
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 3: 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. – 28 с.:– Библиогр.: с. 27.

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. 1,575 Уч.-изд.л. 1,47 Тираж 35 экз. Заказ 485. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

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

ТЕМА № 3 «Гомогенный катализ»

І. ДИСТАНЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Задания, выполняемые до начала первого практического занятия по теме № 3

1. Внеаудиторная (домашняя) самостоятельная работа обучающихся по освоению основных положений темы № 3: 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 № 3 «Гомогенный катализ»

1. Запоминаем главное

1.1 Впишите пропущенные слова:

Катализатор – это _____

Кислотно-основный общий катализ – это _____

Константа Михаэлиса – это _____

Кислотно-основный специфический катализа – это _____

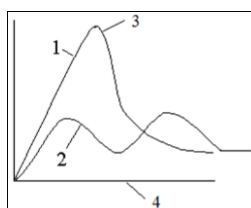
1.2 Укажите стрелочками соответствия

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 гомогенного катализатора

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

2. Создаем банк терминов

2.1 Выпишите основные термины и понятия по теме

№	Термин	Определение
1	Автокаталитические реакции	
2	Катализ ферментами	
3	Катализ переходными металлами	
4	Кислотно-основный катализ	
5	Контактная масса	
6	Константа Михаэлиса	
7	Прототропный механизм	
8	Ферментативный катализ	
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 №3

1.4 Посмотрите **мультимедийную презентацию** по теме №3 «Гомогенный катализ» в ходе чтения текста (параллельно с ним).

Обратите внимание на особенности определения порядка сложных многостадийных реакции.

1.4 Посмотрите **видеоролик** по теме № 3 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**:

0. Варианты катализа и их характеристика.
 1. Кинетика реакций с кислотным катализом в рамках схемы прототропного механизма.
 2. Кислотно-основной катализ как функция силы кислоты или основания.
 3. Уравнения Бренстеда и их смысл.
 4. Кислотно-основной катализ в концентрированных растворах.
 5. Кислотные функции как фактор корреляции кислотно-основного катализа.
 6. Ферментативный катализ.
 7. Константа Михаэлиса и ее смысл.
 8. Простейшая схема механизма ферментативного катализа и ее кинетическое описание.
 9. Смысл и структура кислотных функций.
 10. Смысл и структура кислотных функций.
 11. Уравнения Бренстеда как частный случай корреляционных уравнений Гаммета.
 12. Нахождение кинетических параметров реакций с ферментативным катализом.
 13. Кислотно-основной катализ и его разновидности.
 14. Эффективная константа скорости и ее структура для специфического и общего кислотно-основного катализа.
 15. Зависимость эффективной константы скорости от pH и их интерпретация.

16 Кинетика реакций с кислотным катализом в рамках схемы протолитического механизма.

17. Варианты катализа и их характеристика

18 Классификация каталитических реакций.

19 Основные схемы механизмов гомогенного катализа.

20 Катализатор и индуктор. Понятия и определения.

21 Основные причины повышения скорости каталитических реакций.

22 Кислотно-основный катализ в концентрированных растворах.

23 Кислотные функции как фактор корреляции кислотно-основного катализа.

24 Нахождение кинетических параметров реакций с ферментативным катализом.

1.6 Возьмите с собой на практическое занятие свой **опорный конспект** по теме № 3.

1.7 Выполните **входное тестирование** по теме №3.

