

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Т.А. Хагуров

подпись

« 27 » апреля 2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**ФТД.В.02 СОВРЕМЕННЫЙ КАТАЛИЗ И ХИМИЧЕСКАЯ**  
**КИНЕТИКА**

Направление подготовки/специальность 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) Аналитическая химия

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника магистр

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины ФТД.В.02 «Современный катализ и химическая кинетика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.04.01 Химия (утвержден Приказом Минобрнауки России от 23.09.2015 № 1042).

Программу составил(и):

Фалина И.В., доцент, канд. хим. наук



Рабочая программа дисциплины ФТД.В.02 «Современный катализ и химическая кинетика» утверждена на заседании кафедры физической химии протокол № 11 «10» апреля 2018 г.

Заведующий кафедрой Заболоцкий В.И.



Рабочая программа дисциплины ФТД.В.02 «Современный катализ и химическая кинетика» обсуждена на заседании кафедры аналитической химии протокол № 5 «19» апреля 2018 г.

Заведующий кафедрой Темердашев З.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий

протокол № 5 «20» апреля 2018 г.

Председатель УМК факультета Стороженко Т.П.



Рецензенты:

Коншина Д.Н., канд. хим. наук, доцент кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

Павленко Е.А., инженер-технолог проблемной лаборатории по проведению работ по созданию новой и усовершенствованию производимой продукции на основе литий-ионных аккумуляторов и других источников тока, ПАО «Сатурн»

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

состоит в формировании у слушателей знаний по современному состоянию теоретических исследований в области гетерогенного катализа и практическим областям его применения.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- сформировать знания о современных теоретических аспектах гетерогенного катализа;
- формирование представлений о применении гетерогенного катализа для решения прикладных задач, в том числе в химической технологии;
- сформировать умения рассчитывать параметры катализатора и кинетические характеристики процесса на основании экспериментальных.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина ФТД.В.02 «Современный катализ и химическая кинетика» относится к блоку "Факультативы" учебного плана и является дисциплиной по выбору, не обязательной к освоению.

Изучению дисциплины «Современный катализ и химическая кинетика» должно предшествовать изучение таких обязательных дисциплин как «Актуальные задачи современной химии».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

| п. п. | Индекс компет енции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                  | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                  |                                                                                                                     |         |
|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|       |                     |                                                                                                                                        | знать                                                                                        | уметь                                                                                                               | владеть |
| 1.    | ОПК-1               | способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач      | Теоретические основы химической кинетики и катализа, требования к гетерогенным катализаторам |                                                                                                                     |         |
| 2.    | ПК-1                | способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые | Основные области практического применения гетерогенного катализа                             | Выполнить расчет параметров катализатора и кинетических характеристик реакции на основании экспериментальных данных |         |

| п. п. | Индекс компет енции | Содержание компетенции (или её части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |       |         |
|-------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|---------|
|       |                     |                                       | знать                                                       | уметь | владеть |
|       |                     | научные и прикладные результаты       |                                                             |       |         |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы                                         |                               | Всего часов | Семестры (часы) |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|
|                                                            |                               |             | А               |
| Контактная работа, в том числе:                            |                               | 18,2        | 18,2            |
| Аудиторные занятия (всего):                                |                               | 18          | 18              |
| Занятия лекционного типа                                   |                               | 18          | 18              |
| Лабораторные занятия                                       |                               | -           | -               |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) |                               | -           | -               |
| Иная контактная работа:                                    |                               |             |                 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                      |                               | -           | -               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                             |                               | 0,2         | 0,2             |
| Самостоятельная работа, в том числе:                       |                               | 53,8        | 53,8            |
| Проработка теоретического материала                        |                               | 20          | 20              |
| Выполнение расчетных работ                                 |                               | 20          | 20              |
| Подготовка к промежуточной аттестации                      |                               | 13,8        | 13,8            |
| Контроль:                                                  |                               |             |                 |
| Подготовка к экзамену                                      |                               | -           | -               |
| Общая трудоемкость                                         | час.                          | 72          | 72              |
|                                                            | в том числе контактная работа | 18,2        | 18,2            |
|                                                            | зач. ед                       | 2           | 2               |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

