

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

Физико-химические методы исследования в катализе

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

## 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) старший научный сотрудник, к.н. Климовицкий А.Е. (лаборатория физико-химических исследований, Отдел физической химии), Alexander.Klimovitskii@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
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ современной химии и смежных наук при решении профессиональных задач
ПК-2	Способен применять приобретенные навыки проведения химического эксперимента, основные синтетические и аналитические методы получения и исследования химических веществ и реакций при решении профессиональных задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- теоретические основы, назначение метода дифракции рентгеновских лучей, малоуглового рентгеновского рассеяния;
- устройство и принцип работы приборов для рентгеновских методов исследования;
- возможности, ограничения, условия и длительность проведения рентгеноструктурных исследований.

Должен уметь:

- интерпретировать информацию, полученную методами дифракции рентгеновских лучей и малоуглового рентгеновского рассеяния;

Владеть навыками:

- подготовки образца для анализа, работы на рентгеновском дифрактометре;
- исследования структуры катализатора методом малоуглового рентгеновского рассеяния.
- расшифровки дифрактограмм.

Должен владеть:

навыками:

- работы на ИК-спектрометре с использованием кюветного отделения, приставки диффузного отражения, высокотемпературной приставки диффузного отражения с возможностью напуска газов, газовых кювет, ячеек, работающих на пропускание света;
- расчета теоретических спектров ионов и молекул;
- УФ-Вид-спектрометрах, дисперсионных и Фурье- КР-спектрометрах;
- качественного и количественного анализа спектров,
- измерения силы кислотных центров катализатора, энергии адсорбции молекул;
- исследования механизмов реакции с помощью ИК-спектроскопии;
- работы в современных компьютерных программах применительно к расшифровке спектров.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- работы на ЯМР-, ИК-, УФ-, КР-, МАСС- и ЭПР-спектрометрах;
- обработки ЯМР-, ИК-, УФ-, КР-, МАСС- и ЭПР-спектров;
- работы на рентгеновском дифрактометре;
- обработки дифрактограмм;

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.04.01 "Химия (Инновационные материалы и методы их исследования)" и относится к дисциплинам по выбору.

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 - 30 часа(ов), в том числе лекции - 10 часа(ов), практические занятия - 10 часа(ов), лабораторные работы - 10 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 42 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	
1.	Тема 1. Введение в рентгеноструктурный анализ Дифракция от сложной структуры Этапы рентгеноструктурного анализа Анализ дифрактограмм Аппаратура и методика рентгеноструктурного анализа	2	2	0	2	4
2.	Тема 2. Основные принципы малоугловой дифракции Методы интерпретации рассеяния неоднородными частицами Аппаратура, методика малоуглового рассеяния рентгеновского излучения	2	2	0	2	4
3.	Тема 3. Теоретические основы ядерно-магнитного резонанса Техника и методика эксперимента Экспериментальные аспекты спектроскопии ЯМР	2	2	2	0	4
4.	Тема 4. Импульсная ЯМР-Фурье спектроскопия Практические примеры использования ЯМР-спектроскопии	2	2	2	0	4
5.	Тема 5. Введение в ЭПР-спектроскопию Применение ЭПР-спектроскопии	2	2	0	2	4
6.	Тема 6. Введение в оптическую спектроскопию Теоретические основы электронной спектроскопии Применение электронной спектроскопии для исследования катализаторов Теоретические основы колебательной спектроскопии	2	0	4	0	6
7.	Тема 7. Применение ИК-спектроскопии ИК-спектроскопия адсорбированных газов	2	0	0	4	8
8.	Тема 8. Применение КР-спектроскопии	2	0	2	0	8
	Итого		10	10	10	42

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

## Тема 1. Введение в рентгеноструктурный анализ Дифракция от сложной структуры Этапы рентгеноструктурного анализа Анализ дифрактограмм Аппаратура и методика рентгеноструктурного анализа

В основе рентгенофазового анализа (РФА) лежат следующие принципы:

- порошковая дифракционная картина является индивидуальной характеристикой кристаллического вещества;
- каждая кристаллическая фаза дает всегда одинаковый дифракционный спектр, характеризующийся набором межплоскостных расстояний  $d(hkl)$  и соответствующих интенсивностей линий  $I(hkl)$ , присущим только данной кристаллической фазе;
- рентгендифракционный спектр от смеси индивидуальных фаз является суммой их дифракционных спектров от каждой фазы;
- по дифракционному спектру смеси возможна количественная оценка соотношения кристаллических фаз, присутствующих в изучаемом образце.

