

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 5: 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. – 18 с.:– Библиогр.: с. 17.

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

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Текст печатается в авторской редакции

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

Усл. печ. л. 1,01 Уч.-изд.л. 0,95 Тираж 35 экз. Заказ ~~488~~ Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

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

ТЕМА № 5 «Современные теории функционирования катализаторов»

I. ДИСТАНЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Задания, выполняемые до начала первого практического занятия по теме №5

1. Внеаудиторная (домашняя) самостоятельная работа обучающихся по освоению основных положений темы № 5: 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 № 5 «Современные теории функционирования катализаторов»

1. Запоминаем главное

1.1 Впишите пропущенные слова:

Энергия активации – это _____

Координаты Аррениуса – это _____

Уравнение Гаммета – это _____

Полярная константа заместителя – это _____

1.2 Укажите стрелочками соответствия

1	Уравнение Тафта	а)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma\rho$
2	Уравнение Гаммета	б)	$\bar{\Delta}^2 = 2D\tau$
3	Уравнение Кикрвуда	в)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma^* \rho^*$
4	Уравнение Эйнштейна	г)	$\ln k = \ln k_0 - \frac{Z_A Z_B e^2}{\epsilon d_{AB} kT}$

Установите соответствие

а)	вторичный солевой эффект	а)	$1) \quad AB + h\nu \xrightleftharpoons[k_2']{k_1'} A...B^*$ $2) \quad A...B^* + S \xrightarrow{k_3} AB + S^*$ $3) \quad A...B^* \xrightleftharpoons[k_5']{k_4'} A + B$
б)	эстафетная передача радикалов	б)	С увеличением ионной силы скорость реакции между разноименно заряженными ионами падает, а между одноименно заряженными возрастает
в)	первичный солевой эффект	в)	взаимодействие молекулы RX с соответствующим радикалом R^\bullet в соответствии с уравнением $R^\bullet + RX \rightleftharpoons RX + R^\bullet$
г)	Эффект клетки	г)	Изменение скорости реакции при изменении ионной силы раствора, происходящее в результате изменения концентрации какого-либо из участвующих в реакции ионов

1.3 Укажите стрелочкой одно наиболее точное соответствие:

уравнения Гаммета	устанавливают связь между константами равновесия и константами скоростей реакции мета- и паразамещенных бензола с аналогичными характеристиками для незамещенного соединения
	Корреляционные уравнения
	- уравнения, согласно которым константа скорости для одного из соединений определенной серии может быть рассчитана из значения константы равновесия
	применимы с очень малой ошибкой к большому числу констант скоростей реакций

1.4 Перечислите факторы, влияющие на скорость реакции

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

2. Создаем банк терминов

2.1 Выпишите основные термины и понятия по теме

№	Термин	Определение
1	Эффект клетки	
2	Корреляционные уравнения Гаммета	
3	Эстафетная передача цепи	

4	Уравнение Кирквуда	
5	Уравнение Тафта	
6	Вторичный солевой эффект	
7	Первичный солевой эффект	
8	Уравнение Аррениуса	
9	Основной катализ	
10	Общий катализ	

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 трансформационных коэффициентов для определения энергии активации

- 1) построить кинетические кривые на одном графике;
- 2) определить время, отвечающее достижению одной концентрации;
- 3) рассчитать трансформационные коэффициенты;
- 4) провести прямую, пересекающую все 5 кривых;
- 5) провести процесс с одинаковой загрузкой компонентов при разной температуре;
- 6) построить график в логарифмических координатах;
- 7) определит тангенс угла;
- 8) рассчитать энергию активации

3. Сформулируйте для себя, на что стоит обратить внимание при изучении материала по теме №5

1.4 Посмотрите **мультимедийную презентацию** по теме № 5 «Современные теории функционирования катализаторов» в ходе чтения текста (параллельно с ним). Обратите внимание на особенности определения порядка сложных многостадийных реакции.

1.4 Посмотрите **видеоролик** по теме № 5 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**:

1. Перечислите наиболее распространенные методы определения энергии активации.
2. Как выражается зависимость скорости реакции от температуры?
3. Что такое температурный коэффициент скорости реакции?
4. Назовите эмпирическое правило Вант-Гоффа и какова область его применения?
5. Запишите уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной формах.
6. Что такое энергия активации химической реакции?
7. Что такое истинная и кажущаяся энергия активации?

