



УДК66(075.8)541.124/128 (071.8)

Составитель: С.Д. Пожидаева

Рецензент  
К.х.н, доцент Г.В. Бурых

**Избранные главы химического катализа. Тема 4:** методические указания по подготовке к практическим занятиям и выполнению самостоятельной работы для обучающихся, осваивающих ОПОП ВО – программы магистратуры, реализуемые по модели «перевернутого обучения» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. – Курск, 2025. – 19 с.:– Библиогр.: с. 18.

Методические указания структурированы по темам дисциплины, знакомят обучающихся с алгоритмом, применяемым при реализации ОПОП ВО по модели «перевернутого обучения»; содержанием самостоятельной работы обучающихся по освоению каждой темы дисциплины и планом проведения каждого практического занятия; включают вопросы и задания, предлагаемые обучающимся для самостоятельной внеаудиторной и аудиторной работы.

Предназначены для обучающихся по очной форме обучения по ОПОП ВО – программам магистратуры, реализуемым по модели «перевернутого обучения», осваивающих дисциплину «Избранные главы химического катализа»

Текст печатается в авторской редакции

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 28.05.25 . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,10 Уч.-изд.л. 1,0 Тираж 35 экз. Заказ 884. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## ТЕМА № 4 «Гетерогенный катализ»

### І. ДИСТАНЦИОННАЯ ЧАСТЬ

*Задания, выполняемые до начала первого практического занятия по теме №4*

**1. Внеаудиторная (домашняя) самостоятельная работа обучающихся по освоению основных положений темы № 4:** предварительное (до начала первого практического занятия по теме) самостоятельное изучение теоретического учебного контента по новой теме дисциплины, разработанного преподавателем и представленного в цифровом формате на портале do.swsu.ru

1.1 Ознакомьтесь с **инструкцией** о порядке организации самостоятельной работы по изучению данной темы и следуйте ей.

1.2. Прочитайте **перечень основных теоретических вопросов**, которые необходимо самостоятельно освоить, и **текст с изложением указанных вопросов**.

1.3 Работая с текстом, вносите по мере чтения необходимые записи в **опорный конспект**, который поможет вам запомнить главное (вы можете скачать его прямо отсюда).

*Опорный конспект по теме № 4 «Гетерогенный катализ»*

1. Запоминаем главное

1.1 Впишите пропущенные слова:

Катализатор – это \_\_\_\_\_

Каталитический яд – это \_\_\_\_\_

Селективность катализатора – это \_\_\_\_\_

Трегер – это \_\_\_\_\_

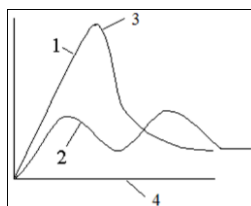
1.2 Укажите стрелочками соответствия

1	Катализ	а)	вещество, ускоряющее какую-либо химическую реакцию, но остающееся после реакции в неизменном состоянии и количестве
2	катализатор	б)	вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции
3	гомогенный катализатор	в)	ускорение одной целевой реакции из нескольких термодинамически возможных
4	Катализаторы переходного типа	г)	вещества, которые образуют единую фазу с реагирующими веществами.

Установите соответствие схем механизма

1	гомогенного катализа	а)	$S + E \rightleftharpoons SE$ $SE \longrightarrow D + E$
2	Ферментативного катализа	б)	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow D + K$
3	Прототропного катализа	в)	$S + BH^+ \rightleftharpoons SH^+ + B$ $SH^+ + B \longrightarrow D + BH^+$
4	Автокаталитической реакции	г)	Нет схемы
5	Протолитического катализа	д)	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

Установите соответствие



а)	Цифра 1	а)	активированное состояние некатализируемой реакции
б)	Цифра 2	б)	путь реакции
в)	Цифра 3	в)	высота энергетических барьеров некатализируемой реакции
г)	Цифра 4	г)	высота энергетических барьеров катализируемой реакции

Установите соответствие

а)	ингибитор	а)	вещество, приводящее к частичной или полной потере активности под действием посторонних примесей
б)	промотор	б)	вещества, которые повышают активность, селективность, устойчивость катализатора, хотя сами могут не обладать каталитическими свойствами.
в)	Каталитический яд	в)	вещество, замедляющее химическую реакцию или прекращающее ее
г)	трегер	г)	термостойкие пористые вещества, на которые тем или иным способом наносят катализаторы.