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 3:

1 Гомогенный катализ – _____

2 Простейшая схема ферментативного катализа – _____

3 Прототропный механизм – _____

4 Ингибитор – _____

5 Каталитические реакции _____

6. Установить соответствие

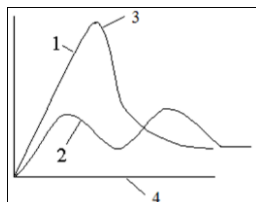
1	Катализ	а)	вещество, ускоряющее какую-либо химическую реакцию, но остающееся после реакции в неизменном состоянии и количестве
2	катализатор	б)	вещества, которые находятся в коллоидном состоянии при протекании реакции
3	гомогенный катализатор	в)	ускорение одной целевой реакции из нескольких термодинамически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

7. Установить соответствие схем механизма

1	гомогенного катализа	а)	$S + E \rightleftharpoons SE$ $SE \longrightarrow D + E$
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	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

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

13. Гомогенный катализ переходными металлами –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 ферменты
- Г) процесс, когда каталитическое действие на реакцию оказывают вещества кислого или основного характера

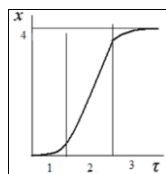
14. Ферментативный катализ –это

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

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

II. АУДИТОРНАЯ ЧАСТЬ

Практическое занятие № 4

«Описания гомогенно-каталитических реакций с использованием метода Боденштейна»

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

Планируемые результаты обучения:

Знать:	Уметь:	Иметь опыт деятельности:
<p>методики эксперимента для проведения испытаний; 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 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 № 4

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

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №3 (входной контроль знаний)

1.1 Проверка опорных конспектов по теме №3

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

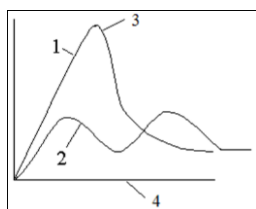
- 1 Гомогенный катализ – _____
 - 2 Затравка – _____
 - 3 Ферментативный катализ – _____
 - 4 Метод стационарных концентраций – _____
 - 5 Каталитические реакции _____
6. Установить соответствие

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)	$S + E \rightleftharpoons SE$ $SE \longrightarrow D + E$
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)	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

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 высокорекреационных промежуточных продуктов и приравнять скорости накопления этих продуктов к нулю.

11. Наиболее распространенными гомогенными катализаторами являются (выбрать правильный ответ)

1) кислоты и основания, ионы переходных металлов, биологические катализаторы

2) ферменты, алюмосиликаты, оксиды

3) гранулы, сетка, таблетки

4) d- элементы способные образовывать прочные связи σ -типа с некоторыми весьма реакционноспособными соединениями в мягких условиях

12. Гомогенный катализ переходными металлами –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. Ферментативный катализ –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

14 Какое из утверждений верно:

По принципу фазового состояния реагентов и катализаторов каталитические процессы делят на

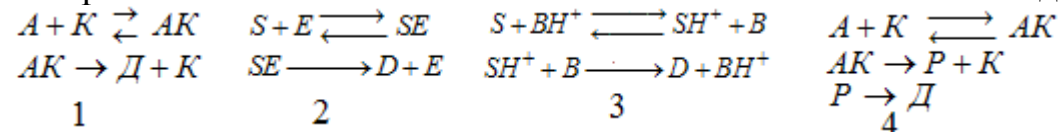
1) гомогенные, гетерогенные, переходный

2) кислотные, основные, амфотерные

3) металлы Pt, Fe, Ni, Co, V; оксиды, алюмосиликаты

4) обратимой отравляемости, необратимой отравляемости

15 Простейшая схема механизма гомогенного катализа имеет вид



Выберите правильный ответ А) 1, 4 Б) 1, 2 В) 3, Г) 1, 2, 3, 4

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 тестирования 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 4 станции.

Учебная группа делится на 4 малые группы, в каждой группе – 2-4 человек.

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

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

На станциях № 3-4 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 – 40 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.

