

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А.Маракаев

« 24 » мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Основы нанохимии и нанотехнологий»**

Направление подготовки  
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)  
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
от 14 апреля 2022 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК  
факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от 18 апреля 2022 г.

Ярославль

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение студентами, нанохимии – области науки, занимающейся изучением наноразмерных объектов: наночастиц, нанокластеров, нанокристаллов, самоорганизующихся наносистем, углеродных наноматериалов. Рассматриваются вопросы получения, модификации, возможностей и перспектив применения указанных систем.
- освоение аналитических и приборных методов исследования наноструктурных объектов (электронная, сканирующая атомно-силовая, туннельная, ближнепольная оптическая микроскопия и др.).

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Данная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Шифр в соответствии с учебным планом Б1.В.10.

Студенты специальности «Химия», изучающие данную дисциплину, знакомятся с основами наноматериалов и нанотехнологий, различными видами микро- и наноразмерных структур, способами их анализа, получения и модификации.

Освоение дисциплины происходит в течение 8 семестра 4 курса бакалавриата. В рамках теоретического курса рассматриваются вопросы, посвященные изучению современных представлений об устройстве наномира на основе положений квантовой механики. Изучаются виды наноматериалов, возможности их практического применения и способы их получения.

Обучающиеся знакомятся с основами супрамолекулярной химии, занимающейся вопросами самоорганизации и формирования наноразмерных кластеров и макромолекул. Также отдельно разбираются перспективные области применения нанотехнологий, к которым относится использование нанобиологических систем (бионанотехнологии), нанотехнологии в медицине, наномашин и наноприборов (микро- и наноэлектромеханические наносистемы, наноактуаторы, молекулярные переключатели). Изучаются различные подходы к модификации поверхности (нанолитография).

В представленном курсе подробно освещаются современные инструментальные методы аналитического исследования и контроля нанообъектов. В частности, к изучаемым методам относятся: электронная микроскопия (просвечивающая и растровая электронная микроскопия), сканирующая зондовая микроскопия (сканирующая атомно-силовая и сканирующая туннельная микроскопия, оптическая микроскопия дальнего поля), Рамановская и ИК-спектроскопия, рентгеновская дифрактометрия, рентгеноспектральный микроанализ.

Лабораторные занятия по дисциплине выполняются на базе лаборатории сканирующей зондовой микроскопии ЯрГУ. Здесь студенты на практике осваивают методы изучения наноструктур, такие как атомно-силовая микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия. При этом рассматривается полный цикл проведения эксперимента: подготовка образцов, проведение анализа, компьютерная обработка полученных данных, выполняемая с использованием специального программного обеспечения. Помимо этого, проводятся лабораторные работы по получению наночастиц, исследованию их оптических свойств и стабильности, проводится получение ферромагнитных жидкостей. В рамках курса также предполагается организация экскурсии (при такой возможности) в центр коллективного пользования «Диагностика микро- и наноструктур» на базе Ярославского филиала ФТИАН РАН им. К.А. Валиева, где студентам наглядно показывается оборудование сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, а также рентгеновской дифрактометрии, раскрываются основы метода, нюансы проведения пробоподготовки и анализа с точки зрения оператора оборудования.

Контроль успеваемости студентов в процессе обучения обеспечивается защитой лабораторных работ, проведением онлайн-тестирования, опросов и коллоквиумов в течение обучения по всем разделам дисциплины, включающего подготовку доклада в формате мини-сочинения. Также предусмотрена подготовка реферата и выступление с докладом по выбранной теме с защитой перед аудиторией. Formой промежуточного контроля является экзамен в конце 8 семестра.

Исходные требования, предъявляемые к студентам:

- общие представления о нанотехнологиях и наноматериалах (размеры нанобъектов, примеры и области применения наноматериалов).
- навыки уверенного владения персональным компьютером (использование офисных программ, подготовка докладов и презентаций, поиск научной литературы).

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>ПК-1</b> Способен проводить НИР и НИОКР, выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.	<b>ПК-1.1</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.	<b>Знать:</b> – физико-химические основы аналитических методов исследования материалов, их преимущества и недостатки. <b>Уметь:</b> – планировать постановку экспериментов по получению и исследованию наноматериалов; – разрабатывать методические схемы получения и анализа образцов наноматериалов и нанобъектов. <b>Владеть навыками:</b> – работы с программным обеспечением позволяющим оценивать размер и форму по микрофотографиям.
	<b>ПК-1.2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.	<b>Знать:</b> – перечень документации, необходимой для подготовки планов и программ отдельных этапов НИР. <b>Уметь:</b> – оформлять протоколы исследований. <b>Владеть навыками:</b> – работы с документами, проектами планов и программ отдельных этапов НИР.
	<b>ПК-1.3</b> Выбирает технические средства реализации и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.	<b>Знать:</b> – современные подходы к пробоподготовке нанобъектов и наноматериалов; – физико-химические основы аналитических методов, их преимущества и недостатки. <b>Уметь:</b> – подбирать необходимые подходы к анализу нанобъектов и наноматериалов. <b>Владеть навыками:</b> – составления схем методик анализа.

	<p><b>ПК-1.4</b> Готовит объекты исследования.</p>	<p><b>Знать:</b> – современные подходы к пробоподготовке. <b>Уметь:</b> – планировать постановку эксперимента по получению и анализу нанообъектов и наноматериалов; – разрабатывать методические схемы анализа. <b>Владеть навыками:</b> – техники лабораторных работ.</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен осуществлять разработку методов получения и контроля соединений с целевыми характеристиками под руководством специалиста более высокой квалификации.</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Способен проектировать направленный синтез органических соединений с заданным набором свойств в рамках поставленной задачи.</p>	<p><b>Знать:</b> – современные подходы к направленному синтезу соединений с заданным набором свойств; <b>Уметь:</b> – моделировать структуры наноразмерных объектов заданного размера и формы. <b>Владеть навыками:</b> – работы с программами для моделирования структуры и свойств нанообъектов и наноматериалов.</p>
	<p><b>ПК-2.2</b> Способен осуществлять направленный синтез органических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные методы получения нанообъектов и наноматериалов. <b>Уметь:</b> – проводить планирование синтеза нанообъектов и наноматериалов. <b>Владеть навыками:</b> – техники лабораторных работ.</p>
	<p><b>ПК-2.3</b> Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры органических соединений.</p>	<p><b>Знать:</b> – физико-химические основы аналитических методов нанообъектов и наноматериалов, их возможности и ограничения; – основы структурного анализа химических соединений и их смесей. <b>Уметь:</b> – проводить обработку и анализ микроскопической, спектральной и иной информации. <b>Владеть навыками:</b> – техники лабораторных работ.</p>
	<p><b>ПК-2.4</b> Способен изучать реакционную способность органических соединений с применением типовых экспериментальных и расчётных методов.</p>	<p><b>Знать:</b> – зависимость реакционной способности нанообъектов от наличия тех или иных заместителей в структуре (например, для ковалентно и нековалентно модифицированных углеродных нанотрубок). <b>Уметь:</b> – оценивать реакционную способность нанообъектов. <b>Владеть навыками:</b> – работы с программным обеспечением для моделирования и изучения электронных и пространственных характеристик нанообъектов.</p>

	<p><b>ПК-2.5</b> Способен оценивать прогнозировать целевые свойства на основе фундаментальных основ их формирования.</p>	<p><b>Знать:</b> – зависимость реакционной способности нанообъектов от наличия тех или иных заместителей в структуре (например, для ковалентно и нековалентно модифицированных углеродных нанотрубок); – тенденции изменения физических свойств свойства нанообъектов и наноматериалов в зависимости от размеров и формы.</p> <p><b>Уметь:</b> – оценивать реакционную способность нанообъектов; – оценивать физические свойства нанообъектов и наноматериалов, исходя из их структуры.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – работы с программным обеспечением для моделирования и прогнозирования свойств целевых нанообъектов.</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и испытания.</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p>	<p><b>Знать:</b> – основные базы патентной информации; – способы задания условий и операторы для патентного поиска.</p> <p><b>Уметь:</b> – проводить поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – работы с электронными базами данных.</p>
	<p><b>ПК-3.2</b> Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p><b>Знать:</b> – требования нормативных документов к оформлению отчетов, списка использованной литературы и т.д.</p> <p><b>Уметь:</b> – составлять и оформлять обзор литературных источников, список литературы, а также отчеты по проделанной работе по заданной тематике.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – составления планов отчетов и написания отчетов по определенной теме.</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины: 7 зачетных единиц, 252 акад. ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение в нанохимию.	8	2					2	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат
2	Рентгеновская дифрактометрия. Рентгеноспектральный микроанализ.	8	3	1	24	2		6	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Защита лабораторных работ. Реферат
3	Колебательные методы анализа нанообъектов и наноматериалов.	8	6	1	9	3		7	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Защита лабораторных работ. Реферат
4	Зондовая микроскопия.	8	4	1	6	1		4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Защита лабораторных работ. Реферат
5	Электронная микроскопия.	8	2	1		1		5	Опрос. Коллоквиум. Реферат
6	Нанолитография.	8	3	1		2		5	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат
7	Механические и физические методы получения наноматериалов и нанообъектов.	8	2	1	6			4	Опрос. Реферат. Защита лабораторных работ
8	Химические и биологические методы получения наноматериалов и нанообъектов.	8	2	1	24			4	Опрос. Защита лабораторных работ. Реферат
9	Введение в супрамолекулярную химию. Супрамолекулярные взаимодействия. Металлоцены.	8	2	1		2		6	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат
10	Супрамолекулярная химия. Ионофоры и другие неионофорные объекты.	8	2	1		2		4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум по темам. Реферат