1.3 Укажите стрелочкой одно наиболее точное соответствие:

Катализ

избирательное ускорение одного из возможных направлений химической реакции под действием катализатора, многократно вступает в промежуточное химическое взаимодействие с участниками реакции и восстанавливает свой химический состав после каждого цикла промежуточных химических взаимодействий

увеличение скорости или инициирование химической реакции в присутствии веществ (катализаторов), которые многократно вступают в промежуточное химическое взаимодействие с участниками реакции

ускорение обратимых реакций как в прямом, так и в обратном направлениях.

большинство процессов, происходящих в живых организмах

#### 1.4 Запишите свойства катализатора

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

#### 2. Создаем банк терминов

##### 2.1 Выпишите основные термины и понятия по теме

№	Термин	Определение
1	Автокаталитические реакции	
2	Гомогенный катализ	
3	Гетерогенный катализ	
4	Кислотно-основный катализ	
5	Контактная масса	
6	Константа Михаэлиса	
7	Прототропный механизм	
8	Каталитический яд	
9	Отравляемость катализатора	
10	Активность катализатора	

##### 2.2 Выпишите последовательность действий

- при определении энергии активации

1. определить константы скорости при разных температурах
2. построить график зависимости логарифма от обратной температуры
3. определить константу
4. определить тангенс угла наклона

— использовании метода стационарных концентраций

- 1) записать кинетические уравнения накопления всех веществ;
- 2) выбрать вещества с высокой реакционной способностью;
- 3) приравнять к нулю скорость накопления высоко реакционноспособных веществ;
- 4) выразить концентрацию радикалов;

5) использовать выражение для определения скорости накопления или расходования

3. Сформулируйте для себя, на что стоит обратить внимание при изучении материала по теме №4

---

---

---

1.4 Посмотрите **мультимедийную презентацию** по теме № 4 «Каталитические процессы. Наиболее распространенные схемы катализа» в ходе чтения текста (параллельно с ним).

Обратите внимание на особенности определения порядка сложных многостадийных реакции.

1.4 Посмотрите **видеоролик** по теме № 4 в ходе чтения текста (параллельно с ним).

Обратите внимание на последовательность действий при использовании метода стационарных концентраций.

1.5 Перескажите изученный теоретический материал по вопросам, указанным в инструкции, и опорному конспекту. Воспользуйтесь также следующими **вопросами для самоконтроля**:

- Катализ и каталитические реакции. Понятия и определения.
- Классификация каталитических реакций.
- Основные схемы механизмов гомогенного катализа.
- Катализатор и индуктор. Понятия и определения.
- Основные причины повышения скорости каталитических реакций.
- Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы.
- Адсорбционная и промежуточная области гетерогенного катализа
- Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов.
- Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам и к пористой структуре катализаторов.
- Типы гетерогенных катализаторов и основные методы их получения.
- Получение гетерогенных катализаторов методом соосаждения.
- Получение гетерогенных катализаторов механическим смешиванием
- Получение плавящихся гетерогенных катализаторов
- Получение гетерогенных катализаторов методом выщелачивания

- Получение гетерогенных катализаторов методом нанесения активного компонента на носитель.
- Основные стадии гетерогенно-каталитических реакций
- Физическая адсорбция и хемосорбция как стадии гетерогенно-каталитических процессов.
- Мультиплетная теория гетерогенного катализа.
- Основные промышленные каталитические процессы.

1.6 Возьмите с собой на практическое занятие свой **опорный конспект** по теме № 4.

1.7 Выполните **входное тестирование** по теме №4.

