



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Факультет химический**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан химического факультета  
**Вильмс А.И./**  
« 19 » 06 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Индекс дисциплины по УП: **Б1.В.ДВ.2.1**

Наименование дисциплины: **Материалы с наноструктурой**

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:  
**04.06.01 - Химические науки**

Направленность подготовки **Физическая химия**

Форма обучения: **очная / заочная**

Согласовано с УМК химического факультета  
протокол № 12 от « 17 » 06 2019 г.

Председатель УМК Вильмс А.И./

Программа рассмотрена на заседании  
кафедры физической и коллоидной химии  
« 07 » 06 2019 г. Протокол № 14  
Зав. кафедрой Шмидт А.Ф./

**Иркутск 2019 г.**

## Содержание

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.
3. Требования к результатам освоения дисциплины
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
- 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины
- 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами
- 5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий
- 5.4 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.
6. Примерная тематика рефератов (при наличии)
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины :
  - а) основная литература;
  - б) дополнительная литература;
  - в) программное обеспечение;
  - г) интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины
9. Образовательные технологии
10. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
  - 10.1 Оценочные средства текущего контроля
  - 10.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

## **1. Цели и задачи дисциплины:**

### *Цель дисциплины:*

Подготовка аспирантов к участию в исследованиях химических процессов, проводимых в лабораторных условиях. Сформировать комплекс современных фундаментальных представлений в области нанонауки; физико-химии наноструктурированных материалов.

### *Задачи:*

- дать аспирантам углубленные представления об основных проблемах нанонауки, способах получения и физико-химических свойствах наночастиц и наноматериалов, их применении в различных сферах;
- сформировать современные представления, обобщающие, полученные на предыдущем этапе обучения сведения о веществах в дисперсном состоянии.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Материалы с наноструктурой» относится к вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ДВ.2.1) программы аспирантуры.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**УК-1:** способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

**ОПК-1:** способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

**ПК-1:** уметь собирать и анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования и самостоятельно составлять план исследования в рамках выбранного направления подготовки;

**ПК-2:** самостоятельно определять перечень необходимых инструментальных методов исследования, используемых при выполнении диссертационной работы по выбранному направлению подготовки; современные способы обработки и интерпретации получаемых результатов; представлять возможности и ограничения методов;

**ПК-5:** представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций, иметь опыт профессионального участия в научных дискуссиях, уметь выстраивать логику рассуждений и формулировать обоснованные заключения.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

### ***Знать:***

- теоретические основы химии наночастиц, наноструктур и наноматериалов, основные виды наноструктурированных материалов, особенности поведения наносистем, свойства нанокомпозитов, нанопористых материалов, наноструктурных мембран, научные проблемы наносборки и перспективы развития нанотехнологий;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области нанохимии и нанокатализа; современные способы использования информационно-

коммуникационных технологий, применяемых в области естественно-научных дисциплин: возможности, основные преимущества и недостатки поисковых систем химической информации; основные требования к представлению материалов в виде научных публикаций.

***Уметь:***

- находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач нанохимии: планировать стратегию синтеза нанобъектов, анализировать различные подходы синтеза наноматериалов и делать необходимые выводы;
- анализировать разнородные литературные источники: выявлять общие закономерности и отличительные особенности, формулировать научные задачи и составлять план исследований, выстраивать логику рассуждений и формулировать обоснованные заключения;
- выбирать и применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования нанобъектов.

***Владеть:***

- теоретическими основами нанохимии, навыками критического анализа и оценки современных научных достижений в области нанохимии и нанокатализа; их применения при решении профессиональных задач: анализа нанобъектов и формулирования обоснованных выводов;
- навыками работы с научной литературой: поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц		Курс			
			2			
	очное	заочное	очное	заочное		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36/1	24/0.7	36/1	24/0.7		
В том числе:	-		-			
Лекции	18/0.5	12/0.3	18/0.5	12/0.3		
Практические занятия (ПЗ)						
Семинары (С)	18/0.5	12/0.3	18/0.5	12/0.3		
Лабораторные работы (ЛР)						
<b>КСР</b>						
<b>Контактная работа (всего)</b>	36/1	24/0.7	36/1	24/0.7		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	72/2	84/2.3	72/2	84/2.3		
В том числе:	-		-			
Курсовой проект (работа)						
Расчетно-графические работы						
Вид промежуточной аттестации: зачет	+		+			
Общая трудоемкость	часы	108	108	108	108	
	зачетные единицы	3	3	3	3	