11	Супрамолекулярная химия: ПАВ и мицеллярная электрокинетическая хроматография.	8	2	1				4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат
12	Квазиульмерные объекты: наночастицы, нанокластеры, квантовые точки.	8	2	0,5	6	2		4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Защита лабораторных работ. Реферат
13	Углеродные наноструктуры: графен, тубулены, фуллерены.	8	3	1	3	2		4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Защита лабораторных работ. Реферат
14	Функционализация и модификация углеродных нанобъектов.	8	2	1		2		4	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат
15	Наноструктуры и наномашин.	8	2	0,5				2	Опрос. Тестирование. Коллоквиум. Реферат. Итоговое тестирование по курсу
						2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>ИТОГО</b>		<b>39</b>	<b>13</b>	<b>78</b>	<b>23</b>	<b>0,5</b>	<b>98,5</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Рентгеновская дифрактометрия. Рентгеноспектральный микроанализ.	8		1	24				Факультет биологии и экологии ЯрГУ. Лаборатория диагностики микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН.
2	Колебательные методы анализа нанобъектов и наноматериалов.	8		1	9				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Зондовая микроскопия.	8		1	6				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Электронная микроскопия.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ. Лаборатория диагностики микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН.

5	Нанолитография.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ. Лаборатория диагностики микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН.
6	Механические и физические методы получения наноматериалов и нанообъектов.	8		1	6				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
7	Химические и биологические методы получения наноматериалов и нанообъектов.	8		1	24				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
8	Введение в супрамолекулярную химию. Супрамолекулярные взаимодействия. Металлоцены.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ
9	Супрамолекулярная химия. Ионофоры и другие неионофорные объекты.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ
10	Супрамолекулярная химия: ПАВ.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ
11	Квазинульмерные объекты: наночастицы, нанокластеры, квантовые точки.	8		0,5	6				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
12	Углеродные наноструктуры: графен, губулены, фуллерены.	8		1	3				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
13	Функционализация и модификация углеродных нанообъектов.	8		1					Факультет биологии и экологии ЯрГУ
14	Наноустройства и Наномашины.	8		0,5					Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	<b>ИТОГО</b>			<b>13</b>	<b>78</b>				

### Содержание разделов дисциплины

#### 1. Введение в нанохимию.

- 1.1. Масштабы окружающего мира: мегамир, макромир, микромир, наномир.
- 1.2. Дисперсные системы.
- 1.3. Нанотехнологии и общество.
- 1.4. Размерный эффект.
- 1.5. Объекты нанохимии.
- 1.6. Разнообразии нанообъектов.
- 1.7. Коротко о супрамолекулярной химии.

#### 2. Рентгеновская дифрактометрия и рентгеноспектральный микроанализ.

- 2.1. Краткая история открытия рентгеновского излучения.
- 2.2. Основы метода рентгеновской дифрактометрии (РДМ).
- 2.3. Условия дифракции интерференции.
- 2.4. Методы получения дифракционной картины.
- 2.5. Условие Вульфа-Брегга.
- 2.6. Устройство рентгеновского порошкового дифрактометра.



- 2.7. Дифрактограммы и ряд закономерностей РДМ.
- 2.8. Преимущества и недостатки метода РДМ.
- 2.9. Основы РСМА. Рентгенофлуоресценция.
- 2.10. Варианты аппаратной реализации РСМА.
- 2.11. Энергодисперсионный и волнодисперсионный элементный анализ.  
Лабораторная работа. Знакомство с рентгеновский порошковым дифрактометром.  
Лабораторная работа. Точность рентгенодифрактометрических измерений.  
Лабораторная работа. Регистрация порошковых дифрактограмм. Расчет параметров решетки Браве и атомного радиуса.  
Лабораторная работа. Фазовый анализ почечных конкрементов человека.  
Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.  
Практическая работа. Экскурсия в лабораторию микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН им. Валиева.

### **3. Колебательные методы анализа нанообъектов и наноматериалов**

- 3.1. Принципы функционального анализа, реализуемого с помощью колебательных методов. Абсорбционный и эмиссионный механизмы.
- 3.2. Типы фундаментальных колебательных мод. Правила отбора сигналов.
- 3.3. Аппаратное оформление ИК- и КР-спектрометров. Возможности и ограничения дисперсионных и интерферометрических приборов. «Выйгрыш» Жакино и Фелжета. КР-микроскопия.
- 3.4. Варианты реализации КР-спектроскопии: RSOT, CARS, SERS, TERS, нерезонансная, предрезонансная, резонансная КР-спектроскопия.
- 3.5. Явление плазмонного резонанса, как проявление квантового размерного эффекта.
- 3.6. Применение ИК-спектроскопии при анализе функционализации углеродных нанообъектов.
- 3.7. Применение КР-спектроскопии при анализе нанообъектов и наноматериалов. Картирование.  
Лабораторная работа. Импорт и предварительная обработка спектральных данных.  
Лабораторная работа. Анализ ИК- и КР-спектров нанообъектов и наноматериалов.  
Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

### **4. Зондовая микроскопия.**

- 4.1. Разновидности методов зондовой микроскопии.
- 4.2. Разрешающая способность микроскопа. Дифракционный предел.
- 4.3. Основы метода сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ).
- 4.4. СБОМ: строение оптического зонда, изготовление зондов. Контроль расстояния между зондом и образцом
- 4.5. Варианты реализации СБОМ.
- 4.6. Преимущества и недостатки метода СБОМ.
- 4.7. Краткая история сканирующей туннельной микроскопии (СТМ).
- 4.8. Туннельный эффект.
- 4.9. Принцип работы СТМ.
- 4.10. СТМ-зонды, способы их изготовления и требования к образцам.
- 4.11. Режимы работы СТМ.
- 4.12. Примеры СТМ-изображений.
- 4.13. Ограничения СТМ.
- 4.14. Краткая история атомно-силовой микроскопии (АСМ).
- 4.15. Основы метода и типичная конструкция АСМ.
- 4.16. АСМ-зонды, изготовление, разрешение, типичный способ регистрации сигнала.
- 4.17. Режимы работы АСМ.
- 4.18. Аппаратная реализация и визуализация.
- 4.19. Достоинства и ограничения АСМ.  
Лабораторная работа. Калибровка видеоокуляра микроскопа.

Лабораторная работа. Расчет размеров нанообъектов с помощью специального программного обеспечения.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

## **5. Электронная микроскопия.**

5.1. Краткая история электронной микроскопии.

5.2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ): определение, возможности, конструкция прибора.

5.3. Электронная пушка.

5.4. Системы вакуумирования.

5.5. Системы линз.

5.6. Разрешение ПЭМ

5.7. Типы образцов, ограничения, модели ПЭМ-микроскопов.

5.8. Взаимодействие первичных электронов с веществом и его влияние на разрешение.

5.9. Разрешение растровой электронной микроскопии (РЭМ).

5.10. Конструкция РЭМ-микроскопа.

5.11. Примеры изображений.

5.12. Модели РЭМ-микроскопов.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Экскурсия в лабораторию микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН им. Валиева.

## **6. Нанолитография.**

6.1. Краткая история и понятие литографии.

6.2. Понятия микро- и нанолитографии.

6.3. Оптическая нанолитография (фотолитография).

6.4. EUV-литография.

6.5. Электронная литография.

6.6. Ионно-лучевая литография.

6.7. СТМ-нанолитография.

6.8. АСМ-нанолитография: наногравировка, наночеканка, электрическая нанолитография, термохимическая нанолитография, Dip-Pen нанолитография.

6.9. NanoPen литография.

6.10. Атомная литография.

6.11. Наноимпринт литография.

6.12. Литография наносферами.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанообъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

## **7. Механические и физические методы получения наноматериалов и нанообъектов.**

7.1. Основные подходы к получению наноматериалов.

7.2. Механические методы.

7.3. Физические методы.

7.4. Эпитаксия.

7.5. Синтез из сверхкритических растворов.

Лабораторная работа. Получение наночастиц магнетита механическим методом.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанообъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

## **8. Химические и биологические методы получения наноматериалов и нанообъектов.**

8.1. Химические методы получения наноматериалов.

8.2. Синтез в нанореакторах.

8.3. Технология Ленгмюра-Блоджетт.

8.4. Биологические подходы к получению наноматериалов.

Лабораторная работа. Получение растворов нано- и микрочастиц серебра и исследование их спектральных характеристик.

Лабораторная работа. Свойства и стабильность наночастиц серебра, полученных разными методами.