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 4:

- 1 Гетерогенный катализ – \_\_\_\_\_
- 2 Контактная масса – \_\_\_\_\_
- 3 Отравляемость катализатора – \_\_\_\_\_
- 4 Ингибитор – \_\_\_\_\_
- 5 Каталитические реакции \_\_\_\_\_

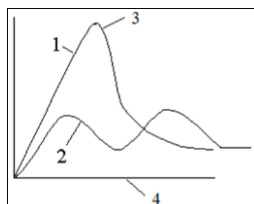
6. Установить соответствие

1	Катализ	а)	вещество, ускоряющее какую-либо химическую реакцию, но остающееся после реакции в неизменном состоянии и количестве
2	катализатор	б)	вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции
3	гомогенный катализатор	в)	ускорение одной целевой реакции из нескольких термодинамически возможных
4	Катализаторы переходного типа	г)	вещества, которые образуют единую фазу с реагирующими веществами.

7. Установить соответствие схем механизма

1	гомогенного катализа	а)	$S + E \xrightleftharpoons{\quad} SE$ $SE \longrightarrow D + E$
2	Ферментативного катализа	б)	$A + K \xrightleftharpoons{\quad} AK$ $AK \rightarrow D + K$
3	Прототропного катализа	в)	$S + BH^+ \xrightleftharpoons{\quad} SH^+ + B$ $SH^+ + B \longrightarrow D + BH^+$
4	Автокаталитической реакции	г)	Нет схемы
5	Протолитического катализа	д)	$A + K \xrightleftharpoons{\quad} AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

8. Установить соответствие



а)	Цифра 1	а)	активированное состояние некатализируемой реакции
б)	Цифра 2	б)	путь реакции
в)	Цифра 3	в)	высота энергетических барьеров некатализируемой реакции
г)	Цифра 4	г)	высота энергетических барьеров катализируемой реакции

9. Установить соответствие

а)	ингибитор	а)	вещество, приводящее к частичной или полной потере активности под действием посторонних примесей
б)	промотор	б)	вещества, которые повышают активность, селективность, устойчивость катализатора, хотя сами могут не обладать каталитическими свойствами.
в)	Каталитический яд	в)	вещество, замедляющее химическую реакцию или прекращающее ее
г)	трегер	г)	термостойкие пористые вещества, на которые тем или иным способом наносят катализаторы.

10 Выпишите последовательность действий при определении энергии активации

1. определить константы скорости при разных температурах
2. построить график зависимости логарифма от обратной температуры
3. определить константу
4. определить тангенс угла наклона

11. Задание на установление последовательности при использовании метода стационарных концентраций

- а) установить, соответствует ли полученное кинетическое уравнение требованиям к кинетическим уравнениям для реакций простых типов;
- б) решая алгебраические уравнения, найти функциональные зависимости концентраций активных промежуточных продуктов от концентраций исходных реагентов и других стабильных компонентов;
- в) исходя из схемы механизма процесса, записать систему кинетических уравнений;
- г) используя полученные функциональные зависимости, найти кинетическое уравнение, не содержащее в правой части концентраций активных промежуточных продуктов;

д) выявить кинетические уравнения накопления высокореакционных промежуточных продуктов и приравнять скорости накопления этих продуктов к нулю.

12. Автокаталитические реакции –это

А) процесс, когда каталитическое действие на реакцию оказывает какой-либо из ее продуктов

Б) процесс, когда каталитическое действие на реакцию оказывают металлы, имеющие частично заполненные d- и f- уровни

В) процесс, когда каталитическое действие на реакцию оказывают энзимы

Г) процесс, когда каталитическое действие на реакцию оказывают вещества кислого или основного характера

13. отравляемость –это

А) количество яда, поступившего с газом на единицу массы катализатора

Б) частичная или полная потеря активности под действием посторонних примесей в реакционной смеси;

В) осаждение на катализаторе твердых продуктов реакции или пыли

Г) свойство вещества, приводящее к частичной или полной потере активности под действием посторонних примесей

14. промотор – это

А) вещество, замедляющее химическую реакции или прекращающее ее

Б) это вещества, которые повышают активность, селективность, устойчивость катализатора, хотя сами могут не обладать каталитическими свойствами.

В) термостойкие пористые вещества, на которые тем или иным способом наносят катализаторы.