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины
1.	Введение.	Нанонаука и нанохимия. Основные понятия и определения (нанохимия, наночастица, наноматериалы и нанокompозиты, наноструктура, нанотехнология). Классификация наносистем по числу линейных размеров в нанодиапазоне (трехмерная, двухмерная, одномерная); по топологическому признаку; по размерам частиц (малые, средние и большие; гигантские кластеры металлов, наночастицы). Основные типы наносистем: порошковые наноматериалы, углеродные наноструктуры (фуллерены, нанотрубки), нанокompозиты, нанопористые материалы, наноструктурированные многослойные материалы. (ПК-2).
2.	Основные проблемы нанохимии	2.1 Влияние размера частиц на особенности их химических свойств и реакционную способность. Размерные эффекты: тривиальные (изменение термодинамических и кинетических свойств системы с уменьшением размера частиц); истинные (качественные преобразования свойств системы с увеличением дисперсности).

		<p>Причины возникновения размерных эффектов. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов; факторы, обуславливающие стабильность. Способы стабилизации наночастиц. Долгоживущие метастабильные состояния. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии. Сегрегационные явления. Технологии стабилизации формы и размеров нанокристаллитов.</p> <p>2.2. Современные тенденции в производстве наночастиц. (ПК-2, ПК-5, УК-1).</p>
3.	<p>Нанометрические архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре</p>	<p>3.1. Упаковки одинаковых сфер. Научные подходы к контролируемому объединению наночастиц в упорядоченные структурные блоки: пространственное ограничение системы, однородность базовых частиц по размерам.</p> <p>3.2. Одномерные наноструктуры. Классификация одномерных наноструктур: нанонити, наностержни, наноленты. Условия, необходимые для формирования одномерных наноструктур: пассивация отдельных граней; изменение механизма формирования, использование пространственного ограничения реакционной зоны для формирования анизотропных наноструктур путем подбора шаблона или темплата; одноосная деформация частиц.</p> <p>3.2. Двухмерные упаковки и геометрическая фрустрация.</p> <p>3.3. Анализ структуры: формы Вороного, общие «соседи», «соседи» в контакте. Упаковочная иерархия: топологическая структура за пределами «соседей» первого порядка.</p> <p>3.4. Наноструктуры НРЧ металлов: фрактальная структура, структура типа «ежевика», 3D наноструктуры из молекулярных кластеров. (ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1).</p>
4.	<p>Композиционные наноматериалы</p>	<p>4.1. Классификация нанокомпозитов в зависимости от природы матрицы и наполнителя: нанокомпозиты «полимер – неорганическая наночастица», наночастицы в неорганических матрицах (цеолиты, силикаты). Получение композиционных материалов по золь-гель методу.</p> <p>4.2. Органические нанокомпозитные мембраны и ионные проводники на основе наноструктурных полимеров. Проницаемость плотных мембран. Проницаемость композитных материалов. Современные нанокомпозитные материалы.</p> <p>4.3. Полимерные электролиты. Нанокомпозитные полимерные электролиты. Нанокомпозитные полимерные гелевые электролиты. Нанокомпозитные полиэлектролитные гели (ПК-2, ПК-5).</p> <p>4.4. Нанокристаллические керамики. Синтез неметаллических неорганических наночастиц. Формирование нанокерамических тел. Стратегии агломерации для ограничения роста. Особые свойства и применение. (УК-1, ОПК-1)</p>
5.	<p>Металлические многослойные наноматериалы металлов, наносплавы</p>	<p>5.1. Методы синтеза металлических многослойных материалов. Зависимость прочности многослойных наноматериалов от толщины слоя. Пластическая деформация многослойных наноматериалов (ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1)</p> <p>5.2. Получение нанометаллов и наносплавов. Механическое сплавление. Структуры первого, второго и третьего типов.</p>
6.	<p>Методы установления наноструктуры</p>	<p>6.1. Наноанализ: трансмиссионная и сканирующая электронная микроскопия, трансмиссионная электронная микроскопия высокого разрешения, электронная дифракция, РФЭС, EXAFS, ультрацентрифугирование, электронные спектры поглощения т.д.</p>