Лабораторная работа. Исследование стабильности наночастиц серебра, полученных различными методами.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанообъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

## **9. Введение в супрамолекулярную химию. Супрамолекулярные взаимодействия. Металлоцены.**

9.1. Супрамолекулярная химия. Объект и предмет изучения.

9.2. Примеры супрамолекулярных систем.

9.3. Роль среды в химических реакциях и образовании супрамолекулярных систем.

9.4. Нековалентные взаимодействия.

9.5. Металлоцены.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

## **10. Супрамолекулярная химия. Ионофоры и другие неионофорные объекты.**

10.1. Краун-эфиры.

10.2. Хелатный и макроциклический эффекты.

10.3. Поданды.

10.4. Криптанدى и лариат-эфиры.

10.5. Алкалиды и электриды.

10.6. Сферанды, кавитанды, карцеранды, каликсарены.

10.7. Антикрауны.

10.8. Неионофорные супрамолекулярные объекты: циклодекстрины, дендримеры, катенаны, ротаксаны.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

## **11. Супрамолекулярная химия. ПАВ.**

11.1. ПАВ: определение, классификация.

11.2. Классическая и обращенная мицеллы.

11.3. Синтез основных классов ПАВ.

11.4. Принцип создания ионных пар и его применение в химии. МЭКХ

11.5. Использование ПАВ при создании наноматериалов. Технология Ленгмюра-Блоджетт.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

## **12. Квазиульмерные объекты: наночастицы, нанокластеры, квантовые точки.**

12.1. Объекты нанохимии и квазиульмерные объекты.

12.2. Размерный эффект.

12.3. Локальный (поверхностный) плазмонный резонанс на наночастицах металлов.

12.4. Наночастицы и нанокластеры.

12.5. Квантовые точки.

Лабораторная работа. Получение наночастиц серебра в условиях присутствия и отсутствия стабилизатора;

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанообъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

### **13. Углеродные наноструктуры: графен, тубулены, фуллерены.**

13.1. Особенности атома углерода и атома кремния.

13.2. Аморфные и аллотропные модификации углерода.

13.3. Графен: структура, способы получения, свойства, применение.

13.4. Нанотрубки: структура, понятие хиральности, разновидности, способы получения, свойства применение.

13.5. Фуллерены: структура, особенности строения и устойчивости, способы получения.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанобъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

Лабораторная работа. Исследование самоорганизации наноструктур графена с помощью модуля «Молекулярная наномеханика».

Лабораторная работа. Создание и оптимизация структуры хиральных и ахиральных нанотрубок различных размеров.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

Практическая работа. Поиск в патентных базах данных информации о современных нанобъектах и наноматериалах, а также способах их получения.

### **14. Функционализация и модификация углеродных нанобъектов.**

14.1. Ковалентная и нековалентная функционализация. Основные подходы к функционализации.

14.2. Окисление и Озонирование.

14.3. Восстановление (гидрирование).

14.4. Образование С-С и С-N связей, в т.ч. циклоприсоединение.

14.5. Прочие варианты функционализации.

14.6. Нековалентная функционализация.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

### **15. Нанопустройства и наномашинны.**

15.1. Наносенсоры.

15.2. Наноактюаторы, нанотранзисторы нанопереклюатели, нанодвигатели. Нобелевская премия по химии.

15.3. Нанороботы.

Практическая работа. Презентация и доклад по выбранной теме.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Вводная лекция** – предназначена для начального ознакомления студентов с изучаемой дисциплиной, местом дисциплины в структуре естествознания. Производится знакомство обучающихся с целями и задачами курса. На этой лекции также высказываются методические и организационные особенности работы в рамках изучения дисциплины, а также предлагается обзор рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** (лекция общего курса) – последовательное изложение учебного материала в соответствии с темой занятия. Как правило, проводится в виде доклада, сопровождаемого иллюстрированной презентацией, содержащей информативную часть, примеры и пояснения к изучаемому материалу. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, проводимое как в аудитории, так и в компьютерном классе ЯрГУ. Предполагает выступление студентов с докладами по выбранной теме с последующим обсуждением, поиск патентной информации в базах данных, а также изучение компьютерного моделирования нанообъектов, в частности, процессов самосборки и самоорганизации наносистем различной природы. По возможности также организуется экскурсия в лабораторию микро- и наноструктур ЯФ ФТИАН РАН им. Валиева.

**Лабораторное занятие** – занятие, посвященное практическому освоению методов исследования и получения нанообъектов. Часть занятий проводится в лаборатории сканирующей зондовой микроскопии ЯрГУ с использованием СЗМ – микроскопа. «Фемтоскан»; а также в аудитории, оборудованной мультимедиа-проектором.

**Консультации** – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов, а также средство подготовки для мероприятий текущей и промежуточной аттестации. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

**Электронный учебный курс «Основы нанохимии и нанотехнологий»** в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- представлена информация о формах синхронного и асинхронного взаимодействий между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

При осуществлении образовательного процесса используются:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.;
- свободно распространяемая программа WinCasino, реализующая моделирование прохождения электронного пучка через различные материалы, позволяющая подобрать оптимальную энергию возбуждения для реализации энергодисперсионного анализа.
- свободно распространяемая программа «Lab explorer», предназначенная для моделирования свойств и геометрии нанообъектов;
- виртуальная лаборатория рентгеновской дифрактометрии, где студенты знакомятся с основами метода РДМ (рентгеновской дифрактометрии), проводят виртуальные анализы различных образцов, учатся устанавливать структуру образцов по РДМ-данным <http://atelearning.org/P2PD/lms/>

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
- база данных патентной информации европейского патентного ведомства (EPO)  
<https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html>
- база спектральной информации «SpectraBase» <https://spectrabase.com/>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Орлов В.Ю., Котов А.Д., Базлов Д.А. Основы нанохимии и нанотехнологий: метод. указания. Яросл. гос. ун-т. – Ярославль.: ЯрГУ, 2012. – 60 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20120307.pdf>
2. Компьютерное моделирование в химии наноразмерных структур: учебно-методическое пособие / сост. А.В. Цивов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2017. – 44 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20170301.pdf>

### **б) дополнительная литература**

1. Егорова Е.М. Нанотехнологии: методология исследований действия наночастиц металлов на биологические объекты : учебное пособие для вузов / Е.М. Егорова, А.А. Кубатиев. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 188 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-12250-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/474935>

### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. NanoNewsNet – российское информационно-аналитическое онлайн-издание в области nanoиндустрии и нанотехнологий <http://www.nanonewsnet.ru/>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Для проведения практических и семинарских занятий применяются учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа.

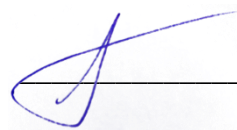
Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для лабораторных работ – списочному составу группы обучающихся.

В процессе осуществления образовательного процесса используется лаборатория сканирующей зондовой микроскопии ЯрГУ, оснащенная сканирующим зондовым микроскопом «Фемтоскан» (АСМ и СТМ режимы исследования), компьютером с установленным ПО «Фемтоскан-Онлайн» для обработки результатов анализа, спектрофотометр ЮНИКО модель 2802, спектрометр SPECTRUM 65 ИК-ФУРЬЕ, лабораторная посуда, реактивы, виртуальная лаборатория РДМ.

Автор:

Доцент института  
фундаментальной и прикладной химии, к.х.н.



Лебедев А.С.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Основы нанохимии и нанотехнологий»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Темы рефератов для выступлений**

Подготовка реферата с выступлением по одной из указанных тем:

1. Углеродные наноматериалы: графен, аэрографит, графеновый аэрогель. Свойства, получение, применение.
2. Углеродные нанотрубки и фуллерены. Свойства, получение, применение.
3. Методы получения наноматериалов. Основные технологии получения наночастиц в твердой, жидкой и газообразной формах.
4. Методы химической модификации наноструктур. Поверхностная модификация углеродных нанотрубок. Ковалентная и нековалентная функционализация.
5. Методы изучения нанообъектов: атомно-силовая микроскопия.
6. Методы изучения нанообъектов: сканирующая туннельная микроскопия. Туннельный эффект (открытие, применение в СТМ).
7. Методы изучения нанообъектов: ближнепольная оптическая микроскопия.
8. Методы изучения нанообъектов: электронная просвечивающая.
9. Методы изучения нанообъектов: электронная растровая микроскопия.
10. Методы изучения нанообъектов: ионная микроскопия. Нанолитография.
11. Методы изучения нанообъектов и материалов: рентгеновская дифрактометрия.
12. Методы изучения нанообъектов: ИК-спектроскопия.
13. Методы изучения нанообъектов: КР-спектроскопия, варианты исполнения и усиления сигнала.
14. Рентгеноструктурный анализ. Алгоритм установления структуры простых и сложных (в том числе биологических) молекул.
15. Рентгеноспектральный микроанализ. Основы метода, возможности и ограничения. Варианты исполнения.
16. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем. Молекулярный дизайн.
17. Краун-эфир, криптан, сферанды, кавитанды. Комплексы типа «гость-хозяин».
18. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование. Их использование в аналитике и нанотехнологии.
19. Нанозлектроника (нанотранзисторы, нанокomпьютер). Нанотехнологии в хранении и передаче информации. Квантовый компьютер.
20. Оптические нанотехнологии. Светочувствительные линзы, светодиоды, лазеры.
21. Микро- и нанозлектромеханические системы (МЭМС и НЭМС). Принципы конструирования и работы нанозлектромеханических систем (НЭМС). Наномоторы. Нанороботы.
22. Процессы самосборки и самоорганизации наносистем. Супрамолекулярная химия.
23. Нанокластеры и квантовые точки (виды, свойства, возможное применение).
24. Нанотехнологии в медицине и фармакологии. Перспективы создания нанолечарств.
25. Бионанотехнологии. Биомиметические наноматериалы. Биологические наносенсоры.
26. Применение нанотехнологий в энергетике и энергосбережении.



