

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный  
исследовательский государственный университет"**

**Факультет естественных наук**

**УТВЕРЖДАЮ**



Декан ФЕН НГУ, профессор

Резников В.А.

«29» августа 2014 г.

**КАТАЛИЗ**

**Модульная программа лекционного курса и само-  
стоятельной работы студентов**

Курс 1–й, 1-2 семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов 4-го курса факультета естественных наук, направление подготовки 020100 «Химия (магистр)». В состав пособия включены: программа курса лекций "Катализ", структура курса и методические указания к подготовке к экзамену. Кроме того, приведен набор типовых вопросов для самостоятельной работы студентов с использованием учебной литературы.

Составители

Бухтияров В.И., зав. каф.

© Новосибирский государственный университет, 2014

## Содержание

Аннотация рабочей программы	4
<b>1. Цели освоения дисциплины</b>	5
<b>2. Место дисциплины в структуре ООП</b>	6
<b>3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины</b>	7
<b>4. Структура и содержание дисциплины</b>	9
<b>Рабочий план (по неделям 7-го и 8-го семестров)</b>	9
<b>Программа курса лекций</b>	
I. <i>Основные особенности и значение явлений катализа</i>	10
II. <i>Классификация катализаторов и каталитических процессов</i>	10
III. <i>Сущность каталитического действия</i>	10
IV. <i>Принципы каталитического действия кислот и оснований</i>	11
V. <i>Принципы каталитического действия комплексов металлов</i>	11
VI. <i>Катализ металлами</i>	12
VII. <i>Катализ оксидами</i>	13
VIII. <i>Гетерогенные металлоорганические катализаторы</i>	14
IX. <i>Катализ сульфидами</i>	14
X. <i>Основы предвидения каталитического действия</i>	15
<b>5. Образовательные технологии</b>	15
<b>6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины</b>	16
<b>7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины</b>	18
<b>8. Материально-техническое обеспечение дисциплины</b>	19

## Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Катализ» относится к базовой части (профильные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ» (квалификация (степень) магистр). Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) кафедрой катализа и адсорбции.

Содержание дисциплины раскрывает физико-химические закономерности возникновения каталитических эффектов, принципы каталитического действия катализаторов разной природы: кислот и оснований, цеолитов, комплексов переходных металлов, твердых оксидов, металлов, сульфидов металлов, твердых металлоорганических систем, кластеров металлов, некоторых металлоферментов. Кроме того, обсуждаются сведения о механизмах протекания на этих катализаторах наиболее важных процессов: гидролиза, изомеризации, полного и частичного окисления, гидрирования, карбонилирования, полимеризации олефинов, восстановительной олигомеризации окиси углерода, синтеза аммиака, гидроочистки и реформинга, синтеза метанола, серной кислоты, и ряда других реакций.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-5, ОК-6; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, консультации, сдача экзамена, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль осуществляется путем контроля посещаемости, а также неформализованного опроса студентов по пройденным темам.

Итоговый контроль в конце семестра осуществляется путем экзамена.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц. Всего 164 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 80 часов лекционных и 36 часов лабораторных работ, а также 40 часов самостоятельной работы студентов.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Дисциплина «Катализ» предназначена для того, чтобы, в первую очередь, ознакомить студентов с теоретическими основами и накопленными к настоящему времени наиболее значимыми экспериментальными результатами в области катализа и адсорбции во взаимосвязи с другими дисциплинами.

Курс построен на основе современной концепции о единстве явлений гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа.

При феноменологическом описании явлений катализа излагаются основные причины возникновения каталитических эффектов, вводятся понятия активного центра катализатора и каталитического цикла. Рассматриваются формы промежуточных химических взаимодействий при катализе, явления химической активации веществ. Даются представления об особенностях каталитической активации веществ с участием газообразных, жидких и твердых катализаторов. Дальнейший курс построен на фактологическом описании принципов каталитического действия катализаторов разной природы: кислот и оснований, цеолитов, комплексов переходных металлов, твердых окислов, металлов, сульфидов металлов, твердых металлоорганических систем, кластеров металлов, металлоферментов. Даются сведения о механизмах протекания на этих катализаторах наиболее важных процессов: гидролиза, изомеризации, полного и частичного окисления, гидрирования, карбонилирования, полимеризации олефинов, восстановительной олигомеризации окиси углерода, синтеза аммиака, гидроочистки и реформинга углеводородного сырья, синтеза метанола, серной кислоты, и ряда других.