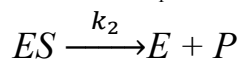
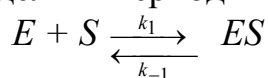
Вопросы для работы на станции №1 с преподавателем (по содержанию темы №3, изученному дома самостоятельно)

1. Катализ и каталитические реакции. Понятия и определения.
2. Классификация каталитических реакций.
3. Основные схемы механизмов гомогенного катализа.
4. Катализатор и индуктор. Понятия и определения.
5. Основные причины повышения скорости каталитических реакций.
6. Кислотно-основный катализ и его разновидности.
7. Эффективная константа скорости и ее структура для специфического и общего кислотно-основного катализа.
8. Зависимость эффективной константы скорости от pH и их интерпретация.
9. Кинетика реакций с кислотным катализом в рамках схемы протолитического механизма.
10. Варианты катализа и их характеристика.
11. Кинетика реакций с кислотным катализом в рамках схемы прототропного механизма.

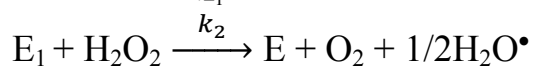
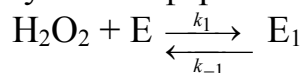
Практическое задание для станции № 2 (общее)

Запишите выражение для скорости накопления этана, используя метод стационарных концентраций

1. Для реакции, катализируемой ферментом E, протекающей по схеме, определить период индукции ($[E]_{\tau=0} = [E]_0$; $[S] = S$)



2. Каталитическое разложение перекиси водорода в водных растворах в присутствии фермента каталазы (E) происходит по схеме

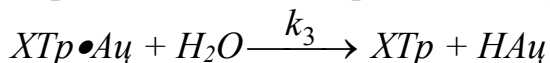
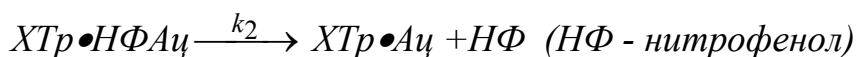
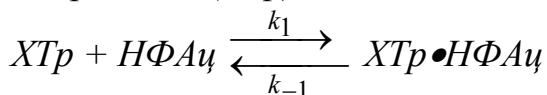


Символом E_1 обозначен нестабильный интермедиат. Найти порядок реакции по концентрации перекиси водорода и фермента. Найти скорость реакции при $[H_2O_2] = 0,01M$, $k_1 = k_2 = 100 M^{-1}c^{-1}$; $k_{-1} = 10^{-1} c^{-1}$. Концентрация фермента $10^{-7} M$.

Практические задания для станции №3 (индивидуальные)

Используя метод Боденштейна, упростите кинетическое описание химического превращения, протекающего с участием активных промежуточных продуктов.

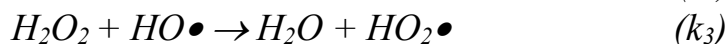
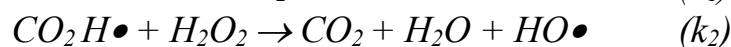
1. Ферментативный гидролиз п-нитрофенилацетата под действием хитотрипсина (XTr).



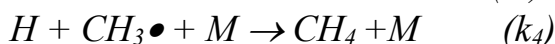
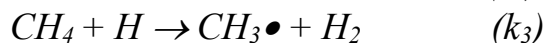
2. Ферментативная реакция, схема механизма которой описана ниже.



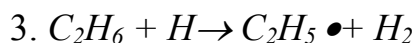
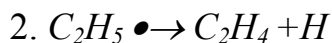
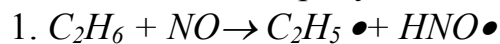
3. Фотохимический распад перекиси водорода в присутствии окиси углерода:



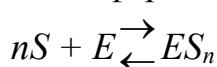
4. Гомогенный гомофазный пиролиз метана



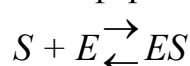
5. Разложение этана в присутствии окиси азота.

