

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.11.2023 00:27:57

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**«Грозненский государственный нефтяной технический университет**

**имени академика М. Д. Миллионщикова»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор

И.Т. Гайрабеков

2020 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ И ПРОИЗВОДСТВО КАТАЛИЗАТОРОВ»**

**Направление подготовки**

18.03.01 «Химическая технология»

**Профиль**

«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

**Квалификация**

Бакалавр

Грозный 2020

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью и задачами преподавания дисциплины «Гетерогенный катализ и производство катализаторов» является обучение обработке и обобщения новейшей научно-технической информации о значении катализа, в области переработки нефти и газа; получение знаний, умения и опыта, в области современных исследований катализа и катализаторах на основе переработки нефти, газа и угля; проведение научно-исследовательской работы, основными направлениями которой являются изучение особенностей протекания катализа.

Важное место в программе уделяется изучению экологических проблем в производстве катализаторов.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса требуется знание: высшей математики; информатики; физики; общей и неорганической химии; органической химии; физической химии; физико-химических методов анализа и аналитической химии; метрологии, стандартизации и сертификации; процессов и аппаратов химической технологии; общей химической технологии; химии нефти и газа; введения в химическую технологию топлив и углеродных материалов; теоретических основ химической технологии топлив и углеродных материалов.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: химическая технология топлив и углеродных материалов; УИРС; перспективные процессы получения топлив.

## **3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения; (ПК-16)

- использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности; (ПК-18)

**В результате освоения дисциплины студент должен.**

**знать:**

- основные свойства химических элементов, соединений и материалов; (ПК-18)

**уметь:**

- использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности; (ПК-18)

**владеть:**

- методами планирования и проведения физических и химических экспериментов, проведения обработки их результатов и оценивания погрешности, математического моделирования физических и химических процессов и явлений; (ПК-16)

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего	Часов/ зач.ед.	Семестр		
			7	7	
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>39/1,5</b>	<b>34/1</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	
В том числе:					
Лекции	13/1	17/0,5	13	17	
Лабораторные работы (ЛР)	13/0,5	17/0,5	13	17	
Практические занятия (ПЗ)	13		13		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>69/1,5</b>	<b>74/2</b>	<b>69</b>	<b>74</b>	
В том числе:					
Реферат	13/0,28	14/0,38	13	14	
Темы для самостоятельного изучения	13/0,28	18/0,44	13	18	
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам	20/0,44	20/0,55	20	20	
Подготовка к экзамену	23/0,5	22/0,61	23	22	
Вид отчетности	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в Часах.	108	108	108	108
	ВСЕГО в зач.единицах	3	3	3	3

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лек ц.	Практ зан.	Лаб. зан.	Сам. раб.	Всего часов
1	Общие понятия о катализе и катализаторах	2	-	-	4	6
2	Гомогенные каталитические процессы.	2	-	-	10	12
3	Теоретические основы гетерогенного катализа.	4	-	-	15	19
4	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах.	4	-	3	20	27
5	Синтез и производство катализаторов.	5	-	14	29	48

##### 5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
-------	---------------------------------	--------------------

1	Общие понятия о катализе и катализаторах	Введение. Общие понятия о катализе и катализаторах. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Основные характеристики катализаторов. Значение катализа в переработке нефти и газа.
2	Гомогенные каталитические процессы.	Особенности протекания гомогенных каталитических процессов. Особенности кинетики гомогенных каталитических процессов.
3	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Существующие теории катализа. Геометрические теории. Мультиплетная теория и теория активных ансамблей. Электронные теории. Химические теории. Влияние катализатора на энергию активации и скорость реакции.
4	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Стадии гетерогенного катализа. Влияние внешней и внутренней диффузии на скорость реакций. Виды адсорбции в катализе и методы их исследования.
5	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Кинетика реакций углеводородов. Формальные кинетические модели каталитических реакций. Степенные кинетические уравнения. Условные модели каталитических процессов. Градиент температуры внутри зерна катализатора.
6	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Кислотный катализ. Кислотные центры и их участие в реакциях. Центры Бренстеда, Льюиса и суперкислотные. Корреляция между кислотностью и каталитической активностью. Образование и свойства карбокатионов. Типы катализируемых реакций.
7	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Окислительно-восстановительный катализ. Типы катализируемых реакций. Катализ на металлах и полупроводниках. Активность и дисперсность металлов. Теория валентной связи. Зонные модели. Теории кристаллических полей и теория поля лигандов.
8	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Координационно-комплексный катализ. Бифункциональные катализаторы и природа их действия. Окисные катализаторы. Типы катализируемых реакций, промышленные процессы.
9	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Теоретические основы подбора катализаторов.
10	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Деактивация катализаторов и ее сущность. Регенерация катализаторов. Промышленные катализаторы и их характеристика.