Специальный раздел курса посвящен освещению вопросов предвидения каталитического действия, прогнозирования состава активных центров и методов их конструирования. Рассмотрены исторические этапы развития теоретических представлений в катализе, современные тенденции в развитии методов поиска катализато-

ров. Даются сведения о роли компьютерной техники в реализации этих подходов.

Основной целью освоения этой дисциплины является развитие у студентов способности к проведению системных исследований в области катализа по приоритетным направлениям.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Катализ» является частью профессионального (специального) цикла ООП, базовая часть (профильные дисциплины), по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ», уровень подготовки – «магистр».

Дисциплина «Катализ» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Физическая химия;
- Неорганическая химия;
- Координационная химия;
- Аналитическая химия;
- Органическая химия;
- ВМС;
- Химия твердого тела;
- Основы компьютерной грамотности;
- ТВС;
- Химическая термодинамика;
- Химическая кинетика;
- Охрана окружающей среды;
- Экология.

Результаты освоения дисциплины «Катализ» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Научные основы приготовления катализа;
- Кинетика гетерогенных каталитических реакций;
- Адсорбция и пористая структура;
- Физические методы в катализе и адсорбции;
- Катализ, окружающая среда, устойчивое развитие цивилизации;
- Молекулярный дизайн катализаторов;
- Термодинамика функционирующего катализатора;
- Научно-исследовательская практика.

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Катализ»:**

#### **• общекультурные компетенции:**

- *владением современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передаче информации при проведении самостоятельных научных исследований (ОК-5);*
- *пониманием принципов работы и умением работать на современных научных приборах и оборудовании при проведении научных исследований (ОК-6);*

#### **• профессиональные компетенции:**

- *наличием представления об актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в критических условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и другие) (ПК-1);*
- *знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-2);*
- *владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с профильной направленностью магистерской диссертации) (ПК-3);*
- *умением анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по предлагаемой научным руководителем теме и самостоятельно составлять план исследования (ПК-4);*
- *способностью анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-5);*

- *наличием опыта профессионального участия в научных дискуссиях (ПК-6).*

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

- **понимать** сущность явления катализ, причины ускорения и возбуждения химических реакций под влиянием катализаторов;
- **знать** принципы каталитического действия для основных классов каталитических реакций: кислотно-основный катализ, металлокомплексный катализ, катализ металлами, оксидами и сульфидами;
- **представлять** основные направления развития теоретических представлений о предвидении каталитического действия.



#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц. Всего 164 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекция	Семинарские занятия	Лаб. работа	Контр. работа	Коллоквиумы	Домашние задания	Самост. работа	Зачет		Экзамен
1	Основные особенности и значение явлений катализа	7	1	4						2			
2	Классификация катализаторов и каталитических процессов	7	2-3	6						3			
3	Сущность каталитического действия	7	4-6	10						5			
4	Принципы каталитического действия кислот и оснований	7	7-8	8		6				4			
5	Принципы каталитического действия комплексов металлов	7	9-11	12		6				6			
												4	Экзамен
6	Катализ металлами	8	1-4	12		6				6			
7	Катализ оксидами	8	5-7	12		6				6			
8	Гетерогенные металлоорганические катализаторы	8	8	4		6				2			
	Катализ сульфидами	8	9	4		6				2			
	Основы предвидения каталитического действия	8	10-11	8						4			
												4	Экзамен
<b>Всего:</b>				<b>80</b>	<b>36</b>					<b>40</b>	<b>8</b>	Всего 164 ч	

## Программа курса

7-й семестр

### *1. Основные особенности и значение явлений катализа*

Открытие каталитических явлений. Феноменология явления катализа. Катализ и инициирование. Химическая сущность катализа.