27. Нанотехнологии в космосе и авиации. Создание сверхпрочных и сверхлегких конструкционных наноматериалов.
28. Нанотехнологии в строительстве. Создание сверхпрочных и сверхлегких конструкционных наноматериалов.
29. Наноматериалы, обладающие магнитными свойствами: получение и применение.
30. Нанотехнологии и общество. Социальные аспекты нанотехнологий. Нанобиобезопасность.
31. Нанотехнологии в военном деле. Использование наноматериалов для защиты и маскировки. Материал Vantablack.
32. Применение нанотехнологий в экологии и сельском хозяйстве.
33. Применение наноматериалов в косметике и гигиене.
34. Наноматериалы для пищевой промышленности.
35. Нанокерамика: изготовление и применение.

### **Примеры запросов для патентного поиска информации в базе данных Espacenet**

1. Получение наносластеров никеля (nickel nanoclusters preparation);
2. Композитный материал с нанотрубками (nanotube composite material);
3. Получение эндоэдральных фуллеренов (preparing endohedral fullerenes);
4. Методы разделения фуллеренов (methods of fullerene separation);
5. Ковалентная функционализация углеродных нанотрубок (covalent functionalization of nanotubes);
6. Ковалентная функционализация фуллеренов (covalent functionalization of fullerenes);
7. Нековалентная функционализация углеродных нанотрубок (non-covalent functionalization of nanotubes);
8. Изготовление квантовых точек на основе ZnCdSe (ZnCdSe quantum dots preparation);
9. Изготовление пленок методов Ленгмюра-Блоджетт (Langmuir-Blodgett films preparation);
10. Супрамолекулярные строительные блоки (supramolecule building blocks).

### **Список примерных вариантов вопросов и (или) заданий для проведения тестирования**

#### **Тестирование по темам 1-2**

1. Электроны, находящиеся на более низких энергетических уровнях (более близких к ядру) обладают большей энергией. Верно ли данное утверждение?  
А. Да  
Б. Нет +
2. Эмульсии относят к грубодисперсным системам. Верно ли данное утверждение?  
А. Да +  
Б. Нет
3. К наночастицам относятся объекты размером от 0.001 до 0.1 микрона. Верно ли данное утверждение?  
А. Да +  
Б. Нет
4. При использовании парафокусирующей геометрии по Бреггу-Брентано фокус трубки, приемная щель детектора и точка на поверхности образца лежат на окружности фокусировки постоянного радиуса. Верно ли данное утверждение?  
А. Да

Б. Нет +

5. Наиболее часто используемым материалом тела анода и анодного зеркала является медь. Верно ли данное утверждение?

А. Да +

Б. Нет

6. С ростом ускоряющего напряжения рентгеновской трубки количество выделяемого зеркалом анода тормозного излучения ...

А. Увеличивается +

Б. Уменьшается

В. Практически не изменяется

Г. Может как расти, так и не изменяться, что определяется рядом других факторов

7. Рентгеновские лучи лежат в диапазоне длин волн ...

А. 0.01-10 нм +

Б. 0.01-10 мкм

В. 0.01-10 пм

Г. 0.01-10 Å

Д. 1-100 нм

8. Переход электрона  $L\beta$  (эль-бета) означает, что производится переход...

А. С К-оболочки на L-оболочку

Б. С L-оболочки на К-оболочку

В. С М-оболочки на L-оболочку

Г. С N-оболочки на L-оболочку +

Д. С L-оболочки на N-оболочку

9.  $\beta$ -Фильтры рентгеновского дифрактометра необходимы для ...

А. Пропускания  $K\beta$ -серии в спектре характеристического излучения

Б. Отсечения  $K\beta$ -серии из спектра характеристического излучения +

В. Монохроматизации потока X-квантов

Г. Уменьшения расходимости рентгеновского пучка

10. Явление испускания квантов света веществом под воздействием ионизирующего излучения называется...

А. Термоэмиссия

Б. Сцинтилляция +

В. Флуоресценция

Г. Абсорбция

Д. Дисперсия

11. Нанонити относятся к ... объектам

А. Квазиульмерным

Б. Квазиодномерным +

В. Квазидвумерным

Г. Квазитрехмерным

12. Характеристическое рентгеновское излучение обладает следующими признаками ... (ответов может быть несколько)

А. Зависит от материала анодного зеркала +

Б. Не зависит от материала анодного зеркала

- В. Имеет непрерывный спектр излучения
- Г. Спектру излучения соответствуют определенные пики интенсивности +
- Д. Образуется при «выбивании» электронов из внутренних оболочек атома +
- Е. Образуется при «выбивании» электронов из внешних оболочек атома
- Ж. Образуется при «выбивании» электронов из любых оболочек атома

13. С помощью рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) возможно исследование ... (ответов может быть несколько)

- А. Элементного состава образца +
- Б. Функционального состава образца
- В. Молекулярного состава образца
- Г. Фазового состава образца
- Д. Локальной поверхности образца +
- Е. Всей поверхности образца

### Тестирование по теме 3

1. Проявление колебаний в ИК-спектрах сопровождается изменением дипольного момента молекулы. Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

2. В ИК-спектроскопии с увеличением массы колеблющегося атома частота колебания возрастает. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

3. В ИК-спектроскопии с увеличением прочности связи между колеблющимися атомами частота колебания возрастает. Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

4. Можно ли достоверно отличить по ИК-спектрам соединения: ионол и п-крезол, не имея стандартных образцов и спектральной библиотеки?

- А. Да +
- Б. Нет

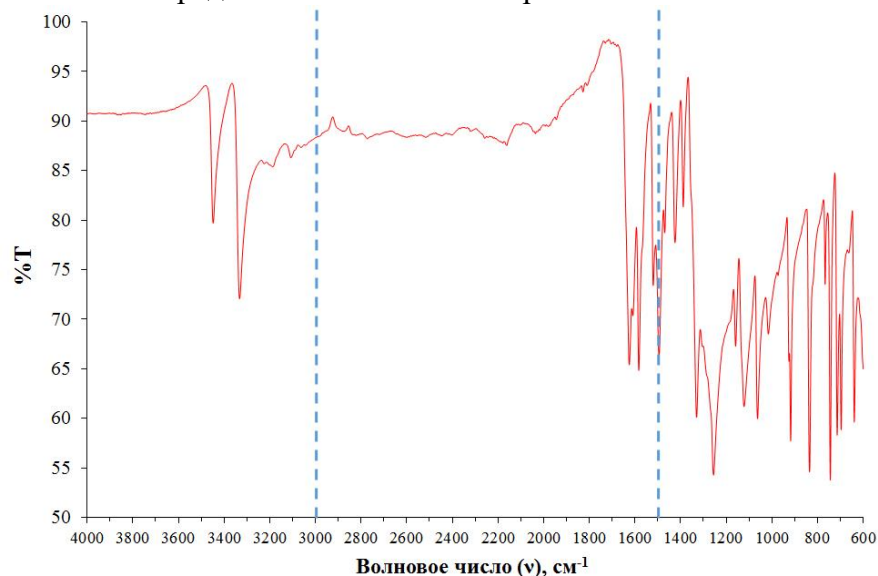
5. Составные частоты в ИК-спектре – результат перехода колебательной системы с основного на колебательный подуровень выше первого (изначального). Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

6. На рисунке ниже изображена модель гармонического осциллятора. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

7. Опишите представленный ИК-спектр



- А. Присутствует нитрогруппа +
- Б. Присутствует ОН-группа
- В. Присутствует NH<sub>2</sub>-группа +
- Г. В структуре имеются sp<sup>3</sup>-атомы углерода (C-H)
- Д. В структуре имеются sp<sup>2</sup>-атомы углерода (C-H) +
- Е. Присутствует карбонильный атом углерода (C=O)
- Ж. Имеется CN-группа
- З. Имеются двойные связи +
- И. Присутствует ароматическая система +

8. ИК-спектроскопия, как и КР-спектроскопия основана на поглощении квантов электромагнитного излучения. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

9. Укажите число нормальных (основных) колебаний для молекулы этана (молекула нелинейная).

Ответ: 18

10. Можно ли достоверно отличить по ИК-спектрам соединения: п-иодфенол и п-бромфенол, не имея стандартных образцов и спектральной библиотеки?

- А. Да
- Б. Нет +

11. Область колебания связей C-H при проведении ИК-спектроскопии в среднем диапазоне длин волн (MIR) соответствует интервалу ...

