

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талюцкий Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Сканирующая зондовая микроскопия и рентгеновская порошковая дифрактография веществ и материалов Б1.В.ОД.7

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Физико-химические методы исследования в химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Зиганшин М.А.

**Рецензент(ы):**

Горбачук В.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 7134717

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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. Цели освоения дисциплины

Формирование профессиональных компетенций в области применения сканирующей зондовой микроскопии и рентгеновской порошковой дифрактографии для исследования веществ и материалов. Подготовка специалистов, владеющих основами современных методов сканирующей зондовой микроскопии и рентгеновской порошковой дифрактографии, и, имеющих представления о возможностях этих методов для исследования разнообразных свойств порошков, поверхностей и пленок. Получение практических навыков работы на микроскопе Titanium и дифрактометре MiniFlex 600.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)' вариативной части образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Общенаучный цикл Б1, его вариативная часть Б1.В.ОД.7. Опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: физическая химия, коллоидная химия, неорганическая химия, органическая химия, аналитическая химия.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

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

В результате освоения дисциплины студент:

4. 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.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Современные методы исследования морфологии поверхности и нанообъектов. Метод сканирующей зондовой микроскопии | 2       | 1                  | 2   | 0                       | 0                      | Устный опрос              |
| 2. | Тема 2. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов   | 2       | 2                  | 2   | 0                       | 0                      | Устный опрос              |
| 3. | Тема 3. Основные методики сканирующей зондовой микроскопии  | 2       | 3                  | 2   | 0                       | 0                      | Устный опрос              |
| 4. | Тема 4. Атомно-силовая микроскопия  | 2       | 4                  | 2   | 0                       | 2                      | Устный опрос              |
| 5. | Тема 5. Основные методики атомно-силовой микроскопии  | 2       | 5                  | 2   | 0                       | 4                      | Устный опрос              |

| N   | Раздел Дисциплины/ Модуля   | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|-----|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|     |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 6.  | Тема 6. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов. | 2       | 6               | 2  | 0                    | 4                   | Устный опрос           |
| 7.  | Тема 7. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов. | 2       | 7               | 2  | 0                    | 0                   | Устный опрос           |
| 8.  | Тема 8. Способы описания кристаллической структуры вещества                         | 2       | 8-9             | 4  | 0                    | 2                   | Устный опрос           |
| 9.  | Тема 9. Дифракция рентгеновского излучения  | 2       | 10              | 2  | 0                    | 2                   | Устный опрос           |
| 10. | Тема 10. Интерпретация данных рентгеновской дифракции                               | 2       | 11-12           | 4  | 0                    | 4                   | Устный опрос           |
|     | Тема . Итоговая форма контроля  | 2       |                 | 0  | 0                    | 0                   | Экзамен                |
|     | Итого   |         |                 | 24   | 0                    | 18                  |                        |

## 4.2 Содержание дисциплины

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

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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, дрейбзга, 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

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью в АСМ. Вычисление разрешения АСМ. Экспериментальное определение формы острия зонда, деконволюция

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

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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.

##### ***лабораторная работа (4 часа(ов)):***

Проведение измерений с использованием контактной моды (Contact Mode) (режимы постоянной силы и постоянного отклонения, режим латеральной силы (Lateral Force Mode, LFM), Z- модуляция (Z-Modulation), неконтактной моды (Non-Contact Mode) (амплитудно-частотная и фазовая характеристики кантилевера), истинной неконтактной моды (True Non-Contact), полу-контактной моды (Tapping Mode).

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

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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.

##### ***лабораторная работа (4 часа(ов)):***

Исследование морфологии поверхности твердых тел и тонких пленок. Вычисление шероховатости поверхности, определение высоты и латеральных размеров органических наноструктур.

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

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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**

##### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

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

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Индексирование порошковых дифрактограмм. Расчет межплоскостных расстояний.

**Тема 9. Дифракция рентгеновского излучения**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Качественный и количественный фазовый анализ, исследование фазовых переходов. Определение средних размеров кристаллов, зерен в образце или распределение их по размерам.

**Тема 10. Интерпретация данных рентгеновской дифракции**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

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.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Определение параметров элементарной ячейки, типа решетки и пространственной группы.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| N  | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Современные методы исследования морфологии поверхности и нанообъектов. Метод сканирующей зондовой микроскопии | 2       | 1               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 2. | Тема 2. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов   | 2       | 2               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 3. | Тема 3. Основные методики сканирующей зондовой микроскопии  | 2       | 3               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 4. | Тема 4. Атомно-силовая микроскопия  | 2       | 4               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 5. | Тема 5. Основные методики атомно-силовой микроскопии  | 2       | 5               | подготовка к устному опросу           | 4                      | устный опрос                          |

| N   | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 6.  | Тема 6. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов. | 2       | 6               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 7.  | Тема 7. Применение сканирующей зондовой микроскопии для изучения реальных объектов. | 2       | 7               | подготовка к устному опросу           | 4                      | устный опрос                          |
| 8.  | Тема 8. Способы описания кристаллической структуры вещества                         | 2       | 8-9             | подготовка к устному опросу           | 4                      | устный опрос                          |
| 9.  | Тема 9. Дифракция рентгеновского излучения  | 2       | 10              | подготовка к устному опросу           | 4                      | устный опрос                          |
| 10. | Тема 10. Интерпретация данных рентгеновской дифракции                               | 2       | 11-12           | подготовка к устному опросу           | 4                      | устный опрос                          |
|     | Итого   |         |                 |                                       | 30                     |                                       |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции читаются с использованием компьютерных презентаций и проекционного оборудования. Используется балльно-рейтинговая система, выполняются практические работы на атомно-силовом микроскопе и рентгеновском порошковом дифрактометре.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

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

устный опрос , примерные вопросы:

Краткая характеристика методов исследования морфологии поверхности и нанобъектов. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии. Возможности сканирующей зондовой микроскопии. Области применения метода сканирующей зондовой микроскопии в современных технологиях.