Роль катализа в становлении и развитии современной промышленности. Роль катализа в живой природе.

### *II. Классификация катализаторов и каталитических процессов*

Катализатор как индивидуальное химическое вещество и как смесь химических веществ. Основные компоненты катализатора.

Понятие об активном компоненте катализатора. Понятие об активном центре, его окружении и носителе.

Классификация катализаторов на основе их химического состава. Классификация катализаторов на основе фазового состояния компонентов. Классификация каталитических процессов.

### *III. Сущность каталитического действия*

Факторы, определяющие скорость химического превращения. Степень компенсации энергии разрывающихся и образующихся связей как мера оптимальности пути протекания реакции. Новые реакционные пути, открываемые катализатором. Понятие о каталитическом цикле.

Основные причины каталитического действия. Формы промежуточного химического взаимодействия при катализе. Активация реагентов при взаимодействии с активным центром, сближение реагентов при взаимодействии с активным центром, снятие запрета по симметрии. Роль энергетического и структурного факторов при взаимодействии реагирующих веществ с катализатором.

Гомогенный катализ в газовой фазе. Промежуточное взаимодействие при равновесном распределении энергии. Влияние катализаторов на возбуждение и протекание цепных реакций.

Гомогенный катализ в жидкой фазе. Особенности протекания химических реакций в растворах. Клеточный эффект. Взаимодействие с растворителем. Реакции с участием ионов.

Гетерогенный катализ твердыми катализаторами. Хемосорбция. Равновесие хемосорбции. Зависимость энергии хемосорбции от

степени заполнения поверхности. О единстве явлений гомогенного и гетерогенного катализа.

#### *IV. Принципы каталитического действия кислот и оснований*

Гомогенный катализ кислотами и основаниями в растворе. Роль протонированных и депротонированных структур в кислотно-основном катализе. Скорость реакций переноса протона в растворе.

Специфический и общий катализ. Кинетика кислотно-основных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда.

Гетерогенный кислотный катализ. Бренстедовские и льюисовские кислотные центры окислов и алюмосиликатов. Модифицированные кислотные катализаторы.

Цеолитные катализаторы. Связь кислотных свойств и активности цеолитных катализаторов с природой введенных в цеолит ионов. Молекулярно-ситовой катализ.

#### *V. Принципы каталитического действия комплексов металлов*

Позиция, занимаемая металлокомплексным катализом в современной химической промышленности. Основные реакции промышленного органического синтеза, катализируемые комплексами металлов.

Основные типы комплексов металлов. Моно-, поли- и гетероядерные комплексы. Кластеры. Роль лигандов и растворителя в стабилизации структуры полиядерных комплексов. Центральный ион, лигандное окружение и носитель как основные компоненты металлокомплексного катализатора. Масштабы влияния природы каждого из них на каталитическую активность металлокомплексов. Комплексообразование как основная стадия, приводящая к активации реагирующих молекул. Типы комплексов металлов с органическими молекулами разного строения. Основные ключевые стадии перегруппировок металлоорганических соединений: окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, внедрение, реакции сдвига. Каталитический цикл как последовательность ключевых стадий. Правила Хиггинсона, Пирсона и Толмана для цикла. Матричный эффект.

Гидрирование. Природа стадий активации водорода и гидрируемого субстрата (олефинов, альдегидов, нитросоединений). Изомеризация. Позиционная изомеризация. Скелетная изомериза-

ция. Природа стадий активации алкенов. Карбонилирование. Типы реакций карбонилирования. Природа стадии активации оксида углерода. Карбонилирование ацетиленов, олефинов, спиртов и нитросоединений. Различие в механизмах.

Олигомеризация олефинов и ацетиленов. Поли-, со- и теломеризация бутадиена, основные интермедиаты и стадии механизма протекания этих процессов. Полимеризация олефинов, основные интермедиаты. Метатезис олефинов.

