

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Актуальные проблемы гомогенного и гетерогенного катализа**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Химическая кинетика

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020

---

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: **вариативная часть ООП, блок ПД.**

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	<b>Знать:</b> актуальные направления экспериментальных исследований в области катализа
<b>СПК-1.С.</b> Способен анализировать экспериментальные кинетические данные, строить кинетические схемы и определять константы скорости и равновесия для различных реакций	<b>СПК-1.С.1.</b> Анализирует экспериментальные кинетические данные, строит кинетические схемы, определяет кинетические параметры химических реакций	<b>Знать:</b> основные методы исследований кинетики каталитических реакций и механизма физико-химических процессов <b>Уметь:</b> решать связанные с исследованием кинетики и механизма физико-химических процессов практические задачи
<b>СПК-2.С.</b> Способен выбирать теоретические модели для описания конкретного химического процесса с использованием аппарата современных теорий	<b>СПК-2.С.1.</b> Теоретически описывает химические процессы с использованием аппарата современных теорий	<b>Знать:</b> возможности и ограничения различных теоретических моделей при решении практических задач в области катализа <b>Владеть:</b> навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов интернета; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации при решении задач моделирования физико-химических процессов.

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

Объем дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 94 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа, 10 часов – групповые консультации, 10 часов – индивидуальные консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 86 часов составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**Знать:** основные законы и понятия физической, органической, аналитической и неорганической химии;

**Уметь:** находить и использовать литературные данные, относящиеся к физическим свойствам различных химических соединений;

**Владеть:** методологией статистической обработки результатов исследования.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) Эксп методы	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Феноменология катализа и гетерогенно-каталитических процессов	16	4	4	2	0		10	6		6

Тема 2. Теоретическое моделирование эффективных гетерогенных катализаторов	16	4	4	0	2		10	6		6
Тема 3. Практические подходы к разработке новых гетерогенных катализаторов	16	4	4	0	2		10	6		6
Тема 4. Формирование и стабилизации активных фаз с различной архитектурой	16	4	4	2	0		10	6		6
Тема 5. Идентификация структуры активных центров в катализаторах	16	4	4	2	0		10	6		6
Тема 6. Синергизм каталитического действия биметаллических нанофаз	16	4	4	2	0		10	6		6
Тема 7. Каталитические процессы нефтехимии - технология и актуальные задачи	16	4	4	0	2		10	6		6
Тема 8. Катализ переработки биооксигенатов: основные тренды и катализаторы	16	4	4	0	2		10	6		6
Тема 9. Фонды, поддерживающие исследования в области катализа	16	4	4	2	0		10	6		6

Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36			0	2	2	4	32		32
<b>Итого</b>	180	36	36	20	0	2	94	86		86

#### 6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ и других научных организаций.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): Самостоятельная работа проводится в соответствии с заданиями, получаемыми студентами во время лекций. Самостоятельная работа студентов обеспечивается доступом к сети Интернет и базам данных.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература:**

1. Чокендорф И., Наймантсведрайт Х. «Современный катализ и химическая кинетика», М.: Интеллект, 2010.
2. Сетерфилд Ч. «Практический курс гетерогенного катализа» М.: Мир, 1984.
3. Кулакова И.И., Г.В. Лисичкин. «Каталитическая химия». Конспект лекций по спецкурсу для студентов IV химического факультета МГУ, 2014.
4. Промышленный катализ в лекциях (ред. Носков А.С.) М.: Калвис, 2005.
5. Кубасов А.А. «Химическая кинетика и катализ». М.: МГУ, 2004.
6. Экспериментальные методы исследования катализа (ред. Андерсон Р.), М., Мир, 1972.

#### **Дополнительная литература:**

1. Besson M., Gallezot P., Pinel C. Conversion of Biomass into Chemicals over Metal Catalysts // Chemical Reviews, 2014, V.114, №3, P.P. 1827–1870
2. Alonso D.M., Bond J.Q., Dumesic J.A. Catalytic conversion of biomass to biofuels // Green Chemistry, 2010, V.12, P.P. 1493-1513

- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Николаев Сергей Александрович, к.х.н.

