

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

П. Толстик



Регистрационный № УД-25/6 /уч.

**Избранные главы нанохимии**

Учебная программа для специальности:

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 02-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. №87, и учебного плана G 31-145/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

О.В.Сергеева, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 27.05.2016 г.);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета (протокол №6 от 10.06.2016 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина по выбору «Избранные главы нанохимии» цикла специальных дисциплин компонента учреждения высшего образования предназначена для студентов четвертого курса химического факультета. Ее **цель** – ознакомить студентов с основными достижениями нанотехнологии, нанообъектами (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. В программу включены также разделы, касающиеся свойств наночастиц различных химических веществ (углерода, металлов, полупроводников), и исследований по нанопроблематике, проводимых в научных учреждениях Республики Беларусь.

Полученные знания, умения и навыки студенты могут использовать при выполнении курсовых, дипломных, научно-исследовательских работ, а также в будущей профессиональной деятельности. 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.

**Задачами** данной учебной дисциплины являются:

- 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;
- формирование у студентов синтетического научного мировоззрения, основанного на объединении знаний из различных областей науки;
- 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;
- подготовка студентов к последующему выполнению курсовых и дипломных работ, магистерских и кандидатских диссертаций.

Выпускник университета, усвоивший программу дисциплины «Избранные главы нанохимии» должен:

**знать:**

- 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 размера частиц вещества до наноразмеров, 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;
- ставить задачу исследования;
- выбирать подходящий метод исследования в зависимости от изучаемого объекта;
- анализировать и систематизировать литературные данные, обрабатывать полученную теоретическую и экспериментальную информацию, описывать результаты проведенного исследования;

**владеть:**

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

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 05 02 «Химия лекарственных соединений»:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.
- ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК 5. Комплексно применять физические и физико–химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.

ПК 6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.

ПК 7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.

ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

Производственно-технологическая деятельность:

ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.

ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-19. Вести переговоры, устанавливать контакты, проводить презентации, выступать на научных конференциях.

Систематический контроль знаний студентов в течение всего семестра осуществляется в форме коллоквиумов по основным темам курса, самостоятельных и контрольных работ, опроса на семинарских занятиях. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Индивидуальная работа со студентами проводится в процессе выполнения ими многовариантных практических, самостоятельных и контрольных работ, сдачи коллоквиумов.

Программа задает объем материала, подлежащего изучению в данном курсе, и объем сведений по каждому изучаемому вопросу.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу в конце программы приведен список рекомендованной литературы.

Дисциплина преподается в 7 семестре четвертого курса. Общее количество часов для изучения дисциплины - 72, аудиторных - 36 (лекции – 26, семинарские занятия – 6, УСП – 4).

Форма получения высшего образования – очная.

Форма рубежной аттестации по учебной дисциплине – зачет.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **1. Нанотехнология как основное стратегическое направление развития человеческой деятельности в XXI веке.**

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

Проблемное поле нанохимии. Объекты изучения: кластеры, наночастицы, наноструктуры, структуры с квантоворазмерным эффектом (квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки). Основные методы исследования, применяемые в нанохимии.

## **2. Особые свойства вещества в наносостоянии.**

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).

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.

## **3. Методы получения вещества в ультрадисперсном состоянии.**

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.

Физические методы (механические способы диспергирования, физические методы, основанные на испарении и конденсации, метод электрического взрыва проводников, метод сушки вымораживанием и др.).

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 частиц типа ядро-оболочка и полых частиц.

#### **4. Основные принципы 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 дестабилизация 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.

#### **5. Нанохимия углерода**

Кластеры углерода и кремния. Фуллерены, история открытия, способы получения, физические и химические свойства, проблема стабильности малых фуллеренов. Получение и основные перспективы использования водородных производных фуллеренов. Адамантоиды. Углеродные нанотрубки, особенности строения, однослойные и многослойные нанотрубки. Основные способы получения и очистки углеродных нанотрубок. Химические свойства. 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.