1.6 Возьмите с собой на практическое занятие свой **опорный конспект** по теме № 5.

1.7 Выполните **входное тестирование** по теме №5.

Ответьте на вопросы и выполните задания в тестовой форме по теме № 5:

- 1 Эффект клетки – _____
2. Корреляционные уравнения Гаммета– _____
- 3 Эстафетная передача цепи– _____
- 4 Уравнение Кирквуда – _____
- 5 Уравнение Тафта– _____
- 6 Вторичный солевой эффект– _____
- 7 Первичный солевой эффект– _____
- 8 Уравнение Аррениуса– _____

9. Установить соответствие

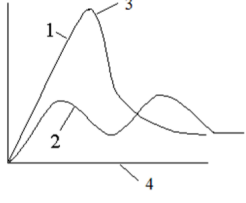
1	Уравнение Тафта	а)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma \rho$
2	Уравнение Гаммета	б)	$\overline{\Delta}^2 = 2D\tau$
3	Уравнение Кирквуда	в)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma^* \rho^*$
4	Уравнение Эйнштейна	г)	$\ln k = \ln k_0 - \frac{Z_A Z_B e^2}{\epsilon d_{AB} kT}$

10. 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	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$
---	---------------------------	---	--

11. 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

12. Установить соответствие

а)	вторичный солевой эффект	а)	$1) AB + H_2O \xrightleftharpoons[k'_2]{k'_1} A \dots B^*$ $2) A \dots B^* + S \xrightarrow{k_3} AB + S^*$ $3) A \dots B^* \xrightleftharpoons[k'_5]{k'_4} A + B$
б)	эстафетная передача радикалов	б)	С увеличением ионной силы скорость реакции между разноименно заряженными ионами падает, а между одноименно заряженными возрастает
в)	первичный солевой эффект	в)	взаимодействие молекулы RX с соответствующим радикалом R^\bullet в соответствии с уравнением $R^\bullet + RX \rightleftharpoons RX + R^\bullet$
г)	Эффект клетки	г)	Изменение скорости реакции при изменении ионной силы раствора, происходящее в результате изменения концентрации

13. 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

14. Выпишите последовательность действий при использовании метода трансформационных коэффициентов для определения энергии активации

- 1) построить кинетические кривые на одном графике;
- 2) определить время, отвечающее достижению одной концентрации;
- 3) рассчитать трансформационные коэффициенты;

- 4) провести прямую, пересекающую все 5 кривых;
- 5) провести процесс с одинаковой загрузкой компонентов при разной температуре;
- 6) построить график в логарифмических координатах;
- 7) определит тангенс угла;
- 8) рассчитать энергию активации

15. В уравнении Гаммета $\lg k = \lg k_0 + \sigma \rho$ — это

- А) константа скорости для соединения, имеющего заместители в мета- или параположении;
- Б) константы равновесия для соединения, имеющего заместители в мета- или параположении;
- В) константа равновесия реакции незамещенного соединения
- Г) константа реакции, которая изменяется с типом реакции и с внешними условиями ее проведения

16. Уравнения Тафта применимы

- А) к реакциям с участием гомологов алифатического ряда
- Б) для соединений, имеющего заместители в мета- или параположении замещенных бензола
- В) катализу гомологическими сериями кислот и оснований.
- Г) для объяснения механизма действия катализаторов электронной теории катализа

17. Разница в уравнении Тафта определяет

$$\sigma^* = \frac{1}{2,5} \left[\lg \left(\frac{k}{k_0} \right)_{\text{цел}} - \lg \left(\frac{k}{k_0} \right)_{\text{кисл}} \right]$$

- А) индукционный эффект; Б) суммарно индукционный и стерический эффект;
- В) стерический эффект; Г) не имеет смысла

II. АУДИТОРНАЯ ЧАСТЬ

Практическое занятие № 9

«Определение энергии активации каталитических реакций»

Цель практического занятия – приобретение обучающимися практического опыта в применении знаний, полученных при самостоятельном освоении темы №5, 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 № 9

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы № 5 (входной контроль знаний).
2. Уточнение и (или) углубление отдельных вопросов по теме №5.
3. Выполнение обучающимися практических заданий.
4. Проверка практических заданий, выполненных обучающимися.