- А. 4000-3000 см<sup>-1</sup>
- Б. 3000-1500 см<sup>-1</sup>
- В. 1500-400 см<sup>-1</sup>
- Г. 4000-1500 см<sup>-1</sup>
- Д. 2850-3100 см<sup>-1</sup> +

12. При увеличении температуры образца интенсивность стоксовых линий ...

- А. Увеличивается
- Б. Уменьшается
- В. Практически не меняется +

13. При антистоксовом рассеянии света ...

- А. Энергия испускаемого кванта уменьшается
- Б. Энергия испускаемого кванта увеличивается +
- В. Энергия испускаемого кванта не меняется

14. На рисунке ниже изображено ...

- А. Стоксовое рассеяние света
- Б. Антистоксовое рассеяние света
- В. Релеевское рассеяние света +

15. Характеристические частоты рассеянного света не зависят от энергии падающего на вещество света, а определяются только природой (структурой) соединения. Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

16. Выберите длину волны источника излучения для получения КР-спектра с наименьшим вкладом флуоресценции.

- А. 790 нм
- Б. 633 нм
- В. 515 нм
- Г. 438 нм
- Д. 254 нм

17. В настоящее время в ИК-спектроскопии наиболее широкое распространение получили приборы с диспергирующим анализатором частоты. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

#### **Тестирование по темам 4-6**

1. Согласно представленному изображению (диски Эйри) разрешение двух точек не достигнуто. Верно ли данное утверждение?



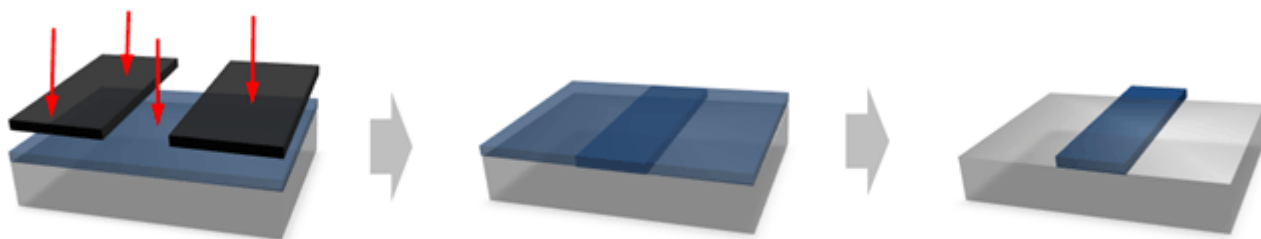
- А. Да
- Б. Нет +

2. Дифракция является частным случаем интерференции. Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

3. При сканировании кантилевером...

- А. Зонд перемещается относительно неподвижного образца +  
 Б. Образец перемещается относительно неподвижного зонда
4. С помощью ближнепольной оптической микроскопии можно исследовать нанообъекты как в отраженном, так и в проходящем свете. Верно ли данное утверждение?  
 А. Да +  
 Б. Нет
5. В качестве полевого эмитирующего устройства первичных электронов используется монокристалл борида лантана. Верно ли данное утверждение?  
 А. Да  
 Б. Нет +
6. Фотодиод, применяемый в оптической системе регистрации АСМ-микроскопа, является...  
 А. Односекционным  
 Б. Двухсекционным  
 В. Трехсекционным  
 Г. Четырехсекционным +
7. Самым требовательным в плане поддержания глубокого вакуума является:  
 А. Оптический микроскоп  
 Б. Оптический ближнепольный микроскоп  
 В. Растровый электронный микроскоп  
 Г. Просвечивающий электронный микроскоп +  
 Д. Атомно-силовой микроскоп  
 Е. Туннельный сканирующий микроскоп
8. На картинке ниже изображен ... тип фоторезиста.



- А. Позитивный  
 Б. Негативный +  
 В. Нейтральный
9. Режим сканирования образца методом СТМ в режиме постоянного тока характеризуется более низкой скоростью сканирования. Верно ли данное утверждение?  
 А. Да +  
 Б. Нет
10. Наилучшее разрешение у растрового электронного микроскопа достигается при регистрации сигнала от ...  
 А. Отраженных электронов  
 Б. Вторичных электронов +

- В. Оже-электронов
- Г. Вторичных X-квантов
- Д. Первичных X-квантов

11. Дифракционный предел в микроскопии дальнего поля можно преодолеть ...

- А. Увеличивая коэффициент преломления среды с помощью иммерсионных систем +
- Б. Снижая длину волны рабочего излучения
- В. Снижая коэффициент преломления среды
- Г. Увеличивая длину волны рабочего излучения

12. Сердцевина оптического волокна для СБОМ обычно изготавливается из ...

- А. Кремния
- Б. Кварца +
- В. Нитрида кремния
- Г. Оптического стекла

13. При изготовлении зондов СБОМ для травления стекла используют ...

- А. Гидроокись натрия
- Б. Гидроокись лития
- В. Плавиковую кислоту с фторидом аммония +
- Г. Ортофосфорную кислоту
- Д. Гидроокись калия

14. На туннельном эффекте основана работа ...

- А. СТМ +
- Б. АСМ
- В. СБОМ
- Г. ПЭМ
- Д. РЭМ

15. Укажите условия, необходимы для реализации СБОМ ( $h$  – расстояние до образца,  $d$  – размер диафрагмы зонда)

- А.  $d \gg \lambda$
- Б.  $d \ll \lambda$  +
- В.  $h \ll \lambda$  +
- Г.  $h \gg \lambda$

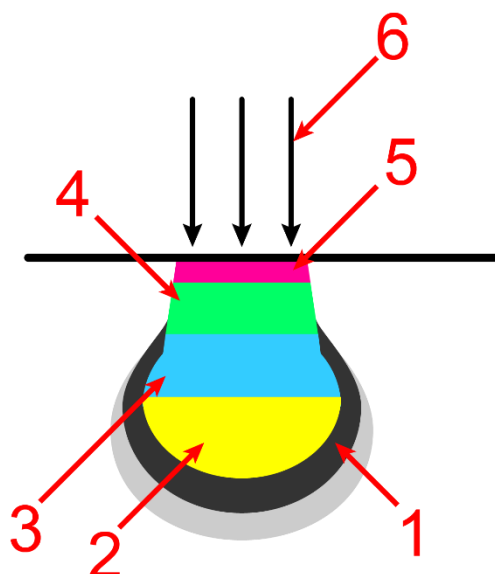
16. На основе каких взаимодействий базируется принцип АСМ?

- А. Ковалентных
- Б. Ионных
- В. Водородных
- Г. Стекинг-взаимодействи
- Д. Ван-дер-ваальсовом взаимодействии +

17. ПЭМ-микроскопия получает данные об образце ...

- А. В прошедших электронах +
- Б. В отраженных электронах
- В. Во вторичных электронах
- Г. В Ожэ-электронах

18. Укажите, что изображено под цифрой 5 на картинке ниже.



- А. Первичный пучок
- Б. Ожэ-электроны +
- В. Вторичные электроны
- Г. Отраженные электроны
- Д. Характеристическое рентгеновское излучение
- Е. Тормозное рентгеновское излучение

### Тестирование по темам 9-11

1. Охарактеризуйте антикрауны.
  - А. Селективно связывают катионы
  - Б. Селективно связывают анионы +
  - В. Селективно связывают органические молекулы
  - Г. Являются кислотами Льюиса +
  - Д. Являются основаниями Льюиса
  
2. В ходе ион-парной ВЭЖХ с использованием катионной ПАВ в качестве модификатора подвижной фазы ...
  - А. Определяют органические кислоты +
  - Б. Определяют органические основания
  - В. Определяют неорганические катионы
  - Г. Определяют неорганические анионы
  - Д. Используют щелочной рН подвижной фазы
  - Е. Используют нейтральный рН подвижной фазы +
  - Ж. Используют кислый рН подвижной фазы
  
3. Укажите специализированные ионофоры из представленных ниже соединений.
  - А. Криптаннды +
  - Б. Катенаны
  - В. Ротаксаны
  - Г. Коронанды +
  - Д. Линейные полиэфиры
  - Е. ПАВ
  
4. Сколько гетероатомов содержит 18-Краун-6?  
 Ответ: 6



5. Лариат-эфиры образуют менее устойчивые комплексы с ионами, чем краун-эфиры. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

6. В манганоцене связь катиона  $Mn^{2+}$  с циклопентадиенил-анионными кольцами носит ионный характер. Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

7. Циклопентадиенил-анион не является ароматической системой. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

8. Молекулы ацетона и гексана в растворе взаимодействуют друг с другом за счет ... взаимодействий.

- А. Гидрофильных
- Б. Гидрофобных
- В. Индукционных +
- Г. Ориентационных
- Д. Стэкинг
- Е. Дисперсионных

9. Лариат-эфиры осуществляют связывание анионов без экранирования. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

10. Одним из перспективных классов соединений для молекулярных машин являются ...

Ответ: Ротаксаны

11. Охарактеризуйте катенаны.