Г) вещество, приводящее к частичной или полной потере активности под действием посторонних примесей

15. Активность гетерогенного катализатора зависит от: 1) химического состава, 2) физических характеристик (величин зерен, пористости, размера пор); 3) способа подачи реакционной смеси; 4) характера поверхности. Выберите три правильных ответа:

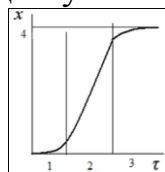
А) 1, 2, 3

Б) 2, 3, 4

В) 1, 3, 4

Г) 1, 2, 4

16 На кинетической кривой для автокаталитической реакции участок индукции указан цифрой:



А) 1

Б) 2

В) 3

Г) 4

## Практическое занятие № 6

### «Определение характеристик катализатора»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №4, в производственных ситуациях.

#### Планируемые результаты обучения:

<b>Знать:</b>	<b>Уметь:</b>	<b>Иметь опыт деятельности:</b>
методики эксперимента для проведения испытаний; наиболее распространенные методы и приемы изучения сложных химических превращений; математическое описание наиболее распространенных моделей химических реакций, лежащих в основе производства композиционных материалов	планировать проведение прикладных и экспериментальных работ определения тех или иных кинетических характеристик, в т.ч. и по получению полимерных материалов, с формулировкой обоснованных исходных данных; обрабатывать, полученные результаты, представлять их в информационном виде; выявлять на основе математических описаний путей управления, оптимизации химических превращений	систематизации и анализа необходимой информации навыками использования наиболее распространенных методов и приемов изучения сложных химических превращений

**Необходимое материально–техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

#### ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ № 6

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы № 4 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №4.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

**1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №4 (входной контроль знаний)**

## 1.1 Проверка опорных конспектов по теме №4

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучающимся записей, внесенных в опорный конспект; работа в парах (студенты обмениваются друг с другом своими опорными конспектами и помогают друг другу дописать пропущенное) и т.д.

## 1.2 Тестирование по теме № 4

1 Гетерогенный катализ – \_\_\_\_\_

2 Промотор – \_\_\_\_\_

3 Активность катализатора – \_\_\_\_\_

4 Отравляемость – \_\_\_\_\_

5 Активная масса \_\_\_\_\_

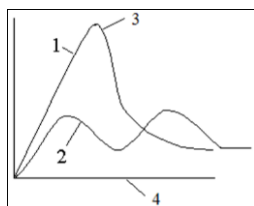
6. Установить соответствие

1	Катализ	а)	вещество, ускоряющее какую-либо химическую реакцию, но остающееся после реакции в неизменном состоянии и количестве
2	катализатор	б)	вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции
3	гомогенный катализатор	в)	ускорение одной целевой реакции из нескольких термодинамически возможных
4	Катализаторы переходного типа	г)	вещества, которые образуют единую фазу с реагирующими веществами.

7. Установить соответствие

1	промотор	а)	вещество, замедляющее химическую реакции или прекращающее ее
2	Каталитический яд	б)	это вещества, которые повышают активность, селективность, устойчивость катализатора, хотя сами могут не обладать каталитическими свойствами
3	ингибитор	в)	термостойкие пористые вещества, на которые тем или иным способом наносят катализаторы.
4	трегер	г)	вещество, приводящее к частичной или полной потере активности под действием посторонних примесей
5	отравляемость	д)	частичная или полная потеря активности под действием посторонних примесей в реакционной смеси;

## 8. Установить соответствие



а)	Цифра 1	а)	активированное состояние некатализируемой реакции
б)	Цифра 2	б)	путь реакции
в)	Цифра 3	в)	высота энергетических барьеров некатализируемой реакции
г)	Цифра 4	г)	высота энергетических барьеров катализируемой реакции

9 Выпишите последовательность действий при определении энергии активации

1. определить константы скорости при разных температурах
2. построить график зависимости логарифма от обратной температуры
3. определить константу
4. определить тангенс угла наклона

10 Задание на установление последовательности при использовании метода стационарных концентраций

а) установить, соответствует ли полученное кинетическое уравнение требованиям к кинетическим уравнениям для реакций простых типов;

б) решая алгебраические уравнения, найти функциональные зависимости концентраций активных промежуточных продуктов от концентраций исходных реагентов и других стабильных компонентов;

в) исходя из схемы механизма процесса, записать систему кинетических уравнений;

г) используя полученные функциональные зависимости, найти кинетическое уравнение, не содержащее в правой части концентраций активных промежуточных продуктов;

д) выявить кинетические уравнения накопления высокорекционных промежуточных продуктов и приравнять скорости накопления этих продуктов к нулю.