1. Входной контроль качества освоения обучающимися основных положений темы №5 (входной контроль знаний)

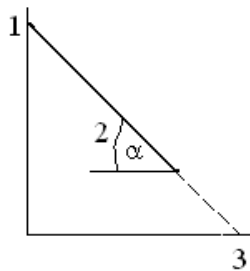
1.1 Проверка опорных конспектов по теме №5

Проверка опорных конспектов по теме организуется преподавателем различными способами: демонстрация всеми обучающимися своих опорных конспектов; зачитывание вслух одним обучаю-

щимся 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.

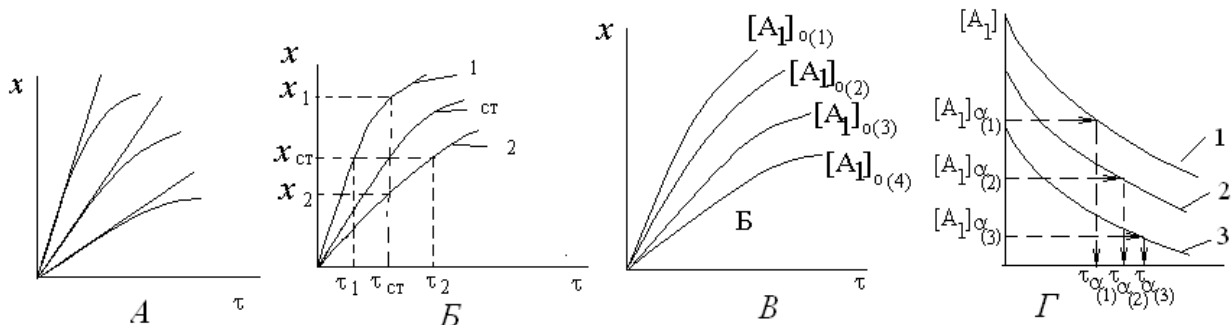
1.2 Тестирование по теме № 5

- 1 Уравнение Аррениуса – _____
- 2 Энергия активации – _____
- 3 Правило Вант-Гоффа – _____
4. Для определения энергии активации по уравнению Аррениуса графическим методом используют величину, определенную по графику и отмеченную цифрой



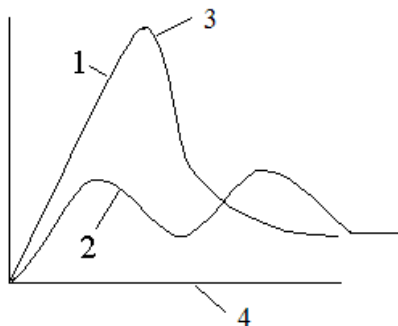
- А) 2
- Б) 3
- В) 1
- Г) не представлено

5. Какой из перечисленных ниже графиков не относится и не отражает сущность метода трансформационных коэффициентов



А Г Б В

6. На рисунке под цифрой 2 следует считать



- А) высота энергетических барьеров катализированной реакции
- Б) энергия реакции
- В) высота энергетических барьеров некатализированной реакции
- Г) путь реакции

7. Для сложных реакций, не подчиняющихся уравнению Аррениуса, энергию активации можно определить

- А) путем определения тангенса угла наклона касательной к кривой, полученной в Аррениусовских координатах

Б) путем определения тангенса угла наклона прямой, полученной в Аррениусовских координатах

В) невозможно посчитать графическим путем

8. Определение энергии активации по температурному ходу основано на
А) на нахождении трансформационных коэффициентов и построении их зависимости от обратной температуры;

Б) путем определения тангенса угла наклона прямой, полученной в Аррениусовских координатах

В) путем определения тангенса угла наклона касательной к кривой, полученной в Аррениусовских координатах

Г) невозможно

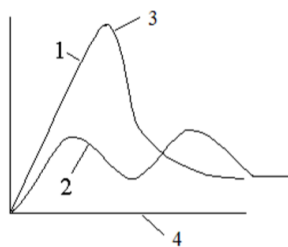
9. Установить соответствие

1	Уравнение Гафта	а)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma \rho$
2	Уравнение Гаммета	б)	$\bar{\Delta}^2 = 2D\tau$
3	Уравнение Кикрвуда	в)	$\lg K = \lg K_0 + \sigma^* \rho^*$
4	Уравнение Эйнштейна	г)	$\ln k = \ln k_0 - \frac{Z_A Z_B e^2}{\epsilon d_{AB} kT}$

