами в синтезе наночастиц металлов?

10. Какова мотивация использования лекарственных соединений при синтезе и модификации поверхности наночастиц металлов?

(Форма контроля – контрольная работа на образовательном портале).

Тема 7.2 Свойства и применения полупроводниковых наноматериалов (2 ч ДОТ)

Контрольная работа «Свойства и применения полупроводниковых наночастиц»

Примеры заданий контрольной работы:

1. Что такое экситон? От чего зависит боровский радиус экситона?
2. В чем заключается суть квантово-размерного эффекта для полупроводниковых наночастиц?
3. Чем определяется положение максимума экситонной полосы на спектрах поглощения коллоидных растворов квантовых точек?
4. Дайте определение понятий «квантовая точка», «квантовый наностержень», «квантовая яма»?
5. Почему квантовый выход люминесценции при комнатной температуре для квантовых точек значительно выше, чем для объемных полупроводников?
6. Как можно определить размер квантовых точек без использования электронно-микроскопических методов?
7. При облучении ультрафиолетовым светом двух растворов, содержащих коллоидные квантовые точки селенида кадмия, в одном растворе наблюдалась фотолюминесценция зеленого цвета, во втором красного. В каком растворе размер наночастиц больше и почему?
8. Перечислите преимущества и недостатки коллоидно-химического метода синтеза наночастиц полупроводников.
9. Какие основные компоненты можно выделить в металлоорганическом методе синтеза полупроводниковых квантовых точек?
10. С какой целью полупроводниковые наночастицы покрывают оболочкой? Какими критериями руководствуются при выборе материалов оболочки и их прекурсоров?

(Форма контроля – контрольная работа на образовательном портале).

Тема 9.2 Нанохимия в Республике Беларусь (2 ч)

Контрольная работа по всему курсу.

Примеры заданий контрольной работы:

1. Дайте определение понятия кластер, наночастица, квантовая точка.
2. Сформулируйте условие появления размерных эффектов.
3. Приведите примеры размерных эффектов в электрических, магнитных, оптических свойствах наночастиц полупроводников или металлов. Рассмотрите один-два примера более детально.
4. В чем проявляются размерные эффекты в химии?
5. Охарактеризуйте термодинамические особенности наночастиц и наносистем.

6. Перечислите известные вам способы получения наночастиц металлов и полупроводников. Рассмотрите подробно 1-2 из них.

7. Сформулируйте основные принципы получения монодисперсных частиц.

8. Какие взаимодействия можно использовать для объединения наночастиц в ансамбли?

9. Как вы понимаете идеи самоорганизации и самосборки?

10. Рассмотрите один-два примера создания ансамблей наночастиц или наноструктур. Какой принцип при этом использован?

(Форма контроля – контрольная работа на образовательном портале).

Примерная тематика семинарских занятий

1. Физические методы синтеза наноматериалов. Химические методы синтеза наноматериалов

2. Проблемы охраны труда, здоровья и окружающей среды в свете развития нанотехнологий

3. Мировые тенденции развития нанонауки и нанотехнологии. Перспективы развития нанохимии в Республике Беларусь и за рубежом

Примерная тематика реферативных работ

1. Синтез частиц в нанореакторах
2. Методы получения одномерных (1D) наноструктур
3. Методы получения двумерных (2D) наноструктур
4. Темплатно-направляемая сборка наночастиц
5. Самоорганизация магнитных наночастиц в упорядоченные 2D и 3D структуры

6. Суперпарамагнетизм в наносистемах
7. Нанопористые системы и материалы
8. Перьевая нанолитография.
9. Графен: методы получения, устойчивость, электронные свойства
10. Эндоэдральные фуллерены: основные представители, примеры синтеза и перспективы применения

11. Получение квантовых точек $A^{III}B^V$ физическими и химическими методами

12. Полупроводниковые гетероструктуры на квантовых точках и квантовых ямах.

13. Современные подходы к получению наночастиц сложной морфологии (нанопластин, тетраподов, нанодисков и др).

14. Методы нанесения диэлектрических оболочек на наночастицы металла

15. LED-устройства на основе нанокристаллов со структурой перовскита

16. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии

17. BN – аналоги фуллеренов и углеродных нанотрубок

18. Биомолекулы (белки, вирусы, ДНК) как темплаты для сборки наночастиц
19. Нанокатализ в современной химии и химической технологии
20. Биметаллические наночастицы – перспективные материалы для физико-химических приложений
21. Криохимический синтез и стабилизация металлических кластеров
22. Гигантское комбинационное рассеяние света на металлических наночастицах
23. «Зеленые» методы синтеза наночастиц серебра
24. Модификация поверхности фуллеренов и углеродных нанотрубок
25. Контролируемый синтез наночастиц в микрогетерогенных системах
26. Наностержни, нанотрубки и полиэдрические кремниевые структуры
27. Наносистемы (дендримеры, углеродные нанотрубки, неорганические наночастицы) для адресной доставки лекарств
28. Медицинские наномашин (молекулярные наномашин, био- и нанороботы)
29. Наномедицина фуллерена C₆₀
30. Квантовые точки A^{II}B^{VI} как флуоресцентные метки
31. Мультиплексное оптическое кодирование с использованием квантовых точек
32. Нанопористые системы и материалы
33. Применение наночастиц серебра в биологии и медицине
34. Биомедицинское применение углеродных нанотрубок
35. Наноструктуры в тканевой инженерии и регенеративной медицине
36. Наночастицы золота как оптические метки в биосенсорике
37. Медицинские применения магнитных наночастиц
38. Бионанодизайн – следуем за природой
39. Нанокерамические материалы в регенеративной хирургии кости
40. Биомедицинские применения наночастиц кремния