- А. Не обладают макроциклическим эффектом при связывании ионов +
- Б. Обладают макроциклическим эффектом при связывании ионов
- В. Могут обладать хелатным эффектом +
- Г. Никогда не обладают хелатным эффектом
- Д. Как правило, содержат регулярно повторяющиеся сложные (неуглеводородные) структурные фрагменты
- Е. Обычно не содержат повторяющихся сложных (неуглеводородных) структурных фрагментов +

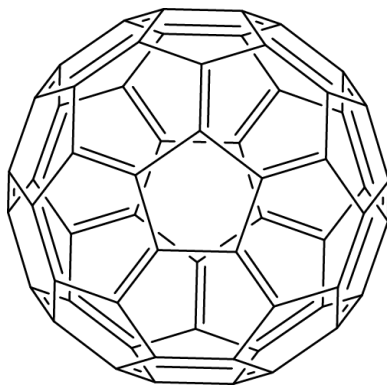
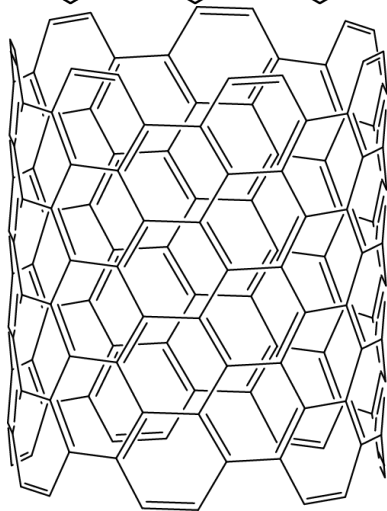
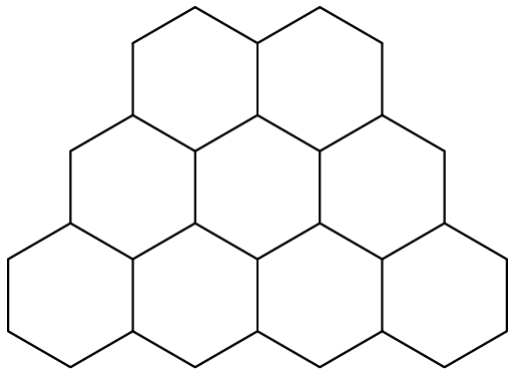
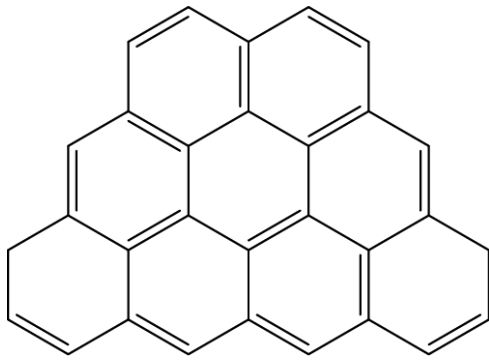
12. Макроциклические соли, содержащие в качестве противоиона анионы щелочных металлов называют ...

- А. Электридами
- Б. Алкалидами +
- В. Катенанами
- Г. Сферандами
- Д. Ротаксанами
- Е. Корандами

13. В случае мицеллярной электрокинетической хроматографии в качестве псевдостационарной фазы используются молекулы ПАВ. Верно ли данное утверждение?  
А. Да +  
Б. Нет
14. В случае модификации стенки капилляра анионными ПАВ электроосмотический поток будет направлен от анода (+) к катоду (-). Верно ли данное утверждение?  
А. Да +  
Б. Нет
15. Электрокинетическое введение образца в капилляр позволяет проводить как качественный, так и количественный анализ. Верно ли данное утверждение?  
А. Да  
Б. Нет +
16. Мицеллярная электрокинетическая хроматография используется для разделения как заряженных, так и незаряженных молекул. Верно ли данное утверждение?  
А. Да +  
Б. Нет

### **Тестирование по темам 12-15**

1. К аллотропным модификациям углерода НЕ относятся...  
А. Кокс +  
Б. Карбин  
В. Нанотрубка  
Г. Древесный уголь +  
Д. Графен
2. Укажите свойства алмаза как материала (это намек на повторение свойств материалов).  
А. Твердый  
Б. Прочный  
В. Жесткий  
Г. Все перечисленные варианты +
3. Чем меньше размер квантовой точки, тем больше длина волны кванта излучаемого света. Верно ли данное утверждение?  
А. Да  
Б. Нет +
4. Локальный плазмонный резонанс наночастиц возникает благодаря...  
А. Поглощению тепла  
Б. Эмиссии электронов  
В. Осцилляциям поверхностных электронов +  
Г. Колебанию атомов в структуре наночастицы
5. Нанотрубка с индексами хиральности (5,0) ...  
А. Является ахиральной +  
Б. Является хиральной  
В. Не является нанотрубкой
6. Укажите шар Баки на картинке...



7. Введение атомов фтора в нанотрубку является... типом модификации.
- А. Ковалентным +
  - Б. Нековалентным
  - В. Электростатическим

8. Укажите количество пентагонов, характерное для фуллеренов.

Ответ: 12

9. Укажите минимально возможное количество атомов углерода в фуллерене.

Ответ: 20

10. Укажите тип гибридизации атома углерода для графана...

А.  $sp^3$  +

Б.  $sp^2$

В.  $sp$

11. Нанотрубка с индексами хиральности (5,6) является...

А. Является ахиральной

Б. Является хиральной

В. Не является нанотрубкой +

12. Угол между направлением сворачивания нанотрубки и направлением, в котором соседние шестиугольники имеют общую сторону лежит в интервале от 0 до 60 градусов. Верно ли данное утверждение?

А. Да

Б. Нет +

13. Соединения в которых две или более кольцевых молекулы связаны друг с другом механически называются...

А. Ротаксаны

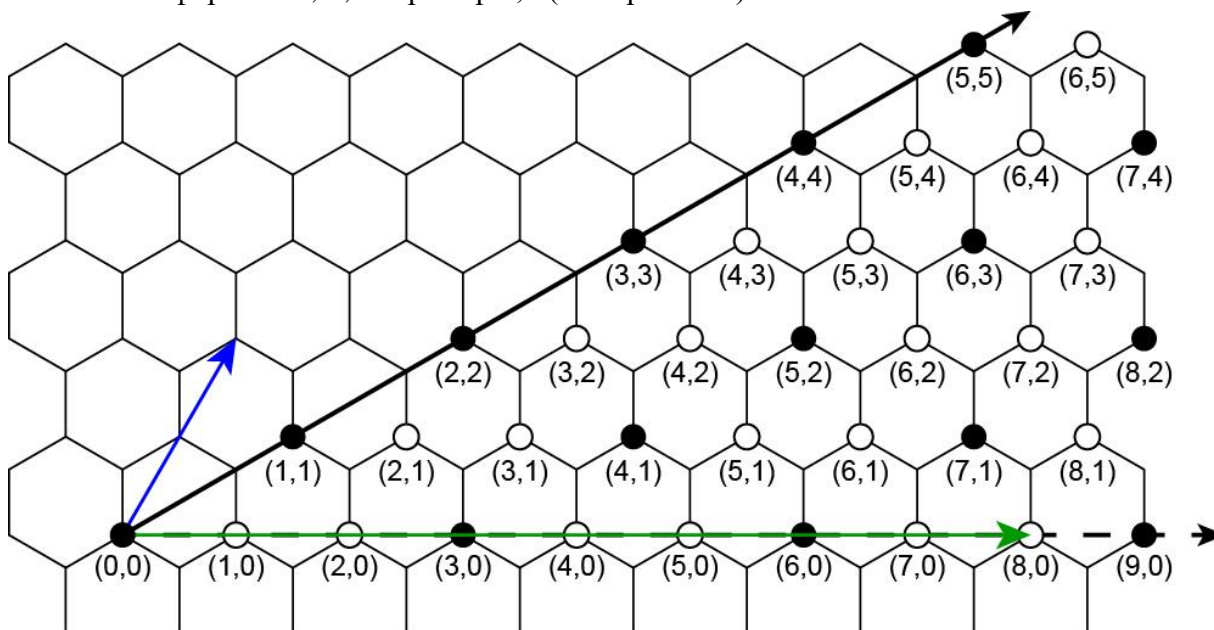
Б. Краун-эфиры

В. Катенаны+

Г. Карцеранды

Д. Циклодекстрины

14. Укажите индексы хиральности будущей нанотрубки исходя из рисунка ниже. Ответ запишите в формате n,m, например 4,2 (без пробелов).



15. Введение карбоксильных групп в нанотрубку относят к(ко) ... функционализации.

А. Первичной +

- Б. Вторичной
- В. Третичной

16. Взаимодействие углеродных нанобъектов с карбенами относят к ... функционализации.

- А. Ковалентной +
- Б. Нековалентной
- В. Электростатической

17. Выберите свойство материала, удовлетворяющее определению: «Свойство материала противостоять деформационным воздействиям».

- А. Твердость
- Б. Прочность
- В. Жесткость +

### Итоговое тестирование

1. Укажите материал, из которого изготавливают окна рентгеновской трубки.

- А. Cu
- Б. W
- В. Li
- Г. Be +
- Д. Fe

2. Укажите максимальное число пентагонов в молекуле фуллерена. Поставьте 999, если число неограниченно.