10. 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)	$A + K \rightleftharpoons AK$ $AK \rightarrow P + K$ $P \rightarrow D$

11. 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

12 Установить соответствие

а)	вторичный солевой эффект	а)	$1) \quad AB + h\nu \xrightleftharpoons[k_2']{k_1'} A \dots B^*$ $2) \quad A \dots B^* + S \xrightarrow{k_3} AB + S^*$ $3) \quad A \dots B^* \xrightleftharpoons[k_5']{k_4'} A + B$
б)	эстафетная передача радикалов	б)	С увеличением ионной силы скорость реакции между разноименно заряженными ионами падает, а между одноименно заряженными возрастает
в)	первичный солевой эффект	в)	взаимодействие молекулы RX с соответствующим радикалом R^\bullet в соответствии с уравнением $R^\bullet + RX \rightleftharpoons RX + R^\bullet$
г)	Эффект клетки	г)	Изменение скорости реакции при изменении ионной силы раствора, происходящее в результате изменения концентрации какого-либо из участвующих в реакции ионов

13 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

14 Выпишите последовательность действий при использовании метода трансформационных коэффициентов для определения энергии активации

- 1) построить кинетические кривые на одном графике;
- 2) определить время, отвечающее достижению одной концентрации;
- 3) рассчитать трансформационные коэффициенты;
- 4) провести прямую, пересекающую все 5 кривых;
- 5) провести процесс с одинаковой загрузкой компонентов при разной температуре;
- 6) построить график в логарифмических координатах;
- 7) определит тангенс угла;
- 8) рассчитать энергию активации

15. В уравнении Гаммета k – это

$$\lg k = \lg k_0 + \sigma\rho$$

А) константа скорости для соединения, имеющего заместители в мета- или пароположении;

Б) константы равновесия для соединения, имеющего заместители в мета- или пароположении;

В) константа равновесия реакции незамещенного соединения

Г) константа реакции, которая изменяется с типом реакции и с внешними условиями ее проведения

16. Уравнения Тафта применимы

А) к реакциям с участием гомологов алифатического ряда

Б) для соединений, имеющего заместители в мета- или пароположении замещенных бензола

В) катализу гомологическими сериями кислот и оснований.

Г) для объяснения механизма действия катализаторов электронной теории катализа

17. Разница в уравнении Тафта определяет

$$\sigma^* = \frac{1}{2,5} \left[\lg \left(\frac{k}{k_0} \right)_{\text{цел}} - \lg \left(\frac{k}{k_0} \right)_{\text{кисл}} \right]$$

А) индукционный эффект;

Б) стерический эффект;

В) суммарно индукционный и стерический эффект;

Г) не имеет смысла

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 3 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 станции № 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 – 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 №5, изученному дома самостоятельно)

1. Перечислите наиболее распространенные методы определения энергии активации.

2. Как выражается зависимость скорости реакции от температуры?

3. Что такое температурный коэффициент скорости реакции?

4. Назовите эмпирическое правило Вант-Гоффа и какова область его применения?

5. Запишите уравнение Аррениуса в дифференциальной и инте-

гальной формах.

6. Что такое энергия активации химической реакции?

7. Что такое истинная и кажущаяся энергия активации?

8. Как находится энергия активации химической реакции по экспериментальным данным?

Практическое задание для станции № 2 (общее)

Определить энергию активации образования метилэтилового эфира в растворе этилового спирта, воспользовавшись данными, представленными в таблице.

Температура, °С	0	6	12	18	24	30
$k \cdot 10^5$ л/моль·с	5,6	11,8	24,5	48,8	100	208

Практические задания для станции №3 (индивидуальные)

По представленным в таблице данным определить энергию активации.