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

Преподавание учебной дисциплины «Избранные главы нанохимии» предусматривает проведение лекций, семинарских, лабораторных занятий. Организация учебного процесса по дисциплине «Избранные главы нанохимии» предусматривает использованием ряда инновационных подходов и методов: **обучающе-исследовательского, эвристического, практико-ориентированного, развития критического мышления, метода анализа конкретных ситуаций (кейс-метод).**

Учебный процесс, организованный на основе **обучающе-исследовательского принципа**, призван формировать у студентов исследовательские умения, аналитический характер мышления, творческий подход к решению разнообразных задач, умение работать в коллективе в процессе изучения программного материала. При проведении семинарских

занятий преподаватель формулирует открытые задания, которые становятся предметом обсуждения, применяя **эвристический и практико-ориентированный подходы**. Одновременно развиваются **навыки критического мышления**, связанные с пониманием научной информации и способами ее трансформации. При организации лекционных и семинарских занятий применяется **кейс-метод**, предполагающий рассмотрение примеров реальных научно-исследовательских задач и анализ конкретных проблемных ситуаций на основе информации преподавателя и литературных источников, собственного опыта.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

При организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Избранные главы нанохимии» наряду с традиционными источниками информации (учебники и учебные пособия, в том числе и подготовленные преподавателями БГУ) используются и современные информационные ресурсы. На образовательном портале educhem.bsu размещены учебно-программные материалы, презентации лекций, учебные материалы для подготовки к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной подготовки к практическим занятиям, задания УСР, вопросы для подготовки к экзаменам, список рекомендуемой литературы. При выполнении ряда заданий требуется также осуществлять поиск и критический анализ учебной информации на химических сайтах в сети Интернет.

Задания УСР по учебной дисциплине составляются с учетом индивидуальной подготовки студентов и могут быть представлены на разном уровне: от заданий, формирующих достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующим компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующим компетенции на уровне применения полученных знаний. При этом сохраняется требование к освоению необходимого и достаточного объема учебного материала при освоении курса.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Проблемное поле нанохимии. Объекты изучения и методы исследования.
2. Методы получения наночастиц «ядро-оболочка» и полых наночастиц.
3. Особые свойства вещества в высокодисперсном состоянии. Условия и причины возникновения размерных эффектов.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия как способ создания наноструктур.
5. Металлические кластеры – определение, модели роста, стабилизация. Магические кластеры.
6. Перьевая нанолитография.

7. Электронное строение полупроводниковых нанокристаллов. Квантово-размерный эффект.

8. Золь-гель метод синтеза наночастиц и его модификации.

9. Размерные эффекты и механические свойства наносистем.

10. Химическое восстановление в водном растворе как способ получения наночастиц металлов.

11. Магнитные свойства наночастиц.

12. Синтез наночастиц в цеолитах, мицеллах, дендримерах

13. Особенности оптических спектров наночастиц золота и серебра.

Плазмонный резонанс.

14. Химические свойства фуллеренов.

15. Размерные эффекты в кинетике и катализе.

16. Ионно-лучевой метод синтеза наноструктур.

17. Термодинамические особенности поведения наночастиц.

18. Мягкая литография.

19. Высокотемпературный синтез полупроводниковых квантовых точек.

20. Понятие о самоорганизации. Самоорганизованные монослои.

21. Использование биомолекул в синтезе наноструктур. Биомиметика.

22. Литографические способы создания наноструктур.

23. Получение наноструктур методами PVD и CVD.

24. Фуллерены – основные представители, строение, методы получения.

25. Методы получения углеродных нанотрубок.

26. Темплатный синтез. Получение наноструктур с упорядоченным расположением пустот.

27. Радиационно-химические методы синтеза наночастиц.

28. Цитратный метод синтеза золотых наночастиц.

29. Получение наностержней по механизму пар-жидкость – кристалл.

30. Сонохимический и сольвотермический методы синтеза наночастиц.

31. Гидрофилизация поверхности квантовых точек полупроводников $A^{II}B^{VI}$.

32. Получение тонких пленок по методу Ленгмюра-Блоджетт.

33. Модифицирование углеродных нанотрубок.

34. Послойная самосборка противоположно заряженных полиэлектролитов.

35. Химическая сборка: молекулярное наслаивание.

36. Принципы получения монодисперсных наночастиц и способы их реализации.

37. Принципы стабилизации наночастиц. Функции стабилизаторов.

38. Графен. Получение, свойства, применение.

39. Синтез наночастиц в микроэмульсионных системах и межфазный синтез.

40. Препаративные методы синтеза наностержней золота.

41. Наноалмазы: особенности синтеза, строение, применение.

42. Понятие о фотокатализе. Первичные фотохимические процессы.

43. Квантовые точки $A^{III}B^V$ – получение, области применения.

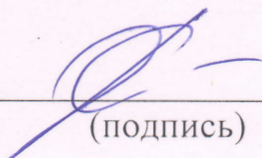
44. Детонационный синтез.
45. Простейшие способы создания ансамблей наночастиц.
46. Применение нанотехнологий в материаловедении, медицине, энергетике, авиации, охране окружающей среды.
47. Физические и химические методы получения 2D- систем.
48. Люминесцентные свойства квантовых точек $A^{II}B^{VI}$.
49. «Мягкие» и «жесткие» матрицы. Анодный оксид алюминия и пористый кремний как темплаты в нанохимии.
50. Методы исследования наноматериалов

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физические методы исследования	Кафедра неорганической химии	Изменений не требуется	протокол №4 от 02.12.2024.
Строение вещества	Кафедра неорганической химии	Изменений не требуется	протокол №4 от 02.12.2024.

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Д.В.Свиридов

02 декабря 2024 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
____ (протокол № ____ от ____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)