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми

**(последующими) дисциплинами**

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		2.2	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	6.1		
1.	Выполнение квалификационной работы									

**5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего
1	Введение	1/0			1/0	3/5	5/5
2	Основные проблемы нанохимии	2/2			2/2	14/14	20/18
3	Нанометрические архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	3/2			3/2	12/14	18/18
4	Композиционные наноматериалы	4/4			4/4	19/19	27/27
5	Металлические многослойные наноматериалы металлов, наносплавы	4/2			4/0	12/16	20/18
6	Изучение наноструктуры	4/2			4/4	12/12	20/18

**5.4. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1. Введение	Наносистемы.	1/0	Входной контроль в виде тестового задания по нанохимии.	ПК-5
2	2. Основные проблемы нанохимии	Размерные эффекты	1/2	Устная беседа. Проверка практических заданий	ПК-2, ПК-5
3		Проблемы устойчивости наночастиц и их	1/0	Устная беседа. Проверка практических заданий	ПК-2, ПК-5

		ассоциатов			
4.	3.	Самоорганизация наночастиц	2/0	Устная беседа.	ПК-2, ПК-5
5	Нанометрические архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	Наноструктуры.	1/2	Презентация докладов по теме «Нанометрические архитектуры».	ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1
6	4.	Нанокompозиты.	4/4	Презентация докладов по свободной теме	ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1
8	5.	Наносплавы	4/0	Презентация докладов по свободной теме.	ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1
9	Изучение наноструктуры	Физические методы исследования наносистем	4/4	Устная беседа. Проверка практических заданий	ПК-2, ПК-5

**6. Примерная тематика рефератов, докладов, проектов (при наличии); перечень вопросов к зачетам, экзаменам и т.п.:**

**План самостоятельной работы аспирантов**

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	2	3	4	5	6
1	1. Введение	Подготовка к практическим занятиям по теме «Наносистемы»: поиск и анализ научной литературы, подготовка эссе	См. <i>вопросы 1-5 ОС (п. 11.2)</i>	№ 1, 2 (основная литература) № 1, 2 (дополнительная литература); самостоятельный поиск литературы по теме	3/5
2	2. Основные проблемы нанохимии	Поиск и анализ научной литературы для	См. <i>вопросы 6-10 ОС (п. 11.2)</i>	№ 1, 3 (основная литература)	6/7



		выполнения практического задания «Анализ экспериментальных данных из разнородных литературных источников о причинах проявления размерных эффектов на конкретном примере»		самостоятельный поиск литературы по теме	
3	2. Основные проблемы нанохимии	Подготовка к практическим занятиям по теме «Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов»	См. <i>вопросы 6-10 ОС (п. 11.2)</i>	№ 1, 3 (основная литература)	6/7
4	3. Нанометрическая архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	Подготовка к практическим занятиям по теме «Самоорганизация наночастиц»	См. <i>вопросы 12 ОС (п. 11.2)</i>	№ 2 (основная литература) № 3, 4 (дополнительная литература)	6/7
5	3. Нанометрическая архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	Подготовка к практическим занятиям по теме «Наноструктуры» Поиск и анализ научной литературы, подготовка реферата на тему «Нанометрическая архитектуры»	См. <i>вопросы 12-15 ОС (п. 11.2)</i>	№ 2 (основная литература) № 3, 4 (дополнительная литература) самостоятельный поиск литературы по теме	6/7
6	4. Композиционные наноматериалы	Подготовка к практическим занятиям по теме «Нанокompозиты»	См. <i>вопросы 16-19 ОС (п. 11.2)</i>	№ 2 (основная литература) № 3, 5 (дополнительная)	9/9

				я литература)	
7,8	4. Композиционные наноматериалы	Подготовка к практическим занятиям по теме «Нанокompозиты» Поиск и анализ научной литературы, подготовка доклада на тему «Научные основы синтеза композиционных наноматериалов»	См. <i>вопросы 16-19 ОС (п. 11.2)</i>	№ 2 (основная литература) № 3, 5 (дополнительная литература) самостоятельный поиск литературы по теме	10/10
9,10	5. Металлические многослойные наноматериалы металлов, наносплавы	Подготовка к практическим занятиям по теме «Наносплавы» Поиск и анализ научной литературы, подготовка доклада на тему «Основные факторы, влияющие на физические свойства многослойных наноматериалов металлов»	См. <i>вопросы 20-22 ОС (п. 11.2)</i>	№ 2 (основная литература) № 3, 5 (дополнительная литература)	12/16
11, 12	Изучение наноструктуры	Подготовка к практическим занятиям по теме «Физические методы исследования наносистем»	См. <i>вопросы 11 ОС (п. 11.2)</i> Практическое задание «Анализ нанообъекта по предложенным экспериментальным данным».	№ 5 (дополнительная литература)	12/12