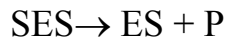
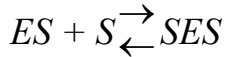
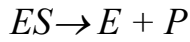


6. Сложная ферментативная реакция:

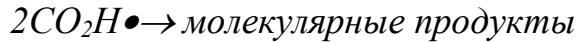
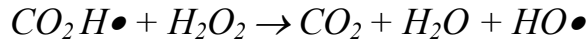
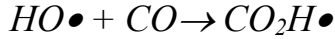
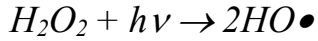


7. Сложная ферментативная реакция:

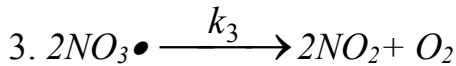
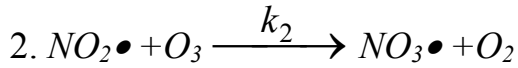
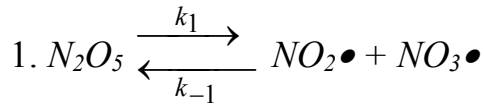




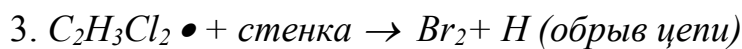
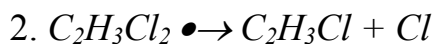
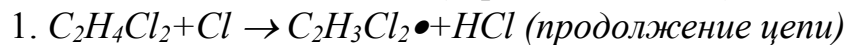
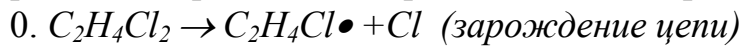
8. Фотолитический распад перекиси водорода в присутствии окиси углерода:



9. Катализируемый N_2O_5 цепной распад озона в газовой фазе:



10. Термический распад дихлорэтана в газовой фазе.



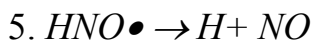
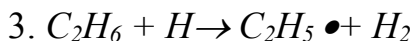
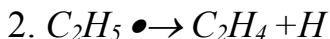
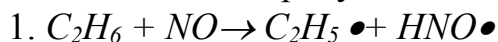
Практические задания для станции №4 (индивидуальные)

1. Запишите выражение для скорости всех компонентов (по вариантам)

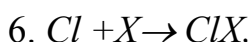
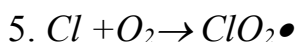
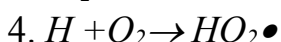
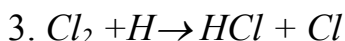
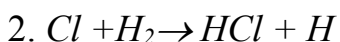
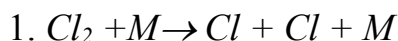
№	Схема процесса	№	Схема процесса
1	$ \begin{array}{c} \uparrow A_3 \\ A_1 \rightleftharpoons A_2 \rightarrow A_4 \rightleftharpoons A_6 \\ \downarrow A_5 \end{array} $	6	$ \begin{array}{c} \uparrow A_2 \\ A_1 \rightarrow A_3 \begin{array}{l} \nearrow A_5 \rightarrow A_6 \\ \searrow A_4 \end{array} \end{array} $
2	$ A_1 \rightleftharpoons A_2 \begin{array}{l} \nearrow A_3 \rightarrow A_5 \\ \searrow A_4 \rightleftharpoons A_6 \end{array} $	7	$ \begin{array}{c} \uparrow A_2 \\ A_1 \rightarrow A_3 \begin{array}{l} \nearrow A_4 \rightleftharpoons A_5 \\ \searrow A_6 \end{array} \end{array} $
3	$ \begin{array}{c} \uparrow A_2 \\ A_5 \rightleftharpoons A_1 \rightleftharpoons A_3 \rightleftharpoons A_4 \rightleftharpoons A_6 \end{array} $	8	$ \begin{array}{c} \uparrow A_2 \\ A_4 \rightleftharpoons A_1 \rightleftharpoons A_3 \\ \downarrow A_5 \rightleftharpoons A_6 \end{array} $
4	$ A_1 \rightarrow A_2 \begin{array}{l} \nearrow A_3 \rightarrow A_6 \\ \searrow A_4 \rightarrow A_5 \end{array} $	9	$ \begin{array}{c} \uparrow A_2 \rightarrow A_3 \\ A_1 \begin{array}{l} \nearrow A_6 \\ \searrow A_4 \rightarrow A_5 \end{array} \end{array} $
5	$ A_1 \rightarrow A_2 \rightleftharpoons A_3 \rightarrow A_4 \rightleftharpoons A_5 \rightarrow A_6 $	10	$ A_1 \rightleftharpoons A_2 \rightleftharpoons A_3 \begin{array}{l} \nearrow A_4 \rightleftharpoons A_6 \\ \searrow A_5 \end{array} $