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

#### **Вопросы для экзамена:**

1. Определение катализатора. Термодинамический аспект действия катализаторов.
2. Удельная активность и частота оборотов. Способы расчета и фундаментальная значимость этих параметров для массивных, гомогенных и гетерогенных катализаторов.
3. Расчет селективности каталитического процесса по субстрату. Расчет выхода продукта реакции. Примеры избирательности действия катализатора по продукту и реагенту.
4. Основные стадии гетерогенно-каталитического процесса.
5. Реактора непрерывного и периодического действия. Достоинства и недостатки применительно к проведению промышленных каталитических процессов.
6. Обратимая и необратимая дезактивация катализаторов. Основные причины дезактивации и способы повышения времени стационарной работы катализатора.
7. Отравление гетерогенных катализаторов и понятие об активных центрах Тейлора.
8. Модель Ван Хардевиляда. Понятие о свободной энергии поверхности. Расчет свободной энергии для элемента поверхности в рамках модели Ван Хардевиляда.
9. Реакционная способность углов, ребер и граней для наночастиц одного и того же металла. Приведите примеры и описание экспериментов, позволяющих регистрировать различие в реакционной способности различных элементов поверхности.
10. Принцип геометрического и энергетического соответствия. Достоинства и недостатки теории Баландина применительно к моделированию активности катализаторов.
11. Классификация каталитических процессов по типу разрыва связи субстрата. Принцип подбор катализаторов для редокс и кислотно-основного катализа на основании химического состава активной фазы. Основные недостатки подхода.
12. Типы носителей, используемых в промышленности. Перечислите основные параметры носителя для нанесенных катализаторов.
13. Определение констант скоростей и энергии активации каталитического процесса в реакторе периодического действия. Опишите методику определения этих параметров для изомеризации аллилбензола в присутствии гранул нанесенного катализатора.

14. Химические способы синтеза катализаторов. Приведите три примера и проанализируйте потенциал использования этих методов для синтеза промышленных систем.
15. Физические способы синтеза катализаторов. Приведите три примера и проанализируйте потенциал использования этих методов для синтеза промышленных систем.
16. Рентгеновская дифракция. Какую информацию о нанесенных катализаторах можно получить с помощью этого метода? Глубина анализа поверхности методом РФА.
17. Просвечивающая электронная микроскопия как метод анализа структуры нанесенных гранулированных катализаторов. Какую информацию можно получить с помощью этого метода? Специфика подготовки образцов для анализа методом ПЭМ.
18. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Какую информацию о структуре поверхности нанесенных катализаторов можно получить с помощью этого метода? Глубина анализа поверхности методом РФЭС.
19. Каталитическая очистка этилена для полимеризации от примесей ацетиленовых производных. Технологическое решение и нерешенные проблемы.
20. Дегидрирование алканов. Технологическое решение и основные недостатки.
21. Каталитическая конверсия биоэтанола в продукты с более высокой добавочной стоимостью. Приведите примеры и известные катализаторы для этих процессов.
22. Каталитическая конверсия биоглицерина в продукты с более высокой добавочной стоимостью. Приведите примеры и известные катализаторы для этих процессов.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p><b>Знать:</b> актуальные направления экспериментальных исследований в области катализа;</p> <p><b>Знать:</b> основные методы исследований кинетики каталитических реакций и механизма физико-химических процессов;</p> <p><b>Знать:</b> возможности и ограничения различных теоретических моделей при решении практических задач в области катализа.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p><b>Уметь:</b> решать связанные с исследованием кинетики и механизма физико-химических процессов практические задачи.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p><b>Владеть:</b> навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов интернета; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации при решении задач моделирования физико-химических процессов.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>