Реакции окисления и стадии механизма окисления органических соединений в присутствии металлокомплексных каталитических систем. Природа стадии активации кислорода. Гомо- и гетеролитический механизмы окисления. Окисление толуола в бензойную кислоту. Окисление олефинов в окиси олефинов. Два принципа действия металлокомплексных катализаторов окисления органических веществ молекулярным кислородом.

Современные направления развития катализа металлокомплексами. Фиксация молекулярного азота. Принципы активации молекулы азота и основные металлоорганические азотфиксирующие интермедиаты, активация алканов и ее принципы. Гидрирование оксида углерода. Асимметрический синтез. Каталитические свойства кластеров металлов. Гетероядерные кластеры как полифункциональные катализаторы. Примеры металлокомплексных каталитических систем полифункционального действия. Металлоферменты как металлокомплексные катализаторы с полифункциональным структурно-организованным активным центром.

## 8-й семестр

### *VI. Катализ металлами*

Основные реакции, катализируемые металлами. Промышленные процессы, проводимые на металлических катализаторах, условия их проведения. Массивные и нанесенные металлические катализаторы. Представления о строении металлов. Типы кристаллических решеток. Структура отдельных граней. Представления о зонной теории строения поверхности металлов. Основные факторы, определяющие активность металлов. Корреляция активности с объемными свойствами металлов. Особенности хемосорбции на кристаллической поверхности металлов. Различия в каталитических свойствах отдельных граней.

Проблема катализа сплавами (на примере системы медь-никель). Геометрический и электронный (лигандный) факторы в катализе металлами. Примеры каталитического действия сплавов активного металла с неактивным.

Представления о характере и энергии связи хемосорбированных частиц с поверхностью металла. Корреляция между теплотой адсорбции и скоростью реакции. Типы адсорбированных частиц на моноядерных и полиядерных центрах. Отравление поверхности металлических катализаторов.

Особенности катализа дисперсными металлами. Идеальные формы дисперсных частиц металла. Влияние размера частиц на относительную долю поверхностных центров различной структуры. Зависимость каталитических свойств от дисперсности. Правило Г.К.Борескова о примерном постоянстве удельной каталитической активности. Классификация реакций по М.Будару. Примеры структурно-чувствительных и структурно-нечувствительных реакций. Возможные причины влияния дисперсности на каталитические свойства. Нанесенные металлические катализаторы. Взаимодействие дисперсных металлических частиц с поверхностью носителей. Явление сильного взаимодействия металла с носителем.

Важнейшие промышленные процессы на металлических катализаторах. Каталитический риформинг. Условия процесса. Основные реакции, протекающие при риформинге. Представления об их механизме. Бифункциональный характер действия катализаторов риформинга. Проблема стабильности катализаторов. Биметаллические катализаторы риформинга и проблема действия промотирующих добавок.

Синтез углеводородов восстановительной олигомеризацией оксида углерода (синтез Фишера-Тропша). Условия процессов. Применяемые катализаторы. Представление о механизме процесса. Распределение продуктов по молекулярным весам. Технология процесса. Возможности регулирования селективности. Окисление этилена в окись этилена на серебряном катализаторе. Представления о механизме процесса.

## *VII. Катализ оксидами*

Особенности активации молекулы кислорода твердыми оксидами. Реакции полного и селективного окисления. Применение тео-

рии поля лигандов (концепция энергии стабилизации кристаллическим полем) для объяснения каталитических свойств оксидов.

Классификация механизмов каталитического окисления. Примеры стадийного и слитного механизмов. Схема Марса ван Кревелена для стадийного механизма.

Катализаторы полного окисления. Связь каталитической активности с энергией связи кислорода в оксидах. Каталитическое сжигание топлива.

Реакции селективного окисления. Примеры промышленно-важных реакций и катализаторов. Роль активации углеводородов в реакциях селективного окисления. Аллильный механизм окисления пропилена. Схема Захтлера-Де-Бура. Связь селективности с энергией связи кислорода с поверхностью оксида. Правило Захтлера.