## **6. Нанохимия металлов.**

Основные способы получения и особые свойства наноразмерных частиц металлов. Особенности электронной структуры наночастиц металлов. Роль низкотемпературных реакций в стабилизации атомов и малых кластеров наночастиц металлов и изучении необычных химических реакций с их участием. Свойства кластеров и наночастиц металлов различных групп Периодической системы. Щелочные и щелочно-земельные металлы. Переходные металлы III-VII групп. Элементы VIII группы (семейства железа и платиновых металлов). Подгруппа меди и цинка. Алюминий. Редкоземельные элементы. Ансамбли наночастиц металлов.

## **7. Нанохимия полупроводников**

Способы получения и особые свойства полупроводниковых наночастиц. Ключевые направления развития методов синтеза наночастиц полупроводников (синтез с использованием в качестве стабилизаторов тиолов, TOP – ТОРО синтез, получение частиц 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. Структуры с квантоворазмерными эффектами на основе халькогенидов металлов. Особенности оптического поведения. Фотонные кристаллы. Перспективы применения наночастиц полупроводников и наноструктур на их основе. Фотокатализ и фотокаталитические системы на основе оксидов металлов.

## **8. Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в Республике Беларусь.**

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

## **9. Проблемы охраны труда, здоровья и окружающей среды в свете развития нанотехнологий.**

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.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСР Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1. Нанотехнология как основное стратегическое направление развития человеческой деятельности в XXI веке. Особенности нанопроблематики, ее связь с другими областями науки. Перспективы применения достижений нанотехнологии в различных областях. Проблемное поле нанохимии. Объекты изучения: кластеры, наночастицы, наноструктуры, структуры с квантоворазмерным эффектом (квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки). Основные методы исследования, применяемые в нанохимии.	2						
2	Особые свойства вещества в наносостоянии	4					2	Контроль ная работа
2.1	Условия и причины возникновения размерных эффектов. Внутренний и внешний размерный эффект. Физические явления, связанные с проявлением размерных	2						

	эффектов (понижение температуры плавления, электрические и магнитные свойства наночастиц, особенности оптических спектров наночастиц полупроводников и металлов).							
2.2	Размерные эффекты в химии. Термодинамические и кинетические особенности поведения наночастиц. Зависимость химической активности и реакционной способности вещества от размера и формы образующих его частиц. Фазовый размерный эффект. Роль состояния поверхности и поверхностных реакций в нанохимии. Наноразмерный катализ.	2						
3	Методы получения вещества в ультрадисперсном состоянии	4						Контроль ная работа
3.1	Общее представление о термодинамике и кинетике процессов зародышеобразования и роста зародышей твердой фазы. Возможности управления структурой твердых тел. Классификация методов синтеза наночастиц. Принципы снизу-вверх и сверху-вниз. Физические методы (механические способы диспергирования, физические методы,	2						

	<p>основанные на испарении и конденсации, метод электрического взрыва проводников, метод сушки вымораживанием и др.).</p> <p>Обзор наиболее распространенных химических методов синтеза твердофазных материалов. Возможности модификации этих методов для получения наночастиц.</p>							
3.2	<p>Криохимический синтез. Твердофазное восстановление, термическое разложение, химическое восстановление в жидкой фазе. Синтез в гетерофазных системах, 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.</p> <p>Принципы получения монодисперсных частиц. Возможности управление размерами и формой наночастиц при использовании различных методов синтеза. Получение частиц типа ядро-оболочка и полых частиц.</p>	2						
4	<p>Основные принципы создания ансамблей наночастиц</p>	4						Контроль ная работа