| № раздела | Наименование разделов                                               | Количество часов |                   |    |    |                      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|           |                                                                     | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|           |                                                                     |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1         | 2                                                                   | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                    |
| 1.        | Введение в катализ                                                  | 12               | 2                 | -  | -  | 10                   |
| 2.        | Современные состояние теоретических исследований в области катализа | 28               | 6                 | -  | -  | 20                   |
| 3.        | Практика гетерогенного катализа                                     | 31,8             | 10                | -  | -  | 23,8                 |
|           | <i>Итого по дисциплине:</i>                                         | 71,8             | 18                | -  | -  | 53,8                 |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

| №  | Наименование раздела                                                | Содержание раздела                                                              | Форма текущего контроля    |
|----|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 2                                                                   | 3                                                                               | 4                          |
| 1. | Введение в катализ                                                  | Введение в катализ. Основные понятия                                            | Выполнение расчетных задач |
| 2. | Современные состояние теоретических исследований в области катализа | Теория скоростей реакций                                                        |                            |
| 3. |                                                                     | Определение параметров катализаторов                                            |                            |
| 4. |                                                                     | Реакционная способность поверхности                                             |                            |
| 5. |                                                                     | Требования к эффективным катализаторам.                                         |                            |
| 6. | Практика гетерогенного катализа                                     | Водород. Конверсия с водяным паром, реакции с синтез-газом. Получение метанола. |                            |
| 7. |                                                                     | Кинетика поверхностных реакций                                                  |                            |
| 8. |                                                                     | Переработка нефти и нефтехимия                                                  |                            |
| 9. |                                                                     | Каталитическая нейтрализация выхлопных газов                                    |                            |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятие семинарского типа не предусмотрены учебным планом

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

Занятие лабораторного типа не предусмотрены учебным планом

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| №  | Вид СРС                             | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. | Проработка теоретического материала | 1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.<br>2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 200 с. - <a href="https://e.lanbook.com/book/102250#book_name">https://e.lanbook.com/book/102250#book_name</a> .<br>3. Стромберг, Армин Генрихович. Физическая химия [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с. - Библиогр.: с. 511 - 515. - ISBN 5060036278 : 40.00. |

|    |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Выполнение расчетных задач            | <p>1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p> <p>2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 200 с. - <a href="https://e.lanbook.com/book/102250#book_name">https://e.lanbook.com/book/102250#book_name</a>.</p> <p>3. Стромберг, Армин Генрихович. Физическая химия [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с. - Библиогр.: с. 511 - 515. - ISBN 5060036278 : 40.00.</p> |
| 3. | Подготовка к промежуточной аттестации | <p>1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p> <p>2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 200 с. - <a href="https://e.lanbook.com/book/102250#book_name">https://e.lanbook.com/book/102250#book_name</a>.</p> <p>3. Стромберг, Армин Генрихович. Физическая химия [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с. - Библиогр.: с. 511 - 515. - ISBN 5060036278 : 40.00.</p> |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

Для формирования общекультурных и общепрофессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов.

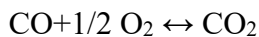
Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

##### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

*Пример расчетной задачи*

Рассмотрим процесс окисления СО кислородом O<sub>2</sub> на поверхности катализатора из Pt (этот процесс идет при дожигании выхлопных газов автомобилей):



а) Запишите четыре основные ступени этого процесса. Можно принять, что в данном случае адсорбция кислорода – прямой процесс.

б) Запишите выражение для скорости реакции, приняв в качестве лимитирующей стадии рекомбинацию адсорбированных монооксида углерода и кислорода. В данном примере парциальным давлением СО<sub>2</sub> пренебрегать нельзя.