Окислительный аммонолиз пропилена. Применяемые катализаторы, схема проведения процесса. Представление о механизме реакции (схема Мацура и Грасселли). Окисление сернистого газа. Активный компонент катализатора и механизм реакции.

Окисление метанола в формальдегид и формальдегида в муравьиную кислоту на оксидных катализаторах. Окисление  $\beta$ -пиколина в никотиновую кислоту. Окисление бензола в фенол азотом. Оксидные катализаторы в синтезе метанола. Представление о механизме синтеза метанола.

### *VIII. Гетерогенные металлоорганические катализаторы*

Катализаторы Циглера-Натта. Область их применения. Образование активных центров в этих катализаторах. Полимеризация олефинов на гетерогенных катализаторах. Механизм роста полимерной цепи. Число активных центров и их реакционная способность. Механизм стереорегулирования при изотактической и синдеотактической полимеризации.

Представление о технологии каталитической полимеризации этилена и пропилена. Суспензионная и газофазная полимеризация.

### *IX. Катализ сульфидами*

Роль процессов гидрообессеривания в переработке нефти. Основные катализаторы гидрообессеривания. Условия процессов гидроочистки. Основные реакции, протекающие при гидроочистке.

Явление синергизма при катализе смешанными сульфидами. Теории, объясняющие явление синергизма. Современные представления о структуре активного компонента и активных центров смешанных сульфидных катализаторов. Обоснование этих представлений данными различных физических методов.

#### *Х. Основы предвидения каталитического действия*

Исторические этапы развития теоретических представлений о катализе. Физические и химические теории. Физические теории Либиха и Деберейнера. Химические теории Сабатье и Ипатьева. Идеи Менделеева в области катализа.

Объединение химических и физических теорий катализа. Работы Тейлора, Баландина, Кобозева, Рогинского, Волькенштейна, Борескова в области теорий активированной адсорбции и активных центров.

Главные положения и предсказательная способность некоторых основных физико-химических теорий катализа. Мультиплетная теория. Цепная теория. Электронная теория.

Современные тенденции в развитии методов поиска катализаторов. Информационно-ориентированные и логически-ориентированные подходы, роль ЭВМ в реализации этих подходов.

Формы организации учебного процесса: лекция, лабораторная работа, самостоятельная работа студента, консультации, экзамен.

## **5. Образовательные технологии**

Виды/формы образовательных технологий. Наличие обязательных для итоговой аттестации студента контрольных точек и отчетов по лабораторной практике принуждает студента к активной работе в течение всего семестра. Обратная связь обеспечивается тем, что лектор может оперативно скорректировать лекционный курс при прохождении контрольных точек результатов в усвоении материала.

Следует отметить, что занятия по курсу "катализ" ведутся профессиональными исследователями в области катализа и адсорбции из ИК СО РАН. В лекционном курсе зачастую используются недав-

но опубликованные научные результаты или полученные самим лектором и его коллегами по ИК СО РАН.

Преподаватели, участвующие в проведении курса, регулярно готовят и издают учебно-методические пособия, посвященные различным разделам курса. Эти пособия размещаются и в электронном виде на сайте Факультета естественных наук. Там же можно найти мультимедийную презентацию лекционного курса.

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

Рекомендуемый режим работы: лекционные занятия – 3-4 часа в неделю; лабораторные работы, а также самостоятельные занятия с обязательной и дополнительной литературой.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде устного экзамена по теме «Катализ».

#### **Образцы вопросов к экзамену по катализу**

- *Катализатор как индивидуальное химическое вещество и как смесь химических веществ. Основные компоненты катализатора. Понятие об активном компоненте катализатора. Понятие об активном центре, его окружении и носителе.*
- *Классификация катализаторов на основе их химического состава. Классификация катализаторов на основе фазового состояния компонентов. Классификация каталитических процессов.*
- *Основные причины каталитического действия. Формы промежуточного химического взаимодействия при катализе. Активация реагентов при взаимодействии с активным центром, сближение реагентов при взаимодействии с активным центром, снятие запрета по симметрии. Роль энергетического и структурного факторов при взаимодействии реагирующих веществ с катализатором.*
- *Гомогенный катализ кислотами и основаниями в растворе. Роль протонированных и депротонированных структур в ки-*



слотно-основном катализе. Скорость реакций переноса протона в растворе. Специфический и общий катализ. Кинетика кислотных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда.