11	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах.	<p>Основные характеристики твердых катализаторов и методы их определения.</p> <p>Краткая характеристика основных носителей промышленных катализаторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- активная окись алюминия,</li> <li>- аморфные алюмосиликаты,</li> <li>- активный уголь,</li> <li>- силикагель.</li> </ul>
12	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах.	Введение структурных и текстурных промоторов каталитических реакций: галогенирование, сульфирование, добавка других металлов, оксидов металлов.
13	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах.	<p>Активные компоненты катализаторов.</p> <p>Цеолиты. Химический состав, структура, ионнообменные свойства, термостабильность, пористость и удельная поверхность.</p> <p>Цеолитсодержащие катализаторы. Состав, катализируемые реакции. Природа каталитически активных центров. Особенности активации, дезактивации и регенерации.</p>
14	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах. Активные компоненты катализаторов	<p>Оксидные катализаторы. Краткая характеристика катализаторов окисления, гидродесульфуриации, гидроде-ароматизации. Особенности активации, дезактивации и регенерации таких катализаторов.</p> <p>Бифункциональные катализаторы. Активные компоненты, носители и промоторы; используемые материалы. Краткая характеристика свойств современных катализаторов риформинга, изомеризации, гидрокрекинга, гидроизомеризации. Особенности активации, дезактивации и регенерации таких катализаторов.</p>
15	Синтез и производство катализаторов.	Основные способы производства твердых катализаторов. Сплавление, золь-гель метод, смешение гидрогелей, прививка на носитель, пропитка, ионный обмен. Основные технологические операции, аппаратура.
16	Синтез и производство катализаторов.	<p>Производство носителей и адсорбентов.</p> <p>Производство активной окиси алюминия.</p> <p>Производство цеолитов.</p>
17	Синтез и производство катализаторов.	<p>Производство катализаторов.</p> <p>Синтез и технология производства аморфных алюмосиликатов.</p> <p>Синтез и технология производства цеолитсодержащих катализаторов.</p>
18	Синтез и производство катализаторов.	<p>Синтез и технология производства оксидных катализаторов: алюмокобальтовых, алюмомолибденовых, АКМ, алюмоникелевых, АНМ, никельвольфрамовых, цеолитных алюмоникельмолибденкремнекислородных.</p> <p>Технология производства металлических и бифункциональных металнанесенных катализаторов.</p>

### 5.3. Лабораторный практикум

Таблица 4

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1		Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности и противопожарным мероприятиям. Ознакомление с методами выполнения анализов и требования к оформлению отчетов.
2	Теоретические основы гетерогенного катализа.	Определение некоторых физико-механических характеристик катализаторов: <ul style="list-style-type: none"><li>- насыпная плотность,</li><li>- гранулометрический состав,</li><li>- размер экструдатов,</li><li>- общий объем пор,</li><li>- массовая доля потерь при прокаливании.</li></ul>
3	Синтез и производство катализаторов.	Получение катализаторов гидроочистки методом пропитки
4	Синтез и производство катализаторов.	Определение кобальта в алюмокобальтмолибденовом катализаторе

### 5.4. Практические занятия (семинары)

не предусмотрены

### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Текущая самостоятельная работа по дисциплине «Гетерогенный катализ и производство катализаторов», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка рефератов;
- подготовка к письменным опросам и контрольным работам;
- подготовка к экзамену.