2. Записать кинетические уравнения накопления (расходования) всех входящих в систему компонентов

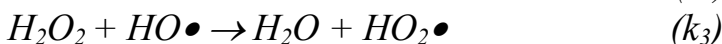
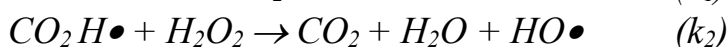
1 Разложения этана в присутствии окиси азота.



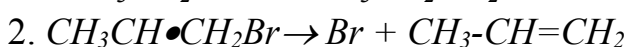
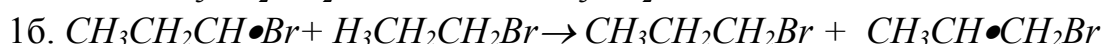
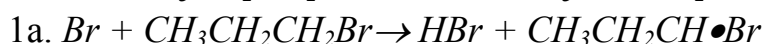
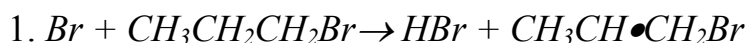
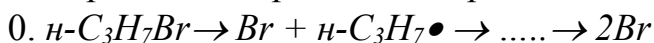
2 Термического взаимодействия хлора с водородом в присутствии кислорода.



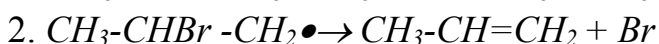
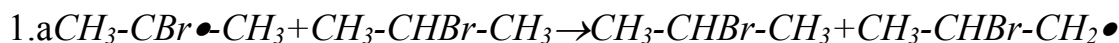
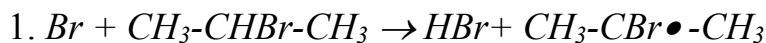
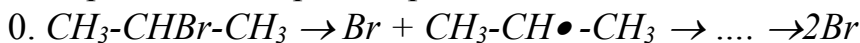
3 Фотохимического распада перекиси водорода в присутствии окиси углерода:



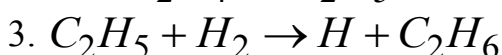
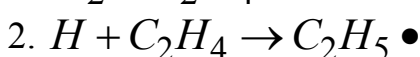
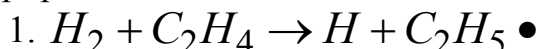
4 Цепного распада н-бромистого пропила.

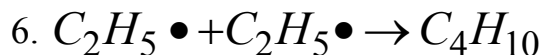
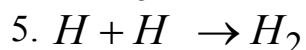
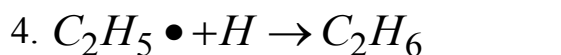


5 Цепного распада изопропилбромида.

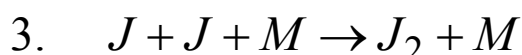
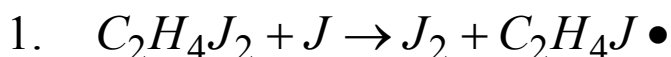
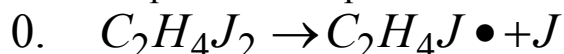


6 Гидрирования этилена.