- Образование металлоорганического соединения как типичная стадия механизмов каталитических процессов с участием металлокомплексов. Основные ключевые стадии перегруппировок металлоорганических соединений: окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, внедрение, реакции сдвига. Каталитический цикл как последовательность ключевых стадий. Правила Хиггинсона, Пирсона и Толмана для цикла. Матричный эффект.
- Правило Г.К. Борескова о примерном постоянстве удельной каталитической активности. Классификация реакций по М.Будару. Примеры структурно-чувствительных и структурно-нечувствительных реакций. Возможные причины влияния дисперсности на каталитические свойства.
- Реакции окисления и стадии механизма окисления органических соединений в присутствии металлокомплексных каталитических систем. Природа стадии активации кислорода. Гомо- и гетеролитический механизмы окисления. Окисление толуола в бензойную кислоту. Окисление олефинов в окиси олефинов. Два принципа действия металлокомплексных катализаторов окисления органических веществ молекулярным кислородом.
- Особенности активации молекулы кислорода твердыми оксидами. Реакции полного и селективного окисления. Применение теории поля лигандов (концепция энергии стабилизации кристаллическим полем) для объяснения каталитических свойств оксидов. Классификация механизмов каталитического окисления.
- Полимеризация олефинов на гетерогенных катализаторах. Механизм роста полимерной цепи. Число активных центров и их реакционная способность. Механизм стереорегулирования при изотактической и синдиотактической полимеризации.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Основная и дополнительная литература:**

1. Боресков Г.К. Катализ. Ч.1, 2. Новосибирск, 1971. 267 с.
2. Кузнецов В.И. Развитие учения о катализе. М.: Наука, 1964. 424 с.
3. Рогинский С.З. Гетерогенный катализ. Некоторые вопросы теории. М.: Наука, 1979. 416 С.
4. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1974. 592 с.
5. Полторак О.М. Лекции по теории гетерогенного катализа. М.: Изд-во МГУ, 1968. 155 с.
6. Березин И.В., Мартинск К. Основы физической химии ферментативного катализа. М.: Высш.шк., 1977. 280 с.
7. Сетерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа. М.: Мир, 1984. 520 с.
8. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980. 422 с.
9. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983. 229 с.
10. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983. 300 с.
11. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. 303. С.
12. Кожевников И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991. 224 с.
13. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. ИКЦ Академкнига, 2004. 679 с.
14. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 504 с.

### **в) информационно-поисковые системы:**

- Google ScholarSFX - полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
- SCIRUS -бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск только научной информации, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;

- SciTopics - новый бесплатный интернет-ресурс для ученых и исследователей при; представлены самая свежая и самая точная взб-информация и информация из периодики; online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
- 2. Библиографические базы данных, к которым существует прямой доступ из внутренней сети Института: "ВИНИТИ", "Current Contents", "Chemical Abstracts", и т.д.;
- 3. Электронный доступ к периодическим и продолжающимся изданиям (более 100 наименований, включая Applied Catalysis, Catalysis Letters, Catalysis Today, Surface Science, и др.) – <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.e-library.ru>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудиторный фонд (с мультимедийными проекторами, ноутбуками и экранами), компьютерный класс (компьютеры с необходимым ПО), рабочие места с выходом в Интернет, библиотека, информационно-аналитический центр – в ИК СО РАН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по направлению «020100 ХИМИЯ».

Авторы: Бухтияров Валерий Иванович, чл.-корр.РАН, д.х.н., профессор. заведующий кафедры катализа и адсорбции ФЕН, зам.директора ИК СО РАН



\_\_\_\_\_

подпись

Программа одобрена на заседании кафедры катализа и адсорбции ФЕН "21" апреля 2014 г.

Секретарь кафедры к.х.н., ассистент  И.В. Делий