11. Катализаторы переходного типа – это

А) вещества, которые образуют единую фазу с реагирующими веществами.

Б) вещества, которые обуславливают протекание реакции на поверхности

В) вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции

Г) вещества, которые обеспечивают протекание реакции при более низких температурах по сравнению с процессами некаталитическими

12. Гетерогенные катализаторы – это

А) вещества, которые образуют единую фазу с реагирующими веществами.

Б) вещества, которые обуславливают протекание реакции на поверхности

В) вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции

Г) вещества, которые обеспечивают протекание реакции при более низких температурах по сравнению с процессами некаталитическими

13 Какое из утверждений неверно

1) вследствие селективности катализаторов (избирательности), продукты катализа оказываются более чистыми, отпадает необходимость в дополнительной очистке и в концентрировании продуктов реакции;

2) снижает производственные расходы исходных компонентов и делает процесс экономичным;

3) каталитические процессы протекают при более низких температурах по сравнению с процессами некаталитическими.

4) Реакции в каталитических реакциях протекают через элементарные стадии, содержащие интермедиаты только с 16 или 18 валентными электронами.

14. Константа Михаэлиса имеет значение в катализе

А) ферментативном

Б) кислотном-основном

В) переходными металлами

Г) гетерогенном

15. Чтобы вещество являлось в реакции положительным катализатором, оно должно обеспечить (какое из утверждений неверно):

1. Энергетический барьер для катализированной реакции ниже, чем для некатализируемой.

2. Тройные соударения одноименно заряженных частиц удастся заменить столкновением

(гораздо чаще происходящим) всего двух частиц.

3. Образование промежуточных комплексов с более высокой энтропией

4. Регенерацию катализаторов

## **2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме № 4**

### **Консультация преподавателя**

Студенты методом мозгового штурма формируют перечень вопросов, которые при самостоятельном освоении темы дома или при тестировании остались для них непонятными или показались сложными и (или) спорными. Преподаватель по результатам тестирова-

ния при необходимости добавляет в сформированный обучающимися список вопросы, которые, с его точки зрения, требуется уточнить или углубить.

Определяя с помощью поднятых рук количество студентов, считающих сложным конкретный вопрос из сформированного списка, преподаватель устанавливает вопросы, по которым сразу же проводит групповую консультацию.

Если в пояснениях нуждаются 1-2 человека, преподаватель индивидуально консультирует их в ходе практического занятия.

### **3. Выполнение обучающимися практических заданий**

На данном практическом занятии выполнение обучающимися практических заданий проводится **по технологии ротации станций.**

Аудитория разделена на 5 станций.

Учебная группа делится на 5 малых групп, в каждой группе – 2 человека.

На станции № 1 группа работает с преподавателем (ответы обучающихся на вопросы преподавателя по изучаемой теме и групповая и (или) индивидуальная консультация).

На станциях № 2-3 группы самостоятельно выполняют одно общее практическое задание.

На станции № 4-5 все члены группы выполняют индивидуальные, но однотипные задания.

Задания на станциях разные. На данном практическом занятии все задания направлены на понимание основных положений темы; анализа и синтеза информации; оценку информации, создание нового на основе полученных знаний, умений и навыков.

Время работы группы на одной станции – 30 минут.

По истечении указанного времени группы переходят по часовой стрелке на следующую станцию для выполнения другого практического задания.

В течение практического занятия каждая группа проходит все станции и выполняет все практические задания.