Пространственная группа симметрии

Свойства кристалла зависят от направления. При изучении того или иного физического явления, происходящего в кристаллической среде, обнаруживается тем не менее, что имеются направления, вполне идентичные в отношении изучаемого явления. Симметрия, проявляемая кристаллом, зависит прежде всего от закономерности его строения, т. е. от симметрии его внутренней структуры. Совокупность элементов симметрии, связывающих между собой элементарные частицы (атомы, ионы, молекулы), из которых построен кристалл, пространственная группа симметрии кристалла, определяет собой и ту симметрию, которая наблюдается при изучении свойств кристалла, например его формы, оптических, магнитных, диэлектрических, пьезоэлектрических, упругих и тому подобных свойств.

Решетки Бравэ

В 1855 г. О. Бравэ удалось математическим путем доказать, что существует 14 типов решеток, отличающихся по своей симметрии. Он же предложил ввести три условия, при помощи которых из бесконечного числа параллелепипедов можно выбрать один определенный, характеризующий всю решетку в целом.

## Тема 2. Основные принципы малоугловой дифракции Методы интерпретации рассеяния неоднородными частицами Аппаратура, методика малоуглового рассеяния рентгеновского излучения

### ДИФРАКЦИЯ ОТ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

К моменту открытия Рентгеном в 1895 году лучей, названных его именем, дифракция электромагнитных волн была уже хорошо изучена на примере видимого света. Было известно, что монохроматическая (то есть с одной длиной волны  $\lambda$ ) волна способна при рассеянии на некоторой совокупности объектов давать дифракционную картину в том случае, если расстояния между этими объектами равны между собой и превышают  $\lambda/2$ . Под дифракционной картиной понимается такая картина рассеяния, когда интенсивность рассеянного излучения резко зависит от угла рассеяния. В известном оптическом эксперименте это дает чередующиеся темные и светлые полосы.

Обратная решетка

Обратная решётка - точечная трехмерная решётка в абстрактном обратном пространстве, где расстояния имеют размерность обратной длины. Понятие обратной решётки удобно для описания дифракции рентгеновских лучей, нейтронов и электронов на кристалле. Обратная решётка (обратное пространство, импульсное пространство) является Фурье-образом прямой кристаллической решётки (прямого пространства).

## Тема 3. Теоретические основы ядерно-магнитного резонанса Техника и методика эксперимента Экспериментальные аспекты спектроскопии ЯМР

### ЭТАПЫ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

1 этап Из анализа геометрии дифракционной картины определяется тип и параметры элементарной ячейки кристаллического вещества, симметрия, группа пространственной симметрии кристалла. Далее определяется количество формульных единиц (число атомов или молекул) в элементарной ячейке.

2 этап Экспериментально измеряется массив интенсивностей  $\{I(h,k,l)\}$   $I(h,k,l) = \alpha \cdot |F(h,k,l)|^2$  В зависимости от сложности структуры количество измеренных интенсивностей может составлять от единиц до десятков тысяч отражений.

3 этап Построение пробных структур. При этом используются следующие методы:

- а) Метод проб и ошибок
- б) Метод функций Патерсона
- в) Метод тяжелого атома
- г) Метод изоморфного замещения
- д) Аналитические методы прямого определения фаз

## Тема 4. Импульсная ЯМР-Фурье спектроскопия Практические примеры использования ЯМР-спектроскопии

### АНАЛИЗ ДИФРАКТОГРАММ

Приготовление образцов

Для исследования требуется очень небольшое количество вещества, которое в процессе проведения аналитической операции не разрушается.

Особенности фазового анализа катализаторов

Кривая как бы состоит из трех составляющих:

- узкие пики;
- пологая плавная кривая, так называемое диффузное гало, на которой расположены указанные пики;
- мелкие и частые так называемые статистические осцилляции профиля кривой (шумовая дорожка).

