



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Факультет химический

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета

 _____/Вильмс А.И./
“15” апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

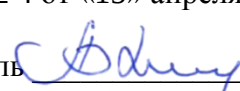
Наименование дисциплины (модуля): **Материалы с наноструктурой**

Научная специальность: **1.4.4. Физическая химия**

Форма обучения: **очная**

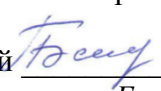
Согласовано с УМК_химического
факультета

Протокол № 4 от «15» апреля 2025 г.

Председатель  _____
А.И. Вильмс .

Рекомендовано кафедрой физической и
коллоидной химии:

Протокол № 8 от «10» апреля 2025 г.

И.о. зав. кафедрой  _____
Белых Л.Б.

Иркутск 2025 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)
2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы
4. Содержание дисциплины (модуля)
 - 4.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)
 - 4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий
 - 4.3 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.
5. Примерная тематика рефератов (при наличии)
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):
 - а) основная литература;
 - б) дополнительная литература;
 - в) программное обеспечение;
 - г) интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).
8. Образовательные технологии
9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
 - 9.1 Оценочные средства текущего контроля
 - 9.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

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. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

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 наноборки 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 нанообъектов, 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 нанообъектов.

Владеть: - навыками критического анализа и оценки современных научных достижений в области нанохимии и нанокатализа; их применения при решении профессиональных задач: анализа нанообъектов 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.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего академических часов	Курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	16		16		
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	8		8		
Самостоятельная работа (всего)	18		18		
В том числе:	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)					
Контактная работа					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Промежуточная аттестация (всего)	2		2		
В том числе:					
Контактная работа во время промежуточной аттестации	2		2		
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет		зачет		
Общая трудоемкость	часы		36		
	зачетные единицы	1	1		

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины
1.	1. Введение.	1. 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.	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). 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. 2.2. Современные тенденции в производстве наночастиц.
3.	3. Нанометрические архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	3.1. Упаковки одинаковых сфер. Научные подходы к контролируемому объединению наночастиц в упорядоченные структурные блоки: пространственное ограничение системы, однородность базовых частиц по размерам. 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. 3.2. Двухмерные упаковки и геометрическая фрустрация. 3.4. Наноструктуры НРЧ металлов: фрактальная структура, структура типа «ежевика», 3D наноструктуры из молекулярных кластеров.
4.	4. Композиционные наноматериалы	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. 4.2. Органические нанокомпозитные мембраны и ионные проводники на основе наноструктурных полимеров. Проницаемость плотных мембран. Проницаемость композитных материалов. Современные нанокомпозитные материалы. 4.3. Полимерные электролиты. Нанокомпозитные полимерные электролиты. Нанокомпозитные полимерные гелевые электролиты. Нанокомпозитные полиэлектролитные гели. 4.4. Нанокристаллические керамики. Синтез неметаллических неорганических наночастиц. Формирование нанокерамических тел. Стратегии агломерации для ограничения роста. Особые свойства и применение.
5.	Методы установления наноструктуры	5.1. Наноанализ: трансмиссионная и сканирующая электронная микроскопия, трансмиссионная электронная микроскопия высокого разрешения, электронная дифракция, РФЭС, ультрацентрифугирование, электронные спектры поглощения т.д.

4.2. Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах			
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1.	Введение	Наносистемы.	1	1	1	3

2.	Основные проблемы нанохимии	Размерные эффекты	2	2	4	8
3.	Нанометрические архитектуры: возникновение некристаллической организации атомов в наноструктуре	Самоорганизация наночастиц. Наноструктуры	2	2	4	8
4	Композиционные наноматериалы	Классификация нанокompозитов и методы их получения	1	1	5	7
5	Методы установления наноструктуры	Наноанализ	2	2	4	8

4.3. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1.	1. Введение	Наносистемы.	1	Входной контроль в виде тестового задания по нанохимии.
2.	2. Основные проблемы нанохимии	Размерные эффекты. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов	2	Устная беседа. Проверка практических заданий
3	3. Нанометрические архитектуры.	Самоорганизация наночастиц. Наноструктуры.	2	Устная беседа. Проверка практических заданий
4	Композиционные наноматериалы	Классификация нанокompозитов и методы их получения	1	Устная беседа. Проверка практических заданий
5	Наноанализ	Физические методы исследования наносистем	2	Устная беседа. Проверка практических заданий

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

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

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. Суздалев И.П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд., испр. - М. : Либрок, 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) интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы (при наличии)

<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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

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 и учебной мебелью.

8. 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.

9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

9.1 Оценочные средства текущего контроля:

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

- контрольные вопросы по темам и типовые задания для зачета «Нанохимия, нанотехнологии»;

Вопросы для УО по теме «Размерные эффекты. Проблема устойчивости наночастиц и их ассоциатов»

1. Рассмотрите влияние размера частиц на их реакционную способность с термодинамической точки зрения.
2. Структурно-чувствительные реакции. Критерии отнесения к структурно-чувствительным и структурно-нечувствительным реакциям, примеры.
3. Назовите основные причины размерных эффектов в катализе.
4. Как определить, какие центры (вершинные, реберные или плоскостные атомы) работают в данном каталитическом процессе?
5. Чем отличается удельная каталитическая активность и частота оборотов реакции?
6. К какому типу размерных эффектов следует отнести реакцию, если наблюдается :
 - а) увеличение частоты оборотов реакции с уменьшением размера частиц?
 - б) уменьшение частоты оборотов реакции с уменьшением размера частиц?
7. Какие основные механизмы стабилизации наночастиц Вы знаете? Приведите примеры.

Вопросы для УО по теме «Самоорганизация наночастиц. Наноструктуры.»

1. Кинетический контроль формы частиц. Как можно получить структуры в форме куба, октаэдра, икосаэдра?
2. Какие научные подходы используют для контролируемого объединения наночастиц в упорядоченные структурные блоки?
3. Наноструктуры НРЧ металлов. Фрактальные кластеры, структуры типа «ежевика».
4. Какие условия необходимы для формирования одномерных наноструктур?
5. Двухмерные упаковки и геометрическая фрустрация.

Вопросы для УО по теме «Классификация нанокомпозитов и методы их получения»

1. Какие объекты относят к нанокомпозитам. Перечислите основные классификации нанокомпозитов в зависимости от природы матрицы и наполнителя.
2. Рассмотрите сущность золь-гель метода.
2. Органические нанокомпозитные мембраны и ионные проводники на основе наноструктурных полимеров.
3. Нанокристаллические керамики. Синтез неметаллических неорганических наночастиц.

Вопросы для УО по теме «Наноанализ»

1. Метод ПЭМ ВР. Какую информацию можно получить из снимка ПЭМ ВР?
2. Как приготовить образец для ПЭМ анализа?
3. Чем отличаются среднечисленный и среднеповерхностный диаметры частиц?
4. Назовите методы, применяемые для идентификации химического и фазового состава наночастиц?
5. Методы исследования, применяемые для качественного и количественного анализа состава поверхности наночастиц. Их достоинства и ограничения.

Критерии оценивания

Тема считается зачтенной, если аспирант показал сформированные и систематизированные знания данного раздела, сформированные умения и навыки применения методов и подходов нанохимии при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера.

9.2. 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. Назовите методы исследования частиц нанометрового диапазона. Какую информацию можно получить, используя эти методы исследования?

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 РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

«Зачтено»:

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера.

«Не зачтено»:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

Разработчики:


(подпись)

Д-р хим. наук, профессор

Л.Б. Белых

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии
«10 апреля 2025 г. Протокол № 8

И.о. зав. кафедрой  /Белых Л.Б./