Ответ: 12

3. Укажите супрамолекулярные соединения, играющие ключевую роль в дизайне молекулярных машин.

- А. Краун-эфиры
- Б. Каликсарены
- В. Ротаксаны +
- Г. Циклодекстрины
- Д. Катенаны +
- Е. Антикраны

4. К механическим методам получения наноматериалов относят...

- А. Измельчение на мельницах +
- Б. Интенсивная пластическая деформация +
- В. Молекулярно-лучевая эпитаксия
- Г. Спинингование
- Д. Золь-гель метод
- Е. Жидкофазное восстановление

5. Область колебания кратных связей ИК-спектроскопии в среднем диапазоне длин волн соответствует интервалу ...

- А. 4000-2850 см<sup>-1</sup>
- Б. 3000-1500 см<sup>-1</sup> +
- В. 1500-400 см<sup>-1</sup>
- Г. 4000-1500 см<sup>-1</sup>
- Д. 2850-3100 см<sup>-1</sup>

6. Одним из основных принципов супрамолекулярной химии является принцип «ключ-замок». Верно ли данное утверждение?

- А. Да +
- Б. Нет

7. Необлученный негативный фоторезист обычно снимается с помощью щелочного растворителя. Верно ли данное утверждение?

- А. Да
- Б. Нет +

8. Толщина объекта, исследуемого при помощи ПЭМ, должна быть не более...

- А. 50 нм
- Б. 50 мкм
- В. 200 нм +
- Г. 300 нм
- Д. 10 мкм

9. Гостем для краун-эфира чаще всего является ...

- А. Органически катион
- Б. Неорганический катион +
- В. Органически анион
- Г. Неорганический анион
- Д. Органическая молекула

10. К какому типу ПАВ относится октилтриметиламмония гидроксид?

- А. Катионному +
- Б. Анионному
- В. Амфолитному
- Г. Неионному
- Д. Не относится к ПАВ

#### **Правила выставления оценки по результатам опроса:**

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа рассказа (лекции) преподавателя, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме рассказа (лекции) преподавателя с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин.

#### **Коллоквиум**

- *Отлично* выставляется, если обучающийся демонстрирует глубокое и прочное усвоение программного материала, дает полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся демонстрирует знание программного материала, грамотно излагает, без существенных неточностей ответ на вопрос, правильно применяет теоретические знания, владеет необходимыми навыками при выполнении практических задач.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся демонстрирует усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических задач.

- *Неудовлетворительно* выставляется, если обучающийся демонстрирует незнание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических задач.

### **Презентация и реферат**

- *Отлично*: выставляется, если презентация и реферат оформлены с учётом всех требований, тема соответствует занятию, раскрыта в полном объёме, доклад подготовлен кратко, научно, логично, проведено грамотное обобщение материала, выводы в заключении соответствуют официальной науке, в дискуссии по презентации обучающийся ответил на все вопросы оппонентов.

- *Хорошо*: выставляется, если презентация и реферат оформлены с учётом всех требований, тема соответствует занятию, но не раскрыта в полном объёме, доклад подготовлен кратко, научно, логично, проведено грамотное обобщение материала, выводы в заключении соответствуют официальной науке, в дискуссии по презентации обучающийся ответил на часть вопросов оппонентов.

- *Удовлетворительно*: выставляется, если презентация и реферат оформлены с замечаниями по требованиям, тема соответствует занятию, но не раскрыта в полном объёме, доклад подготовлен с замечаниями, отсутствует грамотное обобщение материала или вывод в заключении, в дискуссии по презентации обучающийся не ответил на вопросы оппонентов.

- *Неудовлетворительно*: выставляется, если презентация и реферат отсутствуют, оформлены с замечаниями по требованиям, тема не соответствует занятию, доклад не подготовлен, отсутствует грамотное обобщение материала или вывод в заключении, в дискуссии по презентации обучающийся не ответил на вопросы оппонентов.

### **Тестирование**

- *Отлично* выставляется за 85% правильных ответов и более.

- *Хорошо* выставляется за 65% правильных ответов и более.

- *Удовлетворительно* выставляется за 50% правильных ответов и более.

- *Неудовлетворительно* выставляется при наличии менее 50% правильных ответов или при отказе обучающегося пройти тестовый контроль.

### **Практическая работа**

- *Отлично* выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание

междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

- *Неудовлетворительно* выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл.

### **Защита лабораторных работ**

Защита лабораторных работ проходит в формате общения с преподавателем по результатам проведенных лабораторных работ и оценивается по двухбалльной системе: «зачтено» или «незачтено».

Критерии оценки защиты лабораторной работы студента:

- *Зачтено*: студент уверенно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы. Лабораторная работа надлежащим образом оформлена в рабочем журнале, а выводы соответствуют поставленным задачам. По окончании оценивания в рабочем журнале выставляется соответствующая отметка в виде росписи преподавателя.

- *Не зачтено*: дано неправильное или же, в значительное степени, неполное раскрытие поставленных вопросов с серьезными пробелами и сбоями в логике изложения материала, некорректное оформление или отсутствие оформленной лабораторной работы в рабочем журнале, некорректно сделанные выводы.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к экзамену**

1. Уровни организации материи. Сравнение мега-, макро-, микро- и наномиров. Положение наномира. Нанообъекты, их размеры.
2. Размерный эффект: объяснение, примеры.
3. Объекты нанохимии и их классификация.
4. Рентгеновское излучение: диапазон, характеристики. Основы метода РДМ. Условия дифракции и интерференции.
5. Методы получения дифракционной картины. Особенности использования синхротронного излучения.
6. Условие Вульфа-Брегга.
7. Устройство дифрактометра. Принцип работы рентгеновской трубки.
8. Характеристическое и тормозное X-излучение: сравнение между собой, причины появления. Электронные переходы.
9. Монохроматоры и  $\beta$ -фильтры. Их функции в РДМ-анализе.
10. Гониометр. Парафокусирующая геометрия по Бреггу-Брентано. Типы гониометров.
11. Детекторы для РДМ. Ионизационная камера.
12. Детекторы для РДМ. Сцинтилляционный детектор, принцип работы ФЭУ.
13. Детекторы для РДМ. Полупроводниковый детектор. Понятие полупроводников.
14. Дифрактограмма. Фазовый анализ. Методы идентификации образца и кристаллографические параметры решетки.
15. Точность РДМ-измерений. Закономерности РДМ-анализа. Применение метода РДМ.
16. РСМА. Основы метода. Рентгенфлуоресценция.
17. Энергодисперсионный анализ.



18. Волнодисперсионный анализ. Фокусировка по Иогансону.
19. Варианты исполнения РСМА. Сравнение WDX и EDX.
20. Типы взаимодействия излучения с веществом. Основы метода ИК-спектроскопии. Диапазоны ИК-излучения.
21. Разделение спектрального ИК-диапазона. Варианты проведения ИК-анализа в данных областях. Типы наблюдаемых переходов. Сравнение СФМ и ИК-спектроскопии.
22. Волновое число и частота э/м излучения. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Взаимодействие вещества с ИК-излучением.
23. Нормальные колебания и их типы. Модели гармонического и ангармонического осциллятора. Закономерности при проявлении нормальных колебаний (зависимость от прочности связи и массы атомов), примеры.
24. Качественный анализ при помощи ИК-спектроскопии: функциональный анализ и идентификация. Рабочие диапазоны ИК-спектра MIR (быть готовым к анализу ИК-спектра). Количественный анализ.
25. Основные техники получения ИК-спектра. Выбор кристалла для НПВО-приставки.
26. Диспергирующие ИК-спектрометры и FT-IR. Принципы работы. Интерферометр Майкельсона. Преимущества FT-IR.
27. ИК-детекторы. Алгоритм получения спектров пропускания.
28. Основы метода КР-спектроскопии. Эффект Тиндаля. Упругое и неупругое рассеяние света.
29. Стоксово и антистоксово рассеяние. Нерезонансное, пререзонансное и резонансное стоксово рассеяние. Отличие стоксовского рассеяния от флуоресценции.
30. КР-спектр. Частотный и рамановский сдвиги. Предикторы и отклики. Правила отбора в КР-спектроскопии. Интенсивность КР-излучения.
31. Диспергирующая КР и FT-Raman. Источники излучения и детекторы в КР-спектроскопии. Особенности интерферометрии в сравнении с FT-IR.
32. SERS (ГКР). Принцип метода. Плазмоны и локальный плазмонный резонанс. TERS.
33. Основные микроскопические методы исследования наноструктур и наноматериалов. Основные принципы работы.
34. Световая микроскопия дальнего поля. Дифракционный предел, формула расчета. Дифракция света. Устройство светового микроскопа дальнего поля. Способы преодоления дифракционного предела.
35. Ближнепольная оптическая микроскопия. Основы метода, условия проведения, разрешение. Режимы работы.
36. Строение БОМ-зонда, строение оптоволокна. Способы изготовления.
37. Система обратной связи БОМ. Пьезоэлектрики. Пьезоэффект.
38. Варианты проведения БОМ (на отражение и на пропускание).
39. Сканирующая туннельная микроскопия. Туннельный эффект, ток туннелирования. Условия проведения СТМ-микроскопии. Ограничения метода.
40. СТМ-зонды. Способы изготовления.
41. Калибровка СТМ микроскопов. Режимы работы СТМ-микроскопов.
42. АСМ-микроскопия. Основы метода, сферы применения.
43. Устройство атомно-силового микроскопа. Оптическая система регистрации отклонения зонда. Изготовление АСМ-зондов методом травления.
44. Режимы работы АСМ.
45. Электронная микроскопия. Принцип работы. Отличия ПЭМ и РЭМ-микроскопов.
46. Типы источников первичных электронов. Материалы. Принципы работы. Кроссовер.
47. Системы вакуумирования. Принципы работы различных видов насосов.
48. Система магнитных линз ПЭМ-микроскопа. Стигматор. Получение электронного изображения и дифракционной картины.
49. Способы приготовления образцов для ПЭМ. Разрешающая способность. Требования к образцам.