№	Условия					
1	T, °С	30	40	50	60	70
	k, л/моль·мин	0,05	0,11	0,22	0,40	0,60
2	T, °С	550	580	600	620	630
	$10^5 k$, 1/с	2,5	8,20	23,1	92,4	141,5
3	T, °С	560	590	610	630	640
	$10^3 k$, 1/с	4,70	12,3	57,6	92,4	141,5
4	T, °С	0	12	18	24	30
	$10^5 k$, м ³ ·кмоль ⁻¹ ·с ⁻¹	5,6	24,5	48,8	100	208
5	T, °С	30	40	50	60	70
	k, л·моль ⁻¹ ·с ⁻¹	0,5	1,1	2,2	4	6
6	T, °К	273	293	298		
	k, л/моль·мин	1,17	5,08	6,56		
7	T, °С	6	12	18	25	32
	$10^5 k$, 1/с	11,8	22	50	105	205
8	T, °К	273,2	293,2	313,2	333,2	
	$k \cdot 10^5$	2,46	47,5	576	5480	
9	T, °К	823	853	873	893	903
	$k \cdot 10^5$, с ⁻¹	2,5	12,3	35,3	92,4	141,5
10	T, °К	833	843	863	883	903
	k, л/моль·мин	4,7	8,2	23,1	57,6	143

Практические задания для станции №4 (индивидуальные)

По представленным на рисунке и в таблице данным определить энергию активации методом трансформационных коэффициентов.

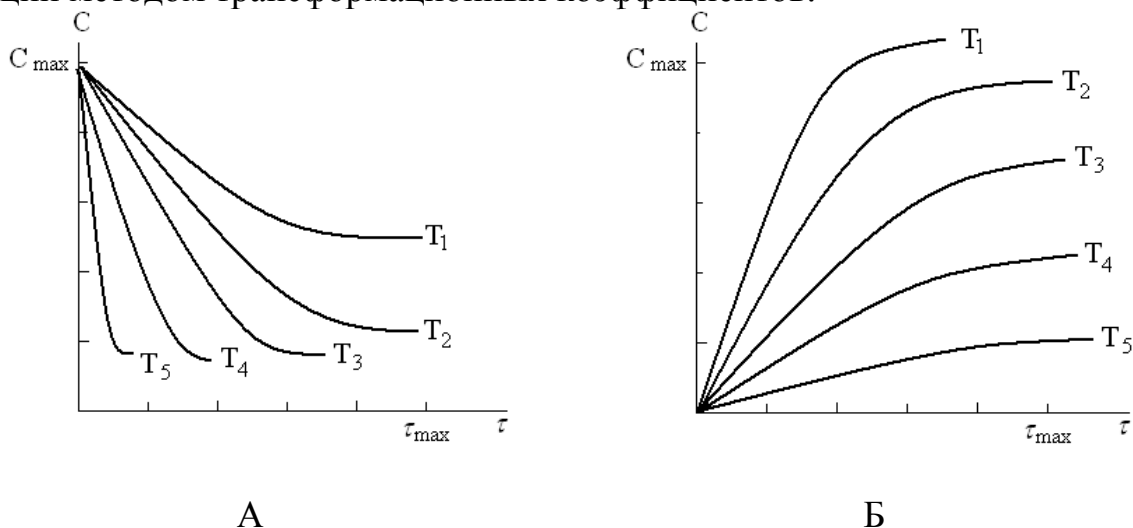


Рисунок – Тип кривых на определение энергии активации методом трансформационных коэффициентов

Задание дается из комбинации типа кривой, масштаба по осям и единицам измерения.

Варианты параметров на задачу

Варьируемый параметр		1	2	3	4	5	6	7	8	
А	Тип кривой	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	
Б	C_{\max}	1,0	0,2	0,40	0,10	0,15	2,0	10,0	0,5	
В	Единицы измерения	C_{\max}	моль/л	г/л	г/см ³	кг/л	г/м ³	г/мл	кг/м ³	г/л
		τ_{\max}	с	мин	час	сут	с	мин	час	сут
Д	τ_{\max}	100	200	10	50	1000	400	80	60	
Е	$T, ^\circ\text{C}$	T_1	20	100	35	0	15	200	78	5
		T_2	30	150	45	20	30	225	84	15
		T_3	45	175	55	40	50	250	90	25
		T_4	65	190	65	60	55	275	95	30
		T_5	80	200	75	80	60	300	100	45

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.

5. Текущий контроль успеваемости по теме № 5.

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 № 5 «Современные теории функционирования катализаторов»	3
Практическое занятие № 9 ««Определение энергии активации каталитических реакций»	8
Библиографический список	17