в) Покажите, что скорость реакции может быть представлена как результат отклонения от равновесия в форме:

$$r = r^+ - r^- = k^+ K_{\text{CO}} p_{\text{CO}} \left( 1 - \frac{p_{\text{CO}_2}}{\sqrt{p_{\text{O}_2}} p_{\text{CO}} K_G} \right) \theta^2.$$

где  $K_G$  – константа равновесия для реакции в целом.

г) Получите выражение для порядков реакции по СО, O<sub>2</sub> и СО<sub>2</sub>, а также для кажущейся энергии активации этого процесса.

##### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

###### Вопросы для подготовки к зачету

1. Поясните общие черты и различия гомогенного и гетерогенного катализа.
2. Объясните понятия атомарной эффективности и дружественной окружающей среде.
3. Зависит ли порядок каталитической реакции от давления и температуры?
4. Дайте вывод изотермы адсорбции Ленгмюра для молекулярной адсорбции СО на поверхности металла с адсорбционными центрами одного типа. Прodelайте то же самое для диссоциативной адсорбции Н<sub>2</sub>.
5. Кинетика каких промышленных процессов может быть описана в стационарном приближении?
6. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к твердым катализаторам, используемым в промышленности.
7. Можете ли привести пример, в которых скорость полного каталитического процесса контролируется переносом реагентов вне каталитических частиц?
8. Дайте несколько примеров производств синтез-газа, а также областей его практического применения.
9. Объясните, как электронные промотеры облегчают диссоциацию молекул N<sub>2</sub> типа?
10. Как работают топливные элементы? Объясните роль катализатора в технологии топливных элементов.
11. В зависимости от выбора катализатора, процесс гидрообессеривания сопровождается разной степени гидрированием. В каком из потоков продуктов на нефтеперерабатывающем заводе вы бы осуществляли гидрообессеривание, сопровождаемое гидрированием, а в каком – нет?
12. Дайте краткое описание процесса крекинга в псевдоожиженном каталитическом слое.
13. Почему для нейтрализации выхлопных газов используют металлические катализаторы и какие реакции они катализируют?
14. Как можно уменьшить выбросы оксидов серы от тепловых электростанций?
15. Опишите процесс селективного каталитического восстановления, использующийся для удаления NO<sub>x</sub> из дыма стационарных тепловых станций. Какие реагенты обычно используются в процессе селективного каталитического восстановления?

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 200 с. - [https://e.lanbook.com/book/102250#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/102250#book_name).

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Стромберг, Армин Генрихович. Физическая химия [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с. - Библиогр.: с. 511 - 515. - ISBN 5060036278 : 40.00.

### **5.3. Периодические издания:**

1. В мире науки.
2. Журнал прикладной химии.
3. Журнал физической химии.
4. Коллоидный журнал.

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

Электронная библиотека учебных материалов по химии:  
<http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

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

*Лекции* Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

#### *Общие рекомендации*

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- работу с Интернет - источниками;
- подготовка к зачету/экзамену.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, полученный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в рабочей программе дисциплины.

#### *Работа с конспектом лекций*

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплине, которые должны решать следующие задачи:

- изложить важнейший материал программы курса, освещающий основные моменты;
- развить у студентов потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее главных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим.

#### *Содержание лекций*

Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Необходимо, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему курса и представляла собой логически вполне законченную работу. Лучше сократить тему, но не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

-

## 8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

## 8.3 Перечень информационных справочных систем:

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| №  | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия                         | Лекционная аудитория, укомплектованная учебной мебелью, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), (ауд. 435С, 332С, 322С, 234С, 422С, 425С, 416С, 126С)                                                                                              |
| 2. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью (332С, 334С, 126С, 425С, 422С)                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью (332С, 334С, 126С, 425С, 422С)                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, укомплектованный учебной мебелью, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. ауд. 400, 401, 329, корп. С (улица Ставропольская, 149) |