### Контроль самостоятельной работы

№	Вид самостоятельной работы	Форма контроля
1	Работа с лекционным материалом	Проверка конспектов

2	Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	Письменный опрос или контрольная работа
3	Подготовка рефератов	защита рефератов
4	Подготовка к письменным опросам и контрольным работам	Письменный опрос и контрольная работа
5	Подготовка к экзамену	Экзамен

## 6.1 Темы для самостоятельного изучения

1. Полимерные катализаторы: органометаллосилоксаны, органохлорсиланы как катализаторы гомогенных и гетерогенных процессов.
2. Производство силикагелей.
3. Технология производства органометаллосилоксанов, органохлорсила-нов.
4. Введение структурных и текстурных промоторов каталитических реакций: галогенирование, сульфирование, добавка других металлов, оксидов металлов, органометаллосилоксанов.
5. Краткая характеристика катализаторов гидродеметаллизации, конверсии углеводородов, синтеза
6. метанола.
7. Синтез и технология производства оксидных катализаторов: железохромовых, цинкхромовых, медь-алюминий-цинк оксидных катализаторов; ванадиевых, ванадий-титановых, ванадий-вольфрамовых оксидных катализаторов
8. Проблемы экологии в производстве катализаторов.
9. Создание замкнутых циклов в производстве и безотходных технологий. Охрана труда и техника безопасности на катализаторных фабриках.

## 6.2 Темы рефератов

1. Общие сведения из истории катализа, вклад русских ученых в развитие катализа.
2. Классификация каталитических реакций в химическом процессе.
3. Стадии гетерогенного катализа. Адсорбция как необходимая стадия гетерогенного катализа.
4. Осажденные контактные массы. Приготовление катализаторов методом пропитки.
5. Технология смешанных катализаторов. Приготовление катализаторов методом плавления исходных компонентов.
6. Цеолиты и катализаторы на их основе.
7. Способы формования катализаторов. Основные направления развития технологии катализаторов.

## 6.3 Вопросы к самостоятельной работе

1. Что представляют собой полимерные катализаторы: органометаллосилоксаны, органохлорсиланы как катализаторы гомогенных и гетерогенных процессов?
2. Опишите производство силикагелей.
3. Какова технология производства органометаллосилоксанов, органохлорсиланов?
4. Как производится введение структурных и текстурных промоторов каталитических реакций: галогенирование, сульфирование, добавка других металлов, оксидов металлов, органометаллосилоксанов?
5. Какова краткая характеристика катализаторов гидродеметаллизации, конверсии углеводородов, синтеза метанола?

6. Каковы синтез и технология производства оксидных катализаторов: железохромовых, цинкхромовых, медь-алюминий-цинк оксидных катализаторов; ванадиевых, ванадий-титановых, ванадий-вольфрамовых оксидных катализаторов?
7. В чем состоят проблемы экологии в производстве катализаторов?
8. Как лучше производить утилизацию и обезвреживание отходов производства катализаторов?
9. Опишите принципы создания замкнутых циклов в производстве и безотходных технологий.
10. Каковы особенности охраны труда и техники безопасности на катализаторных фабриках?

#### **6.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов**

1. Панченков Г.М., Лебедев В.П.. Химическая кинетика и катализ. М.: Изд.МГУ.1961
2. Романовский Б.В.. Основы химической кинетики. М.: Экзамен, 2006
3. Агеев Е.П.. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах. 2-е изд., М.: МЦНМО, 2005
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. М.: Академкнига, 2004
5. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. М.: Академия, 2003
6. Интернет-ресурсы:

NIST <http://www.nist.gov>

#### **7. Оценочные средства**

При изучении дисциплины «Гетерогенный катализ и производство катализаторов» используется рейтинговая система оценка знаний студентов. В течение семестра студент может набрать 120 баллов.

Рейтинг поощряет активных студентов дополнительными баллами за написание рефератов, представленные доклады и т. п. Преподаватель имеет право выставлять студенту оценку «отлично» без экзамена, если рейтинг студента в семестре превышает 90 баллов.