4.1	<p>Понятие о самоорганизации. Самоорганизованные монослои. Молекулярная самоорганизация и самосборка материалов. Понятие об иерархических структурах. Особенности формирования наноструктур различной размерности (одно-, дву-, трехмерных). Простейшие способы создания ансамблей наночастиц (испарение капли и медленная дестабилизации коллоидных дисперсий). Коллоидные кристаллы. Молекулярное и ионное наслаивание. Темплатный синтез.</p>	2						
4.1	<p>Роль биомолекул в синтезе наноструктур. Биомиметика. Литографические методы создания наноструктур. Мягкая литография. Перьевая нанолитография. Молекулярно-лучевая эпитаксия</p>							
5	Нанохимия углерода	4		2				Устный опрос
5.1	<p>Кластеры углерода и кремния. Фуллерены, история открытия, способы получения, физические и химические свойства, проблема стабильности малых фуллеренов. Получение и основные перспективы использования водородных</p>	2						

	производных фуллеренов. Адамантоиды.							
5.2	Углеродные нанотрубки, особенности строения, однослойные и многослойные нанотрубки. Основные способы получения и очистки углеродных нанотрубок. Химические свойства. 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.	2						
6	Нанохимия металлов. Основные способы получения и особые свойства наноразмерных частиц металлов. Особенности электронной структуры наночастиц металлов. Роль низкотемпературных реакций в стабилизации атомов и малых кластеров наночастиц металлов и изучении необычных химических реакций с их участием. Свойства кластеров и наночастиц металлов различных групп Периодической системы. Щелочные и щелочно-земельные металлы.	2					2	Контроль ная работа

	<p>Переходные металлы III-VII групп. Элементы VIII группы (семейства железа и платиновых металлов). Подгруппа меди и цинка. Алюминий.</p> <p>Редкоземельные элементы. Ансамбли наночастиц металлов.</p>							
7	Нанохимия полупроводников.	4						
7.1	<p>Способы получения и особые свойства полупроводниковых наночастиц. Ключевые направления развития методов синтеза наночастиц полупроводников. Особенности применения этих подходов при синтезе наночастиц полупроводников различных классов.</p>	2						
7.2	<p>Элементарные полупроводники (кремний и германий). Оксидные и халькогенидные системы. Структуры с квантоворазмерными эффектами на основе халькогенидов металлов. Особенности оптического поведения. Фотонные кристаллы. Перспективы применения наночастиц полупроовдников и наноструктур на их основе. Фотокатализ и фотокаталитические</p>	2						

	системы на основе оксидов металлов.							
8	Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в Республике Беларусь. Основные направления, научные организации и программы.			2				Коллоквиум
9	Проблемы охраны труда, здоровья и окружающей среды в свете развития нанотехнологий. 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.	2		2				Устный опрос
	<b>Итого</b>	<b>26</b>		<b>6</b>			<b>4</b>	

### ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Семинар 1.** Нанохимия углерода.

**Семинар 2.** Исследования по нанохимической проблематике, проводимые в Республике Беларусь.

**Семинар 3.** Нанотехнологии: новые возможности или новые риски?

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемая учебная литература

#### Основная:

1. О.В.Сергеева, С.К.Рахманов. Введение в нанохимию: пособие для студентов химического факультета. Мн.: БГУ. 2009.
2. Г.Б.Сергеев. Нанохимия. М.: Из-во Московского ун-та. 2003.
3. Т.Н.Воробьева, А.И.Кулак. Химия твердого тела. Минск: Из-во БГУ. 2004.
4. И.П.Суздаев. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур, наноматериалов. М. URSS. 2005, 2009.
5. Ч.Пул, Ф.Оуэнс. Нанотехнологии. М.: Техносфера. 2005, 2009.
6. G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L.Cademartiri. Nanochemistry. RCS Publishing. 2009.
7. Кнотько А. В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела: Учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Кнотько, И. А. Пресняков, Ю. Д. Третьяков. М.: Академия, 2006. 304 с.
8. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000. 672 с.

