

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Сканирующая зондовая микроскопия и рентгеновская порошковая дифрактография веществ и материалов

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Физико-химические методы исследования в химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Зиганшин М.А. (Кафедра физической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Marat.Ziganshin@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОК-3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1	способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ОПК-2	владением современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации
ОПК-3	способностью реализовать нормы техники безопасности в лабораторных и технологических условиях
ПК-2	владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания при изучении веществ и материалов методами сканирующей зондовой микроскопии и рентгеновской порошковой дифрактографии, а также при проведении фундаментальных и прикладных исследований в междисциплинарных областях.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.04.01 "Химия (Физико-химические методы исследования в химии)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема 1. Современные методы					

исследования морфологии поверхности и нанобъектов. Метод сканирующей зондовой микроскопии

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов	2	2	0	0	2
3.	Тема 3. Основные методики сканирующей зондовой микроскопии	2	2	0	0	2
4.	Тема 4. Атомно-силовая микроскопия	2	2	0	2	2
5.	Тема 5. Основные методики атомно-силовой микроскопии	2	2	0	4	4
6.	Тема 6. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов.	2	2	0	4	2
7.	Тема 7. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов.	2	2	0	0	4
8.	Тема 8. Способы описания кристаллической структуры вещества	2	4	0	2	4
9.	Тема 9. Дифракция рентгеновского излучения	2	2	0	2	4
10.	Тема 10. Интерпретация данных рентгеновской дифракции	2	4	0	4	4
	Итого		24	0	18	30

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### **Тема 1. Современные методы исследования морфологии поверхности и нанобъектов. Метод сканирующей зондовой микроскопии**

Основные методы исследования морфологии поверхности и наносистем. История создания методов сканирующей зондовой микроскопии. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии. Место и роль сканирующей зондовой микроскопии в науке о нанобъектах. Разрешающая способность в микроскопии. Сопоставление пространственного разрешения различных микроскопических методов. Уникальные возможности СЗМ.

##### **Тема 2. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов**

Общие представления о конструкции сканирующего зондового микроскопа. Физические принципы работы сканирующего туннельного (СТМ) и атомно-силового микроскопов (АСМ). Типы сканеров применяемых в СЗМ, основные свойства пьезокерамических материалов, устройство трубчатых сканеров. Основные режимы работы СЗМ. Явления нелинейности, дребезга, усталости и их роль в формировании артефактов СЗМ изображения. Методы линеаризации характеристик сканеров. Принципы работы системы обратной связи (ОС) СЗМ.

##### **Тема 3. Основные методики сканирующей зондовой микроскопии**

Основные возможности методик СЗМ, их достоинства и недостатки. Использование методов СТМ для получения топографического изображения поверхностей. Исследование атомной структуры и морфологии отдельных нанокластеров методами СТМ/СТС. Примеры использования методов СЗМ для исследования наноструктур и поверхности твердого тела. Методы визуализации СЗМ изображений. Цветовая шкала высот. Построение трехмерных изображений. Использование эффекта боковой подсветки. Методы выравнивания СЗМ изображений. Статистический анализ СЗМ данных. Построение и обработка гистограмм распределения высот.

##### **Тема 4. Атомно-силовая микроскопия**

Принцип вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью в АСМ. Влияние параметров острия АСМ на пространственное разрешение. Формы кантилеверов, особенности и методы их изготовления. Методика вычисления разрешения АСМ. Основные трудности, возникающие при определении характеристик объектов, исследуемых методом АСМ. Влияние неопределенности параметров острия АСМ на измеряемые параметры. Деконволюция и экспериментальное определение формы острия зонда.

#### **Тема 5. Основные методики атомно-силовой микроскопии**

АСМ моды сканирования: контактная мода (Contact Mode) (режимы постоянной силы и постоянного отклонения, режим латеральной силы (Lateral Force Mode, LFM), Z- модуляция (Z-Modulation)), неконтактная мода (Non-Contact Mode) (амплитудно-частотная и фазовая характеристики кантилевера), истинная неконтактная мода (True Non-Contact), периодический контакт (Tapping Mode). Методика наноиндентирования. Методы детектирования отклонения кантилевера.