Фонд оценочных средств дисциплины включает в себя:

- паспорт фонда оценочных средств по дисциплине;
- вопросы к первой промежуточной аттестации;
- вопросы ко второй промежуточной аттестации;
- вопросы к экзамену;
- вопросы для коллоквиума;
- занятия для лабораторных занятий.

#### **Паспорт фонда оценочных средств дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
<b>1</b>	Общие понятия о катализе и катализаторах	ПК-18	Коллоквиум/ устный опрос
<b>2</b>	Гомогенные каталитические процессы.	ПК-16,ПК-18	Коллоквиум/ устный опрос
<b>3</b>	Теоретические основы гетерогенного катализа.	ПК-16,ПК-18	Коллоквиум/ устный опрос
<b>4</b>	Понятие об активном комплексе, носителе (матрице) и промоторах.	ПК-18	Коллоквиум/ устный опрос



5	Синтез и производство катализаторов.	ПК-16	Коллоквиум/ устный опрос
---	--------------------------------------	-------	-----------------------------

## 7.1 Оценочные средства для промежуточной аттестации

### 7.1.1. Вопросы к первой аттестации

1. Каково значение катализа в нефте- и газопереработке?
2. Дайте определение катализатора, кто ввел это понятие?
3. Назовите основные характеристики катализаторов, дайте их краткое определение.
4. Дайте определение гомо- и гетерогенного катализа. Приведите примеры процессов или реакций.
5. Что такое отрицательный катализ, приведите примеры.
6. Какие классификации каталитических процессов вы знаете?
7. Опишите существующие теории катализа.
8. Какие критерии используют для классификации пористых веществ?
9. Как отличаются твердые тела по удельной поверхности?
10. От чего зависит скорость гетерогенно-каталитических реакций?
11. Какова роль катализатора в химической реакции?
12. Назовите характерные черты гетерогенно-каталитических процессов.
13. Дайте краткое описание геометрических теорий, приведите примеры.
14. В чем заключается принцип энергетического и геометрического соответствия в катализе?
15. Что является носителем каталитической активности согласно теории активных ансамблей?
16. На чем основаны представления о катализе согласно электронным теориям?
17. Как влияет катализатор на энергию активации и скорость реакции?
18. Что такое активные центры катализатора, кто ввел определение активных центров?
19. Как происходит адсорбция и хемосорбция в гетерогенном катализе и каковы методы их исследования?
20. Чем характеризуют адсорбцию, какие изотермы адсорбции Вы знаете?
21. Назовите экспериментальные методы определения адсорбции. Какой метод получил большее распространение?
22. Каковы стадии гетерогенного катализа?
23. Какие виды диффузии различают в гетерогенном катализе и чем они характеризуются?
24. Какие виды внешней диффузии Вы знаете и чем они характеризуются?
25. Какие виды внутренней диффузии Вы знаете и чем они характеризуются?
26. Какие кинетические закономерности характерны для реакций углеводородов на пористом катализаторе?
27. От чего зависит градиент температуры внутри гранул катализатора?
28. На чем основаны формальные кинетические модели каталитических реакций, каковы наиболее распространенные модели?
29. На чем основаны условные кинетические модели промышленных реакций, как их составляют, определяют скорость процесса?
30. Дайте характеристики кислотного катализа и активных кислотных центров.
31. Что характеризует функция Гаммета и чем она определяется?
32. Какая корреляция существует между кислотностью и каталитической активностью?
33. Как образуются карбокатионы, каковы их свойства?
34. Как осуществляется катализ на металлах и полупроводниках?

35. От чего зависит активность металнанесенных катализаторов?
36. Что Вы знаете о дисперсности металнанесенных катализаторов?
37. Опишите типы реакций, катализируемых металнанесенными катализаторами.
38. Как происходит и от чего зависит спекание металнанесенных катализаторов?
39. В чем заключается теория валентной связи?
40. В чем заключается теория зонных моделей металлов и полупроводников?