#### Дополнительная:

1. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направлений исследований. Под. ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса, П.Аливисатоса. М.: Мир. 2002.
2. Н.Кобаяси. Введение в нанотехнологию. М.: Бином. 2005.
3. Ю.И. Петров. Кластеры и малые частицы. М.: Наука. 1986
4. С.Г.Губин. Химия кластеров. М.: Наука. 1987.
5. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения –2008. Сб. под ред. П.П.Мальцева. М.: Техносфера. 2008.
6. И.В. Мелихов. Физико-химическая эволюция твердого вещества. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008.
7. Д.И.Рожонков, В.В.Левшин, Э.Л.Дзидзигури. Наноматериалы. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008.
8. Мансури Г.Али. Принципы нанотехнологии: исследование конденсированных веществ малых систем на молекулярном уровне. М.: Научный мир. 2008.
9. Л.И. Гречихин. Наночастицы и нанотехнологии. Мн.: Право и экономика. 2008.
10. В.И. Балабанов. Нанотехнологии: наука будущего. М.: Эксмо. 2009.
11. Л.Фостер. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. М.: Техносфера, 2008.
12. Наноструктурные материалы (под ред. Р.Ханника и А.Линн). М.: Техносфера, 2009.

13. Е.А. Кац. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры. М.: URSS: Либроком, 2009.
14. Нанонаука и нанотехнологии: энциклопедия систем жизнеобеспечения (соредакторы Осама О. Аваделькарим, Чунъли Бай, С.П.Капица). М.: Магистр-Пресс: Изд-во ЮНЕСКО: Изд-во EOLSS, 2009.
15. П.А.Витязь, И.А. Свидунович. Основы нанотехнологий и нанометериалов. Мн.: Вышэйшая школа. 2010.
16. Нанотехнологии в электронике (под ред. Ю.А.Чаплыгина. М.: Техносфера, 2005.
17. Научные основы нанотехнологии и новые приборы. Учебник-монография под ред. Р.Кессела, А. Хамли, М.Геогегана. М.: Издательский дом "Интеллект".
18. П.Н.Дьячков. Электронные свойства и применение нанотрубок. М.: Бином, 2011.
  
19. Оджаев В.Б., Свиридов Д.В., Карпович И.А., Понарядов В.В. Современные методы исследования конденсированных материалов. Минск: БГУ, 2003.
20. Артемьев М.В., Лесникович А.И., Ивашкевич О.А. Новые неорганические материалы на основе микро- и наноразмерных частиц: получение, свойства, применение. Минск: БГУ, 2015

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Тема: «Нанохимия металлов».

- Задание 1. Прочитать и проанализировать оригинальный текст по теме.
- Задание 2. Подготовить краткое сообщение по отдельному вопросу темы.
- Задание 3. Письменно ответить на вопросы по теме.

Перечень средств диагностики:

- 1 Устный опрос
- 2 Контрольная работа.

Тема: Контрольная работа по всему курсу.

Примерное содержание задания:

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?

### **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ по всем темам.
2. Контрольная работа по теме «Нанохимия металлов» и итоговая контрольная работа по всем темам курса.
3. Коллоквиум по теме «Исследования по нанопроблематике в Республике Беларусь».
5. Итоговый зачет по дисциплине.

### **ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ НА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ**

- 1 Нанопроблематика в Республике Беларусь (подготовка докладов по материалам оригинальных статей и сетевых ресурсов).
- 2 Перспективы применения фуллеренов и/или углеродных нанотрубок
- 3 Биологическая активность фуллеренов и/или углеродных нанотрубок.
- 4 Графен.
- 5 Нанохимия и здоровье.
- 6 Нанохимия и экология.
- 7 Нанотехнологии для военных целей.
- 8 Нанохимия – «зеленая химия»?

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химия твердого тела	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №12 от 6.05.2016 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.)

Заведующий кафедрой  
член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_

Д.В. Свиридов

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан химического факультета,  
доктор химических наук,  
член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_

Д.В. Свиридов