Шумовая дорожка возникает вследствие неравномерности процесса испускания квантов рентгеновской трубкой; при необходимости эти осцилляции легко уменьшить увеличением времени экспозиции. Диффузное гало может образовываться вследствие целого ряда причин, но, как правило, является результатом диффузного рассеяния на аморфном или слабоупорядоченном веществе, входящем в состав объекта (например, свидетельствует о наличии неупорядоченных твердых растворов). В хорошо окристаллизованных объектах диффузное гало отсутствует. Однако в любом случае на дифрактограмме будет наблюдаться фон? некоторая небольшая добавка интенсивности, возникающая вследствие собственных шумов аппаратуры, в первую очередь? детектора, и рентгеновской флюоресценции атомов образца.

Узкие пики являются результатом дифракционного рассеяния на кристаллах; их регистрация и является, как правило, целью эксперимента.

Определение размеров областей когерентного рассеяния

Данные кристаллические фрагменты характеризуются определенными размерами, которые называются размерами первичных кристаллитов (или областью когерентного рассеяния). Обычно для одного кристаллического фрагмента приводят размер вдоль одной из плоскостей, поэтому он обозначается  $d[hkl]$ . Для расчета размера первичных кристаллитов (ОКР) используют формулу Селякова-Шерера

### **Тема 5. Введение в ЭПР-спектроскопию Применение ЭПР-спектроскопии**

Преобразование Фурье - операция, сопоставляющая функции вещественной переменной другую функцию вещественной переменной. Эта новая функция описывает коэффициенты (амплитуды) при разложении исходной функции на элементарные составляющие гармонические колебания с разными частотами.

Устройство рентгеновского дифрактометра. Рентгеновские лучи.

### **Тема 6. Введение в оптическую спектроскопию Теоретические основы электронной спектроскопии Применение электронной спектроскопии для исследования катализаторов Теоретические основы колебательной спектроскопии**

#### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МАЛОУГЛОВОЙ ДИФРАКЦИИ**

Малоугловое рентгеновского рассеяние. Модель явления

Рентгеноструктурный анализ (РСА) относится к методам, используемым для исследования структуры веществ и материалов по распределению в пространстве и интенсивностям рассеянного анализируемым образцом рентгеновского излучения. В основе РСА лежит взаимодействие рентгеновского излучения с электронами вещества, в результате которого возникает дифракция рентгеновских лучей. Дифракционная картина зависит от длины волны используемых рентгеновских лучей и строения объекта.

Метод малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) относится к методам РСА диффузного типа. Он может использоваться для исследования как упорядоченных, так и неупорядоченных объектов типа порошков, пленок, растворов, гелей и золей. МУРР дает прямую информацию о структуре и взаимном распределении рассеивающих частиц в просвечиваемом слое образца.

Экспериментальные методы малоуглового рентгеновского рассеяния

При исследовании неупорядоченных объектов в малоугловом дифракционном эксперименте измеряется некоторая усредненная интенсивность рассеяния, которая является функцией макроскопического состояния системы. В центральной части кривых рассеяния разупорядоченными объектами присутствует пик, определяемый формой облученного объема образца.

Определение формы частиц методы малоуглового рентгеновского рассеяния.

Исследование многокомпонентных систем

Монодисперсные и полидисперсные системы. При исследовании дисперсных систем весьма полезной оказывается модель структуры объекта, в которой рассеивающие неоднородности представлены как некоторые частицы, вкрапленные в матрицу растворитель. В случае монодисперсной системы мы имеем явную связь между фактором частицы ( $F^2(h) \equiv I_0(hR)$ ) и интенсивностью рассеяния  $I(h)$ .

Распределение частиц по размерам.

Исследование многокомпонентных систем

Определение дисперсных характеристик наночастиц из данных МУРР выполняют с использованием решений на основе обратных Фурье-преобразований.