#### 7.1.2. Вопросы ко второй аттестации

1. Какие катализаторы являются оксидными, каков механизм их действия, какие типы реакций катализируют?
2. Что Вы знаете о теоретических основах подбора катализатора?
3. Дайте характеристики активного комплекса, его функции в катализе.
4. Дайте характеристики носителя, его функции в катализе.
5. Дайте характеристики промоторов катализаторов, их функции в катализе.
6. По каким причинам происходит дезактивация катализатора?
7. Охарактеризуйте причины физической дезактивации катализаторов.
8. Охарактеризуйте причины химической дезактивации катализаторов.
9. Как происходит дезактивация катализатора при закоксовывании?
10. Как проявляется каталитическая активность самого кокса?
11. Как осуществляется регенерация катализаторов?
12. Назовите основные характеристики твёрдых катализаторов и методы определения физико-механических характеристик.
13. Назовите основные характеристики твёрдых катализаторов и методы определения физико-химических характеристик.
14. Назовите основные характеристики твёрдых катализаторов и методы определения технологических характеристик.
15. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику активной окиси алюминия.
16. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику активных углей.
17. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику аморфных алюмосиликатов.
18. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику кремнеземов.
19. Что представляют собой цеолиты? Каковы их ионообменные свойства, термостабильность, кислотность?
20. Что представляет собой цеолитсодержащие катализаторы. в каких процессах используются?
21. Какова природа каталитически активных центров цеолитов, какие реакции ими катализируются?
22. Дайте характеристику оксидных катализаторов, природы их действия.
23. Как происходит активация, дезактивация и регенерация катализаторов гидроочистки.
24. Что представляют собой бифункциональные катализаторы, какова природа их действия?
25. Что является активным компонентом, носителем и промотором бифункциональных катализаторов?
26. Что является ядами для бифункциональных катализаторов?
27. Дайте классификацию каталитических реакций и катализаторов, приведите примеры.
28. Дайте краткую характеристику свойств катализаторов риформинга, изомеризации и гидрокрекинга.
29. Каковы основы синтеза и технологии производства аморфных алюмосиликатов?

30. Как формируют шариковые синтетические алюмосиликаты, назовите их основные характеристики?
31. Каковы основы синтеза и технологии производства цеолитов?
32. Каковы основы технологии получения цеолитсодержащих кислотных катализаторов?
33. Каковы основы технологии получения активной окиси алюминия, характеристики сырья и готовой продукции?
34. Каковы основы технологии получения оксидных катализаторов на основе активной окиси алюминия?
35. Как происходит формирование гранул различной формы?
36. Каковы основы технологии получения бифункциональных металлнанесенных катализаторов?
37. Назовите основные методы модифицирования цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов.
38. Дайте краткое описание основной аппаратуры, применяемой при производстве.
39. Каковы проблемы экологии в производстве катализаторов, как утилизируют отходы производства?
40. Создание замкнутых циклов и безотходных технологий в производстве катализаторов.

### 7.1.3 Примерный образец аттестационного билета

## ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

### АТТЕСТАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №   1

Дисциплина

Факультет    НТФ                      специальность НТ                      семестр

1. Дайте определение гомо- и гетерогенного катализа. Приведите примеры процессов или реакций.
  2. В чем заключается теория зонных моделей металлов и полупроводников?
  3. Как влияет катализатор на энергию активации и скорость реакции?
- 

«        » \_\_\_\_\_ 20 г.

Лектор                      М.Н. Басханова

## 7.2 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

### 7.2.1 Вопросы к экзамену

1. Каково значение катализа в нефте- и газопереработке?
2. Дайте определение катализатора, кто ввел это понятие?
3. Назовите основные характеристики катализаторов, дайте их краткое определение.
4. Дайте определение гомо- и гетерогенного катализа. Приведите примеры процессов или реакций.
5. Что такое отрицательный катализ, приведите примеры.
6. Какие классификации каталитических процессов вы знаете?
7. Опишите существующие теории катализа.
8. Какие критерии используют для классификации пористых веществ?
9. Как отличаются твердые тела по удельной поверхности?