50. Способы взаимодействия электронов с веществом. Особенности получения изображений в отраженных, вторичных электронах и X-квантах.
51. Обратнотраженные и вторичные электроны. Проникновение в образец. Факторы, влияющие на ток и эмиссию данных электронов.
52. Рентгенфлуоресценция: причины возникновения, области применения. Энергодисперсионные приставки.
53. Строение РЭМ-микроскопа. Преимущества и недостатки.
54. Нанолитография: определение, классификация.
55. Оптическая нанолитография (фотолитография). Классификация. Этапы проведения. Позитивный и негативный фоторезисты.
56. Типы фоторезистов. Основные виды фотолитографии: контактный, бесконтактный, проекционный. Взрывной способ фотолитографии и метод выжигания.
57. EUV-литография. Возможности и недостатки.
58. Электронная и ионно-лучевая литография. Взаимодействие первичных ионов с поверхностью образца (аморфизация имплантация). Отличия изображения, полученного во вторичных ионах от изображения во вторичных электронах. Прекурсоры для нанесения покрытий.
59. Атомная и СЗМ-нанолитография.
60. АСМ-нанолитография: основы метода, классификация. Наногравировка и наночеканка.
61. АСМ анодно-окислительная нанолитография. Термохимическая АСМ-нанолитография.
62. АСМ Dip-Pen нанолитография. Типы чернил.
63. NanoPen-литография.
64. Наноимпринт-литография: варианты, достоинства и недостатки.
65. Литография наносферами.
66. Механические методы получения наноматериалов и наноструктур.
67. Физические методы получения наноматериалов и наноструктур.
68. Химические методы получения наноматериалов и наноструктур.
69. Биологические методы получения наноматериалов и наноструктур.
70. Супрамолекулярная химия: определение, предмет и объект, основные принципы.
71. Области СМХ. Динамично развивающиеся направления СМХ. Примеры биологических супрамолекулярных систем.
72. Типы супрамолекулярных взаимодействий. Координационные и водородные связи.
73. Ван-дер-ваальсовы силы, примеры. Типы диполей.
74. Электростатические силы: ионные и ион-дипольные взаимодействия. Примеры. Гидрофобные взаимодействия. Примеры.
75. Стэкинг-взаимодействия ( $\pi \rightarrow \pi$ ) и катион- $\pi$  взаимодействия. Примеры.
76. Металлоцены: строение, ароматичность, реакционная способность, способы синтеза.
77. Ионофоры. Понятие макроцикла. Макроциклический и хелатный эффекты. Термодинамическое и кинетическое обоснования устойчивости комплексов.
78. Краун-эфиры: строение, селективность, номенклатура, применение, гости, синтез.
79. Поданды: строение, селективность, принципы структурной организации.
80. Криптанды: строение, селективность, синтез. Константа связывания. Лариат-эфиры.
81. Алкалиды и электриды: строение, получение, применение.
82. Антикрауны: строение, синтез, гости.
83. ПАВ: определение, строение, истинные и мицеллярные растворы ПАВ, ККМ. Способы определения ККМ. Эффект Тиндала.
84. Классическая и обращенная мицеллы ПАВ. Точка Крафта. ККМ. Типы мицелл.
85. Классификация ПАВ, синтез ПАВ.

86. Ион-парная ВЭЖХ. Принципы сорбции ионогенных субстратов в условиях ион-парной ВЭЖХ. Подходы к определению ионогенных субстратов. Что такое распределительная (обращенно-фазовая) и ионообменная ВЭЖХ?
87. ВЭКЭ: определение, основы метода, схема прибора. Особенности ВЭКЭ и его недостатки.
88. ЭОП: причины возникновения (осмотическая и электрофоретическая составляющие), строение пристеночного ионного бислоя, направление, способы управления. Джоулев разогрев.
89. ВЭКЭ: способы ввода образца в капилляр.
90. Закономерности разделения ионов в условиях КЗЭ.
91. Режимы работы ВЭКЭ: КЗЭ и МЭКХ.
92. Режимы работы ВЭКЭ: КЭХ и КГЭ.
93. Режимы работы ВЭКЭ: Изоэлектрофокусировка и Изотахофорез.
94. Каликсарены, Сферанды, Кавитанды: строение, гости, принципы синтеза.
95. Дендримеры: строение, принципы синтеза, применение. Ротаксаны: строение, принципы синтеза, применение, принципы работы молекулярных моторов.
96. Циклодекстрины: строение, применение. Катенаны: строение, назначение, принципы синтеза.
97. Что такое квазиульмерные объекты? Чем отличаются нанокластеры от наночастиц? Что такое квантовые точки? Размерный эффект и его объяснение.
98. Поверхностный плазмонный резонанс. Суть явления и объяснение.
99. Классификация нанокластеров.
100. Процессы, влияющие на формирование коллоидных нанокластеров. Стабилизация нанокластеров и наночастиц.
101. Что такое квантовые точки. Что такое полупроводник? Почему размер квантовой точки влияет на ее оптические свойства?
102. Типы квантовых точек. Принцип химического и эпитаксиального синтеза КТ. Применение КТ.
103. Особенности атома углерода и атома кремния.
104. Аморфные и аллотропные модификации углерода (ненаноразмерные).
105. Графен: структура, способы получения, свойства, применение. Силицен.
106. Углеродные нанотрубки: структура, хиральность, типы нанотрубок.
107. Как получить углеродную нанотрубку из листа графена? Какие параметры необходимо знать?
108. Физические и химические методы синтеза УНТ. Области применения УНТ.
109. Фуллерены: структура и строение, устойчивость.
110. Фуллерены: физические свойства, способы получения, применение.
111. Что такое ковалентная и нековалентная функционализация УНО? Привести примеры. Реакционная способность УНО в реакциях ковалентной функционализации. Первичная и вторичная функционализация.
112. Окисление и озонирование УНО.
113. Восстановление УНО.
114. Образование С-С и С-N-связей.
115. Фторирование, привитие различных органических фрагментов к УНО.
116. Нековалентная функционализация УНО.
117. Наноустройства: Наносенсоры. Виды, принципы работы.
118. Наноустройства: Нанопереклюатели и наномоторы.
119. Катенаны и ротаксаны как основа создания молекулярных машин.
120. Принципы синтеза катенанов и ротаксанов.
121. Принцип работы нанокара Феринги. Наномоторы и наноактюаторы.
122. Наноустройства: Нанороботы.

## Правила выставления оценки на экзамене по билетам

Экзаменационный ответ оценивается по 4-х бальной системе, в соответствие с которой выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной учебной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

- оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на поставленные вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические работы.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Основы нанохимии и нанотехнологий»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Изучение данной дисциплины студентами специальности «Химия» направлено на формирование у студентов представлений о современных отраслях науки – нанохимии и нанотехнологии, а также на освоение современных аналитических методов исследования наноразмерных объектов.

Изучение дисциплины проходит на 4 курсе, 8 семестре. В рамках всего курса предусмотрены лекционные, практические и лабораторные занятия.

Для успешного и полного освоения курса обязательным является посещение всех лекций, а также тщательное выполнение и последующая защита практических и лабораторных работ.

Самостоятельная работа студентов предполагает изучение лекционных и дополнительных материалов, оформление лабораторных журналов, подготовку к выступлению по выбранной теме практической работы, подготовку к мероприятиям текущей и промежуточной аттестации.

Итоговой формой контроля по дисциплине «Основы нанохимии и нанотехнологий» является экзамен, для эффективной подготовки к которому студентам рекомендуется использовать материалы лекций, а также учебную литературу, указанную в соответствующем разделе РПД.

Также студентам рекомендуется пользоваться приведенными интернет-сайтами: электронными библиотеками, информационными системами и каталогами образовательных ресурсов.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы студентов рекомендуется использовать литературу, указанную в разделе 8 данной программы. Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать ряд интернет-ресурсов:

1. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ: более 3000 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете.
2. <https://urait.ru> Электронно-библиотечная система «Юрайт»: мультидисциплинарный ресурс (учебная, научная и художественная литература, периодика)
3. <http://window.edu.ru/catalog> Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам": свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.