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

устный опрос , примерные вопросы:

Основные элементы конструкции сканирующего зондового микроскопа. Физические принципы работы сканирующего туннельного и атомно-силового микроскопов. Типы сканеров применяемых в СЗМ.

### Тема 3. Основные методики сканирующей зондовой микроскопии

устный опрос , примерные вопросы:



Основные методики СЗМ, их достоинства и недостатки. Использование методов СТМ для получения топографического изображения поверхностей. Методы визуализации СЗМ изображений. Цветовая шкала высот.

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

устный опрос , примерные вопросы:

Принцип вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью в АСМ. Влияние параметров острия АСМ на пространственное разрешение. Основные трудности, возникающие при определении характеристик объектов, исследуемых методом АСМ.

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

устный опрос , примерные вопросы:

АСМ моды сканирования: контактная мода, неконтактная мода, периодический контакт. Методика наноиндентирования. Методы детектирования отклонения кантилевера.

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

устный опрос , примерные вопросы:

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.

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

устный опрос , примерные вопросы:

Природа возникновения рентгеновского излучения. Тормозное и характеристическое излучения. Закон Мозли.

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

устный опрос , примерные вопросы:

Описание кристаллической структуры вещества. Элементарная ячейка. Ячейки Бравэ. Индексы Миллера.

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

устный опрос , примерные вопросы:

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

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

устный опрос , примерные вопросы:

База данных стандартов порошковой дифракции. Поиск соединений и качественный фазовый анализ. Определение параметров элементарной ячейки в случае соединений с кубической структурой.

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Примеры контрольных вопросов:

1. История создания методов сканирующей зондовой микроскопии.
2. Принцип работы сканирующих зондовых микроскопов.
3. Простейшая теория туннелирования. Резонансное туннелирование. Влияние сил изображения.
4. Принцип работы СТМ. Пространственное разрешение СТМ. Туннельная спектроскопия в СТМ.
5. Схематическое устройство СТМ. Режимы работы СТМ.
6. Формулы для вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью в АСМ. Влияние параметров острия АСМ на пространственное разрешение.

7. Спектроскопия межатомных взаимодействий в АСМ. Методика вычисления разрешения АСМ.
8. Основные методы обработки изображений в атомно-силовой микроскопии. Деконволюция и экспериментальное определение формы острия зонда.
9. Основные трудности, возникающие при определении характеристик объектов, исследуемых методом АСМ. Влияние неопределенности параметров острия АСМ на измеряемые параметры.
10. Контактные методики СЗМ.
11. Колебательные методики СЗМ.
12. Двухпроходные методики СЗМ.
13. Разрешающая способность в микроскопии. Сопоставление пространственного разрешения различных микроскопических методов.
14. Уникальные возможности методов СЗМ.
15. Разрешающая способность в микроскопии. Ограничение оптических микроскопов.
16. Устройство трубчатых сканеров для СЗМ.
17. Артефакты на СЗМ изображениях.
18. Режимы топографии и фазового контраста работы микроскопа.
19. Методы визуализации СЗМ изображений. Цветовая шкала высот.
20. Система виброизоляции микроскопа.
21. Требования к материалу зонда СТМ.
22. Природа возникновения рентгеновского излучения. Закон Мозли.
23. Элементарная ячейка, ячейки Бравэ, индексы Миллера.
24. Дифракция рентгеновского излучения на монокристалле и порошковом образце. Формулы Лауэ и Вульфа-Брэгга.
25. Качественный и количественный фазовый анализ, исследование фазовых переходов.
26. Определение средних размеров кристаллов, зерен в образце или распределение их по размерам.
27. Поиск соединений и качественный фазовый анализ.
28. Определение параметров элементарной ячейки в случае соединений с кубической структурой.

### 7.1. Основная литература:

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

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ / М. М. Криштал, И. С. Ясников, В. И. Полунин, 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.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

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

Основы сканирующей зондовой микроскопии - <http://www.unn.ru/chem/ism/files/applelecture20.pdf>

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

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

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

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Сканирующая зондовая микроскопия и рентгеновская порошковая дифрактография веществ и материалов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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. Персональный компьютер и проектор для демонстрации иллюстративного материала по всем разделам дисциплины и компьютерных симуляций

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Оборудование для практических работ:

1. Атомно-силовой микроскоп Titanium.
2. Рентгеновский порошковый дифрактометр MiniFlex 600.

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

Автор(ы):

Зиганшин М.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Горбачук В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.