#### **Тема 6. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов.**

Тенденции в создании новых зондов и развитии новых методик СЗМ. Типы подложек используемые в СЗМ. Примеры применения СЗМ для исследования поверхности твердых тел и тонких пленок. Органические пленки и органические наноструктуры. Биологические объекты.

#### **Тема 7. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов.**

Природа возникновения рентгеновского излучения. Тормозное и характеристическое излучения. Закон Мозли. Использование характеристического излучения для качественного и количественного элементного анализа вещества.

#### **Тема 8. Способы описания кристаллической структуры вещества**

Описание кристаллической структуры вещества. Элементарная ячейка, ячейки Бравэ, индексы Миллера.

#### **Тема 9. Дифракция рентгеновского излучения**

Дифракция рентгеновского излучения на монокристалле и порошковом образце. Формулы Лауэ и Вульфа-Брэгга. Представление данных рентгеновской дифракции. Влияние размера блоков когерентного рассеяния и механических микронапряжений в них на ширину дифракционных линий.

#### **Тема 10. Интерпретация данных рентгеновской дифракции**

Интерпретация данных рентгеновской дифракции. База данных стандартов порошковой дифракции. ASTM-JCPDSPDF (ICDD). Поиск соединений и качественный фазовый анализ. Определение параметров элементарной ячейки в случае соединений с кубической структурой.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);

- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
  - критерии оценивания для каждого оценочного средства;
  - содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.
- Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Основы порошковой дифрактометрии - <http://rusnano-mc.com/ru/node/234>

Основы сканирующей зондовой микроскопии - <http://www.unn.ru/chem/ism/files/aplecture20.pdf>

Сайт производителя оборудования для СЗМ - [www.ntmdt.ru](http://www.ntmdt.ru)

Электронная библиотека - <http://elibrary.ru>

Электронная энциклопедия - <http://wikipedia.org>

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные литературные источники.

- ответить на контрольные вопросы.

Практические занятия проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными документами, учебной и научной литературой. При подготовке к практическому занятию необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;

- изучить материалы практикума по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам;

- при выполнении домашних расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету. Она включает проработку лекционного материала - изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу.

При ответах на вопросы устного опроса необходимо привести развернутый ответ, демонстрирующий полноту владения материалом. Построение ответа должно быть логичным с четкой формулировкой причинно-следственной связи, содержать элементы сравнения и анализа, на основании которых должны быть представлены обоснованные выводы. Ответы на письменные задания должны быть четкими, последовательными, в лаконичной форме демонстрирующими основное содержание ответа. Графическая часть ответа должна содержать все основные компоненты, необходимые для представления однозначных и непротиворечивых выводов и заключений.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе "Физико-химические методы исследования в химии".



*Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.7 Сканирующая зондовая микроскопия и  
рентгеновская порошковая дифрактография веществ и  
материалов*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Физико-химические методы исследования в химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Основная литература:**

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - 2-е изд., испр. - М.: URSS, 2013. - 589 с.
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий.- М.:Машиностроение, 2012. - 656 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/5793/page1/>

**Дополнительная литература:**

1. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ / М. М. Криштал, И. С. Ясников, В. И. Полуниин, А. М. Филатов, А. Г. Ульяненок. - М.:Техносфера, 2009. - 208 с.
2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Изд.2-е, исправленное. - М.: Физматлит, 2009. - 416 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173)
3. Ковба Л.М., Трунов В. К. Рентгенофазовый анализ. - М.: Изд-во МГУ, 1976. - 231 с.
4. Порай-Кошиц М.А. Практический курс рентгеноструктурного анализа. Т. 2. - М.: Изд-во МГУ, 1960. - 632 с.
5. Плескова, Светлана Николаевна. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях : [учебное пособие : для студентов биологических и физико-химических специальностей] / С.Н. Плескова .? Долгопрудный : Интеллект, 2011 .- 183 с.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.7 Сканирующая зондовая микроскопия и  
рентгеновская порошковая дифрактография веществ и  
материалов*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Физико-химические методы исследования в химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.