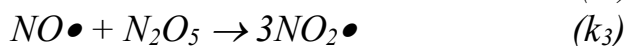
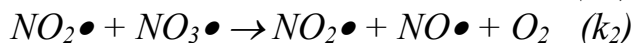
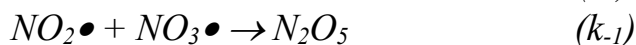
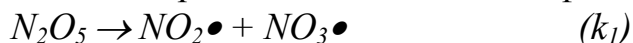




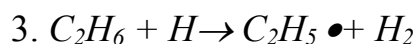
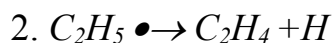
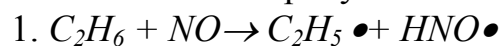
7 Механизм термического распада дийодэтана:



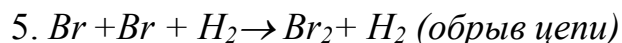
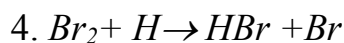
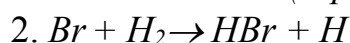
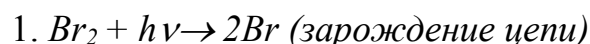
8 Термического распада N_2O_5 в газовой фазе:



9 Разложения этана в присутствии окиси азота.



10. Фотосенсибилизированного взаимодействия брома с водородом в избытке водорода при 423К развивающегося по цепному механизму в соответствии со следующей схемой:



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 № 5

«Определение коэффициентов в уравнении Бренстеда»

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

Планируемые результаты обучения:

Знать:	Уметь:	Иметь опыт деятельности:
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 №5

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 Ферментативный катализ – это – _____
- 2 Уравнения Бренстеда – это – _____
- 3 Кислотно-основной катализ как функция силы кислоты – _____
- 4 Кислотные функции а катализе – это – _____
- 5 Корреляционные уравнения Гаммета – это – _____

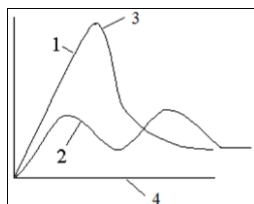
6. Установить соответствие

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)	$S + E \rightleftharpoons SE$ $SE \longrightarrow D + E$
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)	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

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 высокореакционных промежуточных продуктов и приравнять скорости накопления этих продуктов к нулю.

11. При ферментативном катализе нулевой порядок по концентрации субстрата будет наблюдаться при

- А) $[S] \ll K_M$ Б) $[S] \gg K_M$ В) $[S] = K_M$ Г) никогда

12. S - в уравнении $SH^+ + H_2O \rightarrow S + H_3O^+$, это

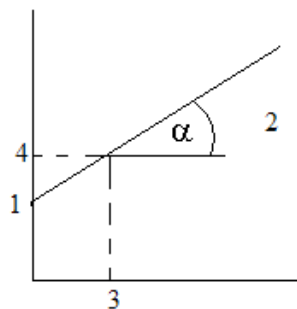
- А) молекула субстрата Б) молекула растворителя
В) протонизированный субстрат Г) акцептор

13. Константа Михаэлиса имеет значение в катализе

- А) ферментативном Б) кислотно-основном
В) переходными металлами Г) гетерогенном

14

На графике зависимости величины обратной скорости от обратной концентрации субстрата максимальную скорость можно определить, зная значение в точке



15. Кислотно-основной катализ –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

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 тестирования 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 3 станции.

Учебная группа делится на 3 малые группы, в каждой группе – 3-5 человек.

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

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

На станции № 3 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 – 20 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. Смысл и структура кислотных функций.
2. Уравнения Бренстеда как частный случай корреляционных уравнений Гаммета.
3. Нахождение кинетических параметров реакций с ферментативным катализом.
4. Автокаталитические реакции.
5. Нахождение кинетических параметров автокаталитических реакций.
6. Корреляционные уравнения Гаммета и Тафта и их смысл.
7. Кислотно-основный катализ в концентрированных растворах.
8. Кислотные функции в кислотно-основном катализе.
9. Специфический кислотно-основный катализ
10. Общий кислотно-основный катализ