**Вопросы для работы на станции №1 с преподавателем (по содержанию темы №4, изученному дома самостоятельно)**

1. Ускоряющее действие катализаторов

2. Механизм действия катализаторов.
3. Свойства катализаторов. Отравляемость катализаторов.
4. Селективность катализаторов.
5. Каталитические яды.
6. Обратимая и необратимая отравляемости.
7. Факторы, влияющие на активность катализаторов.
8. Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам и к пористой структуре катализаторов.
9. Типы гетерогенных катализаторов и основные методы их получения.
10. Физическая адсорбция и хемосорбция как стадии гетерогенно-каталитических процессов.
11. Основные стадии гетерогенно-каталитических реакций.
12. Методы получения гетерогенных катализаторов.

### Практическое задание для станции № 2 (общее)

Промышленная установка, работающая на ванадиевом катализаторе ( $V_2O_5$ ), производит в сутки 30000 кг моногидрата  $H_2SO_4$ . Объем катализатора в установке  $0,7 \text{ м}^3$ . Рассчитать активность катализатора.

### Практическое задание для станции № 3 (общее)

При температуре  $T$  (К) на катализаторе была снята изотерма адсорбции криптона, которая характеризуется следующими данными (таблица). Рассчитайте удельную поверхность катализатора, приняв площадь одной молекулы криптона  $q_{Kr}=19,5 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$ , плотность криптона  $3,739 \text{ г/л}$ , давление насыщенного пара криптона  $P_s = 2,57 \text{ мм рт. Ст.}$

Таблица - Результаты адсорбции криптона катализатором

Давление $P$ , мм рт. ст.	0,0992	0,1800	0,3686	0,5680	0,6843
Объем адсорбированного газа 1 кг катализатора, $\text{см}^3/\text{г}$	0,0127	0,0150	0,0176	0,0190	0,0198

### Практические задания для станции №4 (индивидуальные)

Удельную поверхность катализатора определяли количеством вещества  $V$  ( $\text{м}^3/\text{г}$ ), адсорбированным 1 г катализатора при 273 К и различном давлении. Для каждого варианта выполнить следующие задания определите степень заполнения катализатора при давлении  $P$ .

Условия многовариантной задачи

№	Т, К	Катализатор	Адсорбат	$P_1 \cdot 10^{-4}$ , Па	Экспериментальные данные					
					$P \cdot 10^{-3}$ , Па	1,62	5,30	17,3	30,7	44,5
1	273	уголь	$N_2$	2,0						

					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	0,31	0,99	3,04	5,10	6,90
2	273	уголь	$\text{CO}_2$	2,0	$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	4,20	8,10	11,7	16,5	24,0
					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	12,7	21,2	26,4	32,2	38,6
3	278	уголь	$\text{CO}$	5,0	$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	9,80	24,2	41,3	60,0	72,5
					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	2,5	5,6	8,4	11,2	12,9
4	293	уголь	$\text{NH}_3$	5,0	$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	10,5	21,6	42,7	65,6	85,2
					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	60,4	90,3	115,7	127,0	132,4
5	278	$\text{BaF}_2$	$\text{CO}$	5,0	$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	11,3	24,4	44,5	61,0	82,5
					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	2,0	3,7	5,3	6,3	7,3
6	373	уголь	$\text{H}_2$	2,0	$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	27,6	43,4	57,4	72,2	86,1
					$V \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{Г}$	0,45	0,70	0,92	1,14	1,35

### Практические задания для станции №5 (индивидуальные)

Рассчитать активность катализатора по данным, представленным в таблице.

Таблица – Данные для многовариантной задачи

№	Масса вещества, кг	время процесса, час	Масса катализатора, г
1	35000	18	45
2	30000	24	58
3	45000	20	56
4	54000	14	44
5	50000	10	68
6	52000	14	34
7	68000	16	62

### 4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися

#### Защита решений

Каждая группа озвучивает свое решение практического задания той станции, на которой она находится в конце занятия. Другие группы могут внести необходимые дополнения, задать вопросы на уточнение или оспорить предлагаемое решение.