10. От чего зависит скорость гетерогенно-каталитических реакций?
11. Какова роль катализатора в химической реакции?
12. Назовите характерные черты гетерогенно-каталитических процессов.
13. Дайте краткое описание геометрических теорий, приведите примеры.
14. В чем заключается принцип энергетического и геометрического соответствия в катализе?
15. Что является носителем каталитической активности согласно теории активных ансамблей?
16. На чем основаны представления о катализе согласно электронным теориям?
17. Как влияет катализатор на энергию активации и скорость реакции?
18. Что такое активные центры катализатора, кто ввел определение активных центров?
19. Как происходит адсорбция и хемосорбция в гетерогенном катализе и каковы методы их исследования?
20. Чем характеризуют адсорбцию, какие изотермы адсорбции Вы знаете?
21. Назовите экспериментальные методы определения адсорбции. Какой метод получил большее распространение?
22. Каковы стадии гетерогенного катализа?
23. Какие виды диффузии различают в гетерогенном катализе и чем они характеризуются?
24. Какие виды внешней диффузии Вы знаете и чем они характеризуются?
25. Какие виды внутренней диффузии Вы знаете и чем они характеризуются?
26. Какие кинетические закономерности характерны для реакций углеводородов на пористом катализаторе?
27. От чего зависит градиент температуры внутри гранул катализатора?
28. На чем основаны формальные кинетические модели каталитических реакций, каковы наиболее распространенные модели?
29. На чем основаны условные кинетические модели промышленных реакций, как их составляют, определяют скорость процесса?
30. Дайте характеристики кислотного катализа и активных кислотных центров.
31. Что характеризует функция Гаммета и чем она определяется?
32. Какая корреляция существует между кислотностью и каталитической активностью?
33. Как образуются карбокатионы, каковы их свойства?
34. Как осуществляется катализ на металлах и полупроводниках?
35. От чего зависит активность металлнанесенных катализаторов?
36. Что Вы знаете о дисперсности металлнанесенных катализаторов?
37. Опишите типы реакций, катализируемых металлнанесенными катализаторами.
38. Как происходит и от чего зависит спекание металлнанесенных катализаторов?
39. В чем заключается теория валентной связи?
40. В чем заключается теория зонных моделей металлов и полупроводников?
41. Какие катализаторы являются оксидными, каков механизм их действия, какие типы реакций катализируют?
42. Что Вы знаете о теоретических основах подбора катализатора?
43. Дайте характеристики активного комплекса, его функции в катализе.
44. Дайте характеристики носителя, его функции в катализе.
45. Дайте характеристики промоторов катализаторов, их функции в катализе.
46. По каким причинам происходит дезактивация катализатора?
47. Охарактеризуйте причины физической дезактивации катализаторов.
48. Охарактеризуйте причины химической дезактивации катализаторов.
49. Как происходит дезактивация катализатора при закоксовывании?
50. Как проявляется каталитическая активность самого кокса?
51. Как осуществляется регенерация катализаторов?
52. Назовите основные характеристики твердых катализаторов и методы определения физико-механических характеристик.
53. Назовите основные характеристики твердых катализаторов и методы определения физико-химических характеристик.
54. Назовите основные характеристики твердых катализаторов и методы определения технологических характеристик.

55. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику активной окиси алюминия.
56. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику активных углей.
57. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику аморфных алюмосиликатов.
58. Перечислите основные носители катализаторов, адсорбенты и хемосорбенты, дайте характеристику кремнеземов.
59. Что представляют собой цеолиты? Каковы их ионообменные свойства, термостабильность, кислотность?
60. Что представляет собой цеолитсодержащие катализаторы. в каких процессах используются?
61. Какова природа каталитически активных центров цеолитов, какие реакции ими катализируются?
62. Дайте характеристику оксидных катализаторов, природы их действия.
63. Как происходит активация, дезактивация и регенерация катализаторов гидроочистки.
64. Что представляют собой бифункциональные катализаторы, какова природа их действия?
65. Что является активным компонентом, носителем и промотором бифункциональных катализаторов?
66. Что является ядами для бифункциональных катализаторов?
67. Дайте классификацию каталитических реакций и катализаторов, приведите примеры.
68. Дайте краткую характеристику свойств катализаторов риформинга, изомеризации и гидрокрекинга.
69. Каковы основы синтеза и технологии производства аморфных алюмосиликатов?
70. Как формируют шариковые синтетические алюмосиликаты, назовите их основные характеристики?
71. Каковы основы синтеза и технологии производства цеолитов?
72. Каковы основы технологии получения цеолитсодержащих кислотных катализаторов?
73. Каковы основы технологии получения активной окиси алюминия, характеристики сырья и готовой продукции?
74. Каковы основы технологии получения оксидных катализаторов на основе активной окиси алюминия?
75. Как происходит формирование гранул различной формы?
76. Каковы основы технологии получения бифункциональных металлнанесенных катализаторов?
77. Назовите основные методы модифицирования цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов.
78. Дайте краткое описание основной аппаратуры, применяемой при производстве.
79. Каковы проблемы экологии в производстве катализаторов, как утилизируют отходы производства?
80. Создание замкнутых циклов и безотходных технологий в производстве катализаторов

### 7.2.2 Примерный образец экзаменационного билета

## ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № \_1\_\_

**Дисциплина**

**Факультет** НТФ

**специальность** НТ

**семестр**

1. Назовите характерные черты гетерогенно-каталитических процессов.

2. Каковы основы технологии получения бифункциональных металланесенных катализаторов?
3. Что представляют собой цеолиты? Каковы их ионообменные свойства, термостабильность, кислотность?

---

« \_\_\_\_\_ 20 г.  
Лектор М.Н. Басханова

Зав. кафедрой Л.Ш.Махмудова

---

### 7.3 Вопросы для коллоквиума

#### **Вопросы первого коллоквиума:**

определение катализ, катализаторы;  
гомогенные и гетерогенные системы;  
интенсивность и активность катализатора;  
селективность катализатора;  
требования, предъявляемые к катализатору (состав катализатора, примесей; частота катализатора; механические свойства катализатора; механические характеристики; требования к термической стабильности; требования к размерам гранул и форме гранул катализатора; теплопроводность катализатора; срок службы катализатора);  
текстурные характеристики катализатора (величина поверхности, объём пор, форма и размер пор, распределение пор по размерам);

#### **Вопросы второго коллоквиума:**

методы приготовления гетерогенных катализаторов;  
производство осаждённых катализаторов (достоинства метода, недостатки метода, общая схема получения);  
получение силикагеля – носителя катализаторов;  
производство активного оксида алюминия;  
цеолиты, типы цеолитов, классификация цеолитов, промышленные способы их получения.

#### **Вопросы третьего коллоквиума:**

получение катализаторов нанесением активного компонента на носитель;  
методы приготовления катализаторов основанные на механическом смешении компонентов, сухой и мокрый метод смешения;  
методы приготовления плавных и скелетных каталитических систем.

### 7.5 Задания для лабораторных занятий

По курсу «Гетерогенный катализ и производство катализаторов» студенты должны выполнить лабораторные работы.(таблица 4)

Первое занятие включает в себя инструктаж по охране труда для студентов. После изучения инструкции каждый из студентов должен расписаться в контрольном листе проведения инструктажа по охране труда.

1. Определение физико-механических характеристик катализаторов
2. Определение кобальта в кобальтмолибденовом катализаторе.

### **Образец лабораторной работы**

## 1. ОТБОР СРЕДНЕЙ ПРОБЫ КАТАЛИЗАТОРА

От того, насколько правильно выполнена операция отбора проб катализатора, зависит представительность средней пробы, по качеству; которой судят о качестве партии в целом.

Проба катализатора, поступающая в лабораторию на анализ, отбирается из каждой пятой бочки, в которые загружен катализатор, при помощи щупа с разных слоев.

Для отбора средней лабораторной пробы исходную пробу сокращают методом квартования (сущность метода изложена ниже).