Практическое задание для станции № 2 (общее)

Константа скорости реакции гидролиза эфира изменяется с концентрацией ионов следующим образом

$[H^+]$, моль/л	0,00046	0,00087	0,00158	0,00323
k , (л/моль·с)	0,0168	0,0320	0,0578	0,1218

Определите кислотную каталитическую константу k_a

Практические задания для станции №3 (индивидуальные)

Вариант 1 Реакция мутаротации глюкозы имеет первый порядок по концентрации глюкозы и катализируется кислотами (А) и основаниями (В). Константа скорости реакции можно определить как

$$k = k_0 + k_H [H^+] + k_A [A] + k_B [B]$$

Для этой реакции при 291 К в среде, содержащей 0,02 моль/л ацетата натрия и различные концентрации уксусной кислоты получены данные

	[H ⁺], моль/л	0,020	0,105	0,199
	k , (л/моль·с)	1,36	1,40	1,46
2	[H ⁺], моль/л	0,012	0,052	0,102
	k , (л/моль·с)	2,75	2,84	1,94
3	[H ⁺], моль/л	0,01	0,02	0,04
	k , (л/моль·с)	1,23	1,95	2,6

Рассчитайте k_0 и k_A . В этих условиях k_H пренебрежимо мала.

Вариант 2. Реакция мутаротации глюкозы имеет первый порядок по концентрации глюкозы и катализируется кислотами (А) и основаниями (В). Если в качестве катализатора используется хлорная кислота, то концентрацию ионов H⁺ можно считать равной концентрации хлорной кислоты, а влиянием перхлорат-иона можно пренебречь, т.к. он является очень слабым основанием. Были получены следующие данные

1	[H ⁺], моль/л	0,001	0,005	0,0099	0,0192	0,0300	0,0400
	k , (л/моль·с)	1,25	1,38	1,53	1,90	2,15	2,59
2	[H ⁺], моль/л	0,0011	0,0045	0,0101	0,0200	0,0299	0,0410
	k , (л/моль·с)	0,02	0,023	0,026	0,032	0,036	0,043
3	[H ⁺], моль/л	0,01	0,05	0,12	0,22	0,32	0,041
	k , (л/моль·с)	0,022	0,024	0,027	0,030	0,037	0,040

Рассчитайте k_0 и k_H .

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 № 6

«Катализ ферментами. Необратимые ингибиторы»

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

Планируемые результаты обучения:

Знать:	Уметь:	Иметь опыт деятельности:
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. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №4.

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

Темы рефератов:

1. Классификация ингибиторов. Обратимые и необратимые ингибиторы.

2. Использование ферментов в промышленности.

3. Методы определения ферментативной активности.

4. Определение констант ингибирования и графическое представление результатов ингибирования.
5. Методы определения аминокислот в активном центре ферментов и установления их роли в каталитическом действии.
6. Стабильность ферментов. Денатурация и инактивация ферментов. Принципы стабилизации ферментов.
7. Химическая модификация ферментов. Виды ферментных препаратов.
8. Применение ферментов в химическом синтезе.
9. Биосинтез и сборка ферментов.
10. Использование генноинженерных методов для определения аминокислот в активном центре фермента.
11. Структура, механизм действия и регуляция активности ферментов.
12. Биосенсоры.
13. Инженерия биокатализаторов и биокаталитических систем.
14. Биотехнологическое применение ферментов.
15. Перспективы исследований ферментов.

5. Текущий контроль успеваемости по теме № 3

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 978-5-7681-0439-9 :
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 № 3 «Гомогенный катализ»	3
Практическое занятие № 4 «Описания гомогенно-каталитических реакций с использованием метода Боденштейна»	10
Практическое занятие № 5 «Определение коэффициентов в уравнении Бренстеда»	20
Практическое занятие № 6 «Катализ ферментами. Необратимые ингибиторы»	26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	27