### Практическое занятие № 7

«Типы гетерогенных катализаторов и основные методы их получения»

**Цель практического занятия** – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №4, в производственных ситуациях.

#### Планируемые результаты обучения:

<b>Знать:</b>	<b>Уметь:</b>	<b>Иметь опыт деятельности:</b>
<p>методики эксперимента для проведения испытаний;</p> <p>наиболее распространенные методы и приемы изучения сложных химических превращений;</p> <p>математическое описание наиболее распространенных моделей химических реакций, лежащих в основе производства композиционных материалов</p>	<p>планировать проведение прикладных и экспериментальных работ определения тех или иных кинетических характеристик, в т.ч. и по получению полимерных материалов, с формулировкой обоснованных исходных данных;</p> <p>обрабатывать, полученные результаты, представлять их в информационном виде;</p> <p>выявлять на основе математических описаний путей управления, оптимизации химических превращений</p>	<p>систематизации и анализа необходимой информации</p> <p>навыками использования наиболее распространенных методов и приемов изучения сложных химических превращений</p>

**Необходимое материально–техническое оборудование:** мультимедийный проектор, ноутбук, экран, мобильные устройства преподавателя и обучающихся.

### **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ № 7**

1. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №4.

2. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися. Заслушивание обучающимися рефератов.

Темы рефератов:

1. Промышленные каталитические процессы.
2. Основные методы получения гетерогенных катализаторов
3. Получение гетерогенных катализаторов методом соосаждения
4. Получение гетерогенных катализаторов механическим смешиванием
5. Получение плавных гетерогенных катализаторов
6. Получение гетерогенных катализаторов методом выщелачивания
7. Получение гетерогенных катализаторов методом нанесения активного компонента на носитель.
8. Принципы геометрического и энергетического соответствия реагентов и активных центров

9. Теория активных ансамблей Кобозева.
10. Деактивация и регенерация гетерогенных катализаторов
11. Синтез и технология производства оксидных катализаторов: железохромовых, цинкхромовых, медь-алюминий-цинк оксидных катализаторов; ванадиевых, ванадий титановых, ванадий-вольфрамовых оксидных катализаторов.
12. Краткая характеристика катализаторов гидродеметаллизации.
13. Краткая характеристика катализаторов конверсии углеводородов
14. Краткая характеристика катализаторов синтеза метанола
15. Определение физико-механических характеристик катализаторов.
16. Стадии гетерогенного катализа. Адсорбция как необходимая стадия гетерогенного катализа.
17. Осажденные контактные массы.
- 18 Приготовление катализаторов методом пропитки.
19. Цеолиты и катализаторы на их основе.
20. Способы формования катализаторов.
21. Основные направления развития технологии катализаторов.

#### **5. Текущий контроль успеваемости по теме № 4**

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Иванов, А. М. Введение в кинетику сложных химических реакций : учебное пособие / А. М. Иванов, С. Д. Пожидаева. - Курск : КГТУ, 2002. - 221 с. - ISBN 5-7681-0102-0 :
2. Иванов, А. М. Использование бисерной мельницы для предотвращения и преодоления самопрекращения окислительно-восстановительных и иных процессов с участием оксидов переходных металлов и практические решения на базе такого подхода : [Электронный ресурс] : монография / А. М. Иванов, С. Д. Пожидаева ; Курский государственный технический университет. - Курск : КурскГТУ, 2008. - 316 с. : ил. - Имеется печ. аналог. - ISBN 978-5-7681-04 39-9 :
3. Составление кинетического описания процесса и методы обработки экспериментально получаемых кинетических кривых : методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 18.04.01 - Химическая

технология / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: С. Д. Пожидаева, А. М. Иванов. - Электрон. текстовые дан. (638 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2018. - 18 с.

4. Черепанов, В. А. Химическая кинетика : [учеб. пособие] / в. А. Черепанов, Т. В. Аксенова ; М-во образования и науки рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2016. — 132 с.

5. Байрамов, В. М. Химическая кинетика и катализ : Примеры и задачи с решениями: Учеб. пособие для студентов хим. фак. ун-тов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / В.М. Байрамов. - Москва : Academia, 2003 (ГУП Саратов. полигр. комб.). - 316, [3] с. : ил.; 22 см. - (Высшее образование).; ISBN 5-7695-1293-8 (в пер.)

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема № 4 «Гетерогенный катализ»	3
Практическое занятие № 7 «Определение характеристик катализатора»	10
Практическое занятие № 8 «Типы гетерогенных катализаторов и основные методы их получения»	16
Библиографический список	18