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

*а) основная литература:*

1. Белых, Л. Б. Введение в нанохимию. Размерные эффекты в физико-химии и катализе [Текст] : учеб. пособие / Л. Б. Белых, Ф. К. Шмидт . – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 199 с. : ил., цв. ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 191. – ISBN 978-5-9624-0942-9. 41 экз.
2. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы [Текст] : учеб. пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; ред. Ю. Д. Третьяков. - М. : Физматлит, 2010. - 452 с. : цв. ил. ; 24 см. - Библиогр.: с. 451-452. - ISBN 978-5-9221-1120-1. 1 экз.
3. Родунер Э. Размерные эффекты в наноматериалах [Текст] : научное издание / Э. Родунер ; пер. с англ. А. В. Хачоян ; ред. Р. А. Андриевский. - М. : Техносфера, 2010. - 350 с. : ил. ; 25 см. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-94836-265-6. 1 экз.
4. Белых, Л.Б. Введение в нанохимию. Размерные эффекты в физико-химии и катализе [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. Б. Белых. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0942-9 :
5. Размерные и морфологические эффекты в гидрогенизационном катализе [Электронный ресурс] : научное издание. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - Режим доступа: . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. –

*б) дополнительная литература:*

1. Сергеев, Г.Б. Нанохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ., обуч. по напр. 020100 (510500) "Химия" и по спец. 020101 (011000) "Химия) / Г. Б. Сергеев. - ЭВК. – М. : Университет, 2006. – 337 с. – Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". – ISBN 5-98227-185-3.
2. Зимон, А. Д. Коллоидная химия наночастиц [Текст] : научное издание / А. Д. Зимон, А. Н. Павлов ; Московский гос. ун-т технологий и упр. им. К. Г. Разумовского. - М. : Науч. мир, 2012. - 218 с. : ил. ; 22 см. - Предм. указ.: с. 205-211. - Библиогр.: с. 212-218. - ISBN 978-5-91522-272-3. 2 экз.
3. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки дипломир. спец. 651800 "Физическое материаловедение" / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. - М. : Академия, 2005. - 187 с. : ил. ; 22 см. - (Высшее профессиональное образование) (Учебное пособие. Естественные науки). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-7695-2034-5 : 1 экз.
4. Суздаев И.П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. - 2-е изд., испр. - М. : Либроком, 2009. - 589 с. : ил. ; 22 см. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-397-00217-2. 1 экз.
5. Получение и исследование наноструктур [Текст] : лабораторный практикум по нанотехнологиям / А. А. Евдокимов, Е. Д. Мишина, В. О. Вальднер ; ред. А. С. Сигов. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2010. - 146 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 143-146. - ISBN 978-5-9963-0028-4. 1 экз.
6. Гречихин, Л.И. Наночастицы и нанотехнологии / Л. И. Гречихин ; Минский гос. высш. авиац. колл. - Минск : Право и экономика, 2008. - 74 с. : граф. ; 20 см. - Библиогр.: с. 71-73. - ISBN 978-5-985-442-509-2 1 экз.

в) программное обеспечение :

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.fnm.msu.ru/ucheba-na-fakultete/biblioteka-uchebnykh-materialov>

<http://nanoindustries.com/>

<http://www.nanometer.ru>

<http://www.nanotechweb.org>

<http://www.newchemistry.ru>

журналы:

<http://www.nanoindustry.su/>

<http://www.nanorf.ru/>

<http://www.microsystems.ru/>

<http://www.nanometer.ru>

<http://www.nanotechweb.org>

<http://www.nature.com>

<http://www.newchemistry.ru>

<http://www.vjnano.org>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Помещения для проведения лекционных и семинарских занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, а именно: аудитории 5, 303, 402, 423, 426, оснащенные мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready)), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.