### **Тема 7. Применение ИК- спектроскопии ИК-спектроскопия адсорбированных газов**

#### **МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАССЕЙЯНИЯ НЕОДНОРОДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

Влияние растворителя

До сих пор мы предполагали, что исследуемые наночастицы находятся в вакууме. На самом же деле они могут находиться, например, в воздухе или в каком-либо растворителе, который имеет некоторую ненулевую рассеивающую плотность со средним значением  $\rho$ . Для выделения в интенсивности рассеяния член, отвечающий частицам, проводят, как правило, измерения рассеяния раствором и чистым растворителем и вычитают второе из первого.

Сферически-симметричная частица

Относительно простым случаем, когда оказывается возможным описать особенности формы и структурной организации неоднородных частиц без существенного усложнения выражения, связывающего их структуру с интенсивностью малоуглового рассеяния, является сферически симметричная неоднородная частица.

Среднеугловое рассеяние

Еще одно направление, связанное с рассмотрением влияния растворителя, так называемое среднеугловое рассеяние. Этот подход может применяться, если известна структура частицы в кристаллическом состоянии.

Вариация контраста

В общем случае, когда невозможно предсказать степень и характер проникновения растворителя в частицу, извлечение новой структурной информации о ней с помощью вариации плотности растворителя затруднено. Наиболее плодотворной для практического применения оказалась модель частицы, плотность которой не зависит от растворителя.

### Тема 8. Применение КР-спектроскопии

Малоугловые исследования кристаллических материалов, аморфных тел, полимеров и жидкостей

Настройка геометрии рентгеновской камеры. Юстировка заслонки пучка и фильтров: блок монитора первичного пучка и фильтров TPF предназначен для отслеживания профиля первичного пучка одновременно со съемкой рассеяния от образца, он помогает решить следующие задачи:

- определение центра рентгеновского пучка и нулевого угла рассеяния;
- определение поглощения образцом для нормировки данных (с некоторыми ограничениями).

### 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)

MRC - <http://mrc.org.ua/fiziko-himicheskie-metodi-issledovaniy-materialov>

ИКС - <http://him.1september.ru/articlef.php?ID=200202101>

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН - [http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=1&SECTION\\_ID=1725](http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=1&SECTION_ID=1725)

НЕХУДОЖЕСТВЕННАЯ БИБЛИОТЕКА - <http://www.nehudlit.ru/books/subcat316.html>

Физико-химические методы исследования -

[http://www.meddr.ru/rukovodstvo\\_k\\_prakticheskim\\_zanyatiyam\\_po\\_me/metody\\_fiziko-himicheskikh\\_issledovaniy/](http://www.meddr.ru/rukovodstvo_k_prakticheskim_zanyatiyam_po_me/metody_fiziko-himicheskikh_issledovaniy/)

энциклопедия физики и техники - [http://femto.com.ua/articles/part\\_1/1410.html](http://femto.com.ua/articles/part_1/1410.html)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время. На лекции необходимо по каждой теме составить конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения, запоминания и дальнейшей проработки.
практические занятия	Практические занятия состоят в обсуждении предложенной заранее темы, возможны письменные (контрольные) работы и др. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практического занятия, для подготовки к нему необходимо: -внимательно прочитать конспект лекции по данной тематике;- ознакомиться с соответствующим разделом учебника; - проработать дополнительную литературу и источники по теме; - составить реферат или развернутый план выступления; - решить задачи и выполнить другие письменные задания. Подготовка к практическому занятию включает несколько этапов. Следует внимательно прочитать рекомендованную учебную литературу по теме. Затем приступить к знакомству с дополнительной литературой. В анализе могут содержаться выводы над какими вопросами по теме проведенного занятия студентам необходимо поработать еще самостоятельно. Обычно планы практических занятий охватывают основные темы изучаемого курса. Следует внимательно ознакомиться с кругом вопросов, которые определены планом практического занятия.



Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	<p>Лабораторная работа - это проведение студентами по заданию преподавателя или по инструкции опытов с использованием приборов, применением инструментов и других технических приспособлений, т.е. это изучение каких-либо объектов, явлений с помощью специального оборудования.</p> <p>В ходе лабораторных работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Практические занятия носят систематический характер, регулярно следуя за каждой лекцией или двумя-тремя лекциями. Лабораторные работы выполняются согласно графику учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплинам. При этом соблюдается принцип индивидуального выполнения работ. Каждый студент ведет рабочую тетрадь, оформление которой должно отвечать требованиям, основные из которых следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на титульном листе указывают предмет, курс, группу, подгруппу, фамилию, имя, отчество студента; каждую работу нумеруют в соответствии с методическими указаниями, указывают дату выполнения работы;</li> <li>- полностью записывают название работы, цель и принцип метода, кратко характеризуют ход эксперимента и объект исследования;</li> <li>- при необходимости приводят рисунок установки; результаты опытов фиксируют в виде рисунков с обязательными подписями к ним, а также таблицы или описывают словесно (характер оформления работы обычно указан в методических указаниях к самостоятельным работам);</li> <li>- в конце каждой работы делают вывод или заключение, которые обсуждаются при подведении итогов занятия.</li> </ul> <p>Все первичные записи необходимо делать в тетради по ходу эксперимента.</p> <p>Проведение лабораторных работ включает в себя следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постановку темы занятий и определение задач лабораторной работы;</li> <li>- определение порядка лабораторно-практической работы или отдельных ее этапов;</li> <li>- непосредственное выполнение лабораторной работы студентами и контроль за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;</li> <li>- подведение итогов лабораторной работы и формулирование основных выводов.</li> </ul> <p>При подготовке к лабораторным занятиям необходимо заранее изучить методические рекомендации по его проведению. Обратит внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.</p> <p>К лабораторным работам студент допускается только после инструктажа по технике безопасности. Положения техники безопасности изложены в инструкциях, которые должны находиться на видном месте в лаборатории.</p>
самостоятельная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;</li> <li>- знакомство с Интернет-источниками;</li> <li>- подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы);</li> <li>- выполнение контрольных работ;</li> <li>- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.</li> </ul> <p>Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.</p> <p>При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.</p>
экзамен	<p>При ответе на экзамене необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продумать и четко изложить материал;</li> <li>- дать определение основных понятий;</li> <li>- дать краткое описание явлений;</li> <li>- привести примеры.</li> </ul> <p>Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.</p> <p>При устном повествовании излагать материал четко и обдуманно. Для успешной сдачи экзамена необходимо разумное сочетание запоминания и понимания, простого воспроизводства учебной информации и работы мысли.</p>

#### **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.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

#### **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 "Инновационные материалы и методы их исследования".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.04 Физико-химические методы исследования в  
катализе

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

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Основная литература:**

1. Луков, В. В. Физические методы исследования в химии: учебное пособие / Луков В.В., Щербаков И.Н. - Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2016. - 216 с.: ISBN 978-5-9275-2023-7. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/991794> (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Каратаева Ф.Х., Клочков В.В. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. - Казань: Казанский университет, 2013. - 132 с. (Для студентов и аспирантов химического и биологического факультетов). - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=68614](http://kpfu.ru/publication?p_id=68614) (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ.
3. Ярышев Н.Г., Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе : учебное пособие / Н. Г. Ярышев, Ю. Н. Медведев, М. И. Токарев, А. В. Бурихина, Н. Н. Камкин - Москва: Прометей, 2015. - 196 с. - ISBN 978-5-9906134-6-1 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990613461.html> (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 200 с. - ISBN 978-5-8114-2158-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/102250> (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гетерогенные каталитические реакции в проточных реакторах: руководство к лабораторному практикуму для студентов Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ / А.А. Ламберов и др. - Казань: Казанский университет, 2013. - 71 с.
3. Физико-химические методы исследования гетерогенных катализаторов: руководство к лабораторному практикуму / авт.-сост. А.А. Ламберов, С.Р. Егорова, А.Н. Катаев и др. - Казань: Казанский университет, 2013. - 80 с.
4. Модернизация катализаторов и технологии синтеза изопрена на ОАО 'Нижнекамскнефтехим' / А.А. Ламберов, Х.Х. Гильманов. - Казань: Казанский университет, 2012. - 404 с.
5. Федотов, М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости : монография / М. А. Федотов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 384 с. - ISBN 978-5-9221-1202-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2151> (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.04 Физико-химические методы исследования в  
катализе

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

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

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 "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

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.