### 1.1 Приборы, посуда, материалы и реактивы

#### 1.1.1 Приборы, посуда

- секундомер (ГОСТ 5072-79)
- твердая пластина или фанера (ОСТ 3801130-95)
- линейка длинен не менее 25 см (ОСТ 3801130-95)
- стакан химический В (Н)-1-200 (ГОСТ 25336)

#### 1.1.2 Материалы, реактивы

- катализатор или адсорбент анализируемый

### 1.2 Проведение отбора средней пробы

1.2.1 Исходную пробу катализатора высыпают на ровную поверхность и тщательно и осторожно перемешивают в течение 5-6 мин 1.-2.2 Перемешанный катализатор формуют в виде конуса, насыпая катализатор со всех сторон в центр, на вершину.

1.2.3 Полученный конус сплющивают, надавливая на вершину твердой пластиной и получают цилиндрический слой.

1.2.4 Слой катализатора делят боковой частью пластины на весь катализатор.

1.2.5 Оставшиеся две части катализатора смешивают. Если объем пробы оказался слишком большим, >250 см<sup>3</sup>), то его сокращают последовательным квартованием.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

1. Романовский Б.В. Основы катализа. М.: Бинوم, 2013
2. Абраменков А.В., Агеев Е.П., Атякшева Л.Ф., Борзенко М.И., Васильев С.Ю., Голубина Е.В., Каргов С.И., Коробов М.В., Леванов А.В., Майорова А.Ф., новаковская Ю.В., Новоселов А.И., Романовский Б.В., Словохотов Ю.Л., Чухрай Е.С., Цирлина Г.А. Практикум по физической химии: Кинетика и катализ. Электрохимия. М.: Академия, 2012
3. Чоркендорф И., Наймонтсведрайт Дж., Основы кинетики и современного катализа. М.: Интеллект, 2011

### б) дополнительная литература

1. Твердые катализаторы, их структура, состав и каталитическая активность. И.М. Колесников, Г.И. Вяхирев, М.Ю. Кильянов, В.А. Винокуров, С.И. Колесников. М.: ГУП Из-во "Нефть и газ", 2000.- 372 с.
2. Промышленный катализ в лекциях. Вып.1: Катализ. Введение и основные понятия / В.А. Лихолобов. Введение в физическую химию формирования текстуры гетерогенных катализаторов. Ч.1 / В.Б. Фенелонов, В.Н. Пармон. Научные основы приготовления катализаторов/ Н.А. Пахомов/ под общ.ред. А.С. Носкова. — М.: Калвис, 2005. — 132с. — ISBN 5-89530-004-9; 5-89530-005-7.

3. Промышленный катализ в лекциях. Вып.2:Введение в физическую химию формирования текстуры гетерогенных катализаторов. Ч.2 / В.Б. Фенелонов, В.Н. Пармон. Нанесенные металлические катализаторы/ В.А. Семиколенов/ под общ.ред. А.С. Носкова. — М.:Калвис, 2005. — 117с. — ISBN 5-89530-004-9;5-89530-006-5.
4. Промышленный катализ в лекциях. Вып.3:Катализ и физико-химические методы/ В.И. Бахтияров. Экспериментальные методы изучения свойств катализаторов и сорбентов / Н.Н.Бобров. Адсорбционные методы ... /В.Б.Фенелонов, В.Н.Пармон/ под общ. ред. А.С. Носкова. — М.:Калвис,2006. — 128с.:ил. — ISBN 5-89530-008-1;5-89530-004-9.

**в) программное обеспечение и Интернет – ресурсы**

1. Электронный конспект лекций
2. [www.e-library.ru](http://www.e-library.ru);
3. [www.chemindustry.ru](http://www.chemindustry.ru)
4. [www.mirnefti.ru](http://www.mirnefti.ru);
5. [www.neftekhimiya.ips.ac.ru](http://www.neftekhimiya.ips.ac.ru);

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лаборатория, предназначенная для выполнения работ по каталитическим процессам.



**Составитель:**

Доцент кафедры «ХТНГ»



/ М.Н. Басханова /

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав.кафедрой «ХТНГ»



/ Махмудова Л.ИИ /

Директор ДУМР



/ Магомаева М.А. /