## **9. Образовательные технологии:**

В процессе изучения дисциплины используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения. В частности, в рамках освоения дисциплины «Наноструктурированные материалы» аспирантами направленности «Физическая химия» химического факультета предусмотрены

1) лекции с применением

а) технологий объяснительно-иллюстративных объяснений,

б) объяснительно-иллюстративный метода с элементами проблемного изложения;

в) разбора конкретных ситуаций.

2) практические занятия, во время которых проводится решение типовых задач, контрольные и аудиторские самостоятельные работы, обсуждаются вопросы лекций и домашних заданий;

3) самостоятельная работа аспирантов, включающая подготовку к семинарским занятиям в форме изучения теоретического материала лекций, выполнения заданий по различным разделам дисциплины; подготовку к докладу с презентациями; подготовку к текущему контролю успеваемости;

4) консультирование аспирантов по изучаемым теоретическим и практическим вопросам.

## **10. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

### 10.1 Оценочные средства текущего контроля:

Назначение оценочных средств текущего контроля ТК - выявить сформированность у обучающихся компетенций - ПК-1, ПК-2, ПК-5, УК-1, ОПК-1.

Для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации разработаны ОС, которые включают:

- контрольные вопросы по темам «Нанохимия, нанотехнологии»; «Размерные эффекты»; «Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов»; «Самоорганизация наночастиц»; «Наноструктуры»; «Нанокompозиты»; «Наносплавы»; «Физические методы исследования наносистем»;
- контрольные вопросы и типовые задания для зачета.

### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1			
2			
3			

См. ФОС УМКД.

### 10.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация (*зачет*) может проводиться в форме устного собеседования или в виде тестовых заданий с открытыми вопросами.

#### Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для зачета:

1. Основные понятия и терминология нанохимии и нанотехнологий.
2. Классификации наносистем.
3. Почему для объяснения особых свойств вещества в наноразмерном состоянии необходимо рассмотреть свойства поверхности? Чем поверхность отличается от объема?
4. Что такое поверхностная энергия? Какие методы определения поверхностной энергии твердых тел вам известны?
5. Каковы особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии?
6. Что понимают под размерным эффектом? В чем разница между собственным и внешним размерными эффектами?
7. С чем связаны физические размерные эффекты. Приведите примеры.
8. Чем обуславливается низкая агрегативная устойчивость наносистем? Какие способы стабилизации вы знаете?
9. Каким образом размер частиц может влиять на особенности химических свойств веществ и реакционную способность?

10. Что понимают под структурно-чувствительными и структурно-нечувствительными реакциями? Приведите примеры.

11. Наноанализ. Перечислите методы исследования частиц нанометрового диапазона.

12. Приведите примеры анализа экспериментальных данных для установления причин проявления размерных эффектов из разнородных литературных источников.

13. Какие научные подходы используют для контролируемого объединения наночастиц в упорядоченные структурные блоки?

14. Каковы условия, необходимые для формирования одномерных наноструктур?

15. Двухмерные упаковки и геометрическая фрустрация.

16. Наноструктуры НРЧ металлов.

17. Рассмотрите классификации нанокомпозитов.

18. Научные основы синтеза композиционных наноматериалов.

19. Органические нанокомпозитные мембраны.

20. Ионные проводники на основе наноструктурных полимеров. Нанокомпозитные полимерные электролиты.

21. Нанокристаллические керамики.

22. Методы синтеза металлических многослойных материалов.

23. Основные подходы синтеза нанометаллов и наносплавов.

24. Актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии.

Критерии оценивания см. *ФОС УМКД*.

**Разработчики:**

Босил  
(подпись)

Д-р хим. наук, профессор

Л.Б. Белых

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии  
«07» 06 2019 г. Протокол № 11

Зав. кафедрой  /Шмидт А.Ф./

**Лист согласования, дополнений и изменений  
на 2020/2021 учебный год**

К рабочей программе **Б1.В.ДВ.2.1 «Материалы с наноструктурой»** по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) **Физическая химия..**

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

*Нет дополнений*

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

*Нет изменений*

Изменения одобрены Ученым советом химического факультета,  
протокол № 7 от 03.06.2020 г.

Зав. кафедрой физической и  
коллоидной химии



/А.Ф. Шмидт /