


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 21.12.2021 15:59:35
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
2016 г.



Катализ и ингибирование в химической практике

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Катализ и ингибирование в химической практике» для студентов направления 18.03.01 (240100.62) - Химическая технология», «Катализ и ингибирование органических соединений» для студентов направления 04.04.01- Химия, «Катализ и ингибирование органических реакций» для студентов направления 04.03.01- Химия

Курск 2016

Содержание

	стр
Введение	4
Требования к отчету к лабораторным работам	4
Лабораторная работа №1. Инструктаж по технике безопасности и охране труда. Порядок обработки результатов эксперимента, оценки погрешности измерений	5
Лабораторная работа №2. Изучение вариантов наиболее распространенных гомогенных каталитических реакций. Экспериментальная часть	8
Лабораторная работа №3. Изучение вариантов наиболее распространенных гомогенных каталитических реакций. Расчетная часть	10
Лабораторная работа №4. Методы экспериментального определения энергии активации реакций. Экспериментальная часть	10
Лабораторная работа № 5. Методы экспериментального определения энергии активации реакций. Расчетная часть	11
Лабораторная работа №6. Определение факторов, влияющих на скорость каталитических процессов. Экспериментальная часть	11
Лабораторная работа №6. Определение факторов, влияющих на скорость каталитических процессов. Расчетная часть	13
Лабораторная работа №8. Адсорбционный метод исследования структуры пористых катализаторов. Экспериментальная часть	13
Лабораторная работа №9. Адсорбционный метод исследования структуры пористых катализаторов. Расчетная часть	14
Лабораторная работа №10. Приготовление катализатора Al_2O_3	15
Лабораторная работа №11. Этерификация уксусной кислоты	16
Контрольные вопросы по теме	17

Введение

Методические указания предназначены для формирования у студентов представлений об основах катализа и ингибирования химических реакций для формирования системы знаний о каталитических реакциях, а также получения навыков математической обработки экспериментальных данных и объяснения выявленных закономерностей.

Выполнение работ и обработка результатов помогут закрепить теоретические знания по дисциплине при изучении закономерностей, механизмов, а также теории каталитического действия основных катализаторов и ингибиторов, а также получить представления о роли катализаторов в химической технологии.

В методических указаниях излагаются требования к подготовке и проведению лабораторных работ, написанию отчета в плане его построения и оформления. Каждая лабораторная работа содержит описание порядка выполнения эксперимента, используемого в работе оборудования и принцип его работы, методы обработки и анализа полученных результатов работы.

Отчет по лабораторной работе включает:

1. Название и цель работы.
2. Используемые приборы и оборудование, посуду и принадлежности.
3. Методика выполнения эксперимента.
4. Необходимые расчеты с представлением результатов в виде таблиц, графиков, оформленные в соответствии с ГОСТ.
5. Вывод.

Лабораторная работа №1

Инструктаж по технике безопасности и охране труда. Порядок обработки результатов эксперимента, оценки погрешности измерений

Цель работы: ознакомиться с инструктажем по технике безопасности и охране труда в лаборатории, приобретение умения определять искомые в методе величины на основе непосредственно измеренных в опыте величин и использования соответствующих уравнений и графиков, познакомиться с порядком обработки результатов эксперимента и проведением оценки погрешности измерений.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструктажем по технике безопасности и охране труда в лаборатории, программа проведения инструктажа по охране труда при работе в лаборатории.

2. Ответить на вопросы преподавателя по технике безопасности и охране труда в лаборатории.

3. После проведения инструктажа расписаться в журнале

4. Изучение правил построения таблиц, которые при оформлении лабораторных работ могут быть использованы для систематизации экспериментально полученных и расчетных величин и для установления характера зависимости между соответствующими параметрами:

4.1. Таблица должна состоять из строк и столбцов, расположенных в определенной последовательности: в первом столбце (или строке) записываются заданные величины, во втором и последующих экспериментально полученные, табличные и расчетные.

4.2. Каждый столбец (или строка) должен быть подписан с указанием величины и единиц измерения.

4.3. Если цифры, записанные в таблице, представлены как произведение двух величин, одна из которых число 10^n , то этот общий множитель выносят в обозначение столбца, и если его записывают как произведение к буквенному обозначению величины, то знак в показателе степени изменяют на противоположный.

4.4 Цифры, соответствующие заданным данным в столбце, следует записывать либо в порядке возрастания величины, либо в порядке убывания.

4.5. При записи чисел в столбце следует каждый разряд цифр записывать один под другим: десятки под десятками, единицы под

единицами, десятые доли под десятymi и т. д.

5. Изучение основного назначения графиков.

При обработке результатов измерений широко пользуются графиками, которые позволяют более наглядно, чем таблицы представить взаимные связи между изучаемыми величинами и осуществлять ряд вычислительных операций, в том числе интерполяцию, экстраполяцию, дифференцирование. Графики облегчают сравнение величин, позволяют обнаружить точки перегиба, максимума или минимума, наибольшие и наименьшие скорости изменения величин и другие особенности, которые недостаточно проявляются в таблицах. При помощи графиков не только можно установить характер зависимости между измеряемыми величинами, но и установить ее математическое выражение.

Примеры использования графиков.

1) Определение свойств веществ (систем) на основе характера зависимости между исследуемыми величинами.

2) Количественное определение содержания вещества в смеси на основе калибровочной кривой.

3) Определение констант в уравнении.

5) Графическое дифференцирование.

6. Изучение правил построения графиков.

6.1. При построении графиков необходимо провести оси координат, обозначить величины, откладываемые по осям, и единицы их измерения.

6.2. Правила выбора масштаба при построении графиков

1) Разделить оси координат на равные отрезки, каждый из которых обозначить в соответствии с выбранным масштабом. Длина отрезков и их значения по осям "X" и "Y" могут не совпадать.

2) Масштаб выбрать таким, чтобы легко можно было отложить данную величину или прочесть искомую с заданной точностью. Цена деления (например, 1 клеточка на миллиметровой бумаге) масштаба должна соответствовать точности откладываемой величины.

3) Цена деления по осям "X" и "Y" может не совпадать.

4) Масштаб должен быть таким, чтобы график занимал все поле между осями координат, а линия графика шла под углом 45° . Метод интерполяции в этом случае дает наибольшую точность.

5) Чтобы график занимал все поле чертежа, иногда величины следует откладывать не от "0".

6.3. Проведение линии графика по экспериментальным точкам:

1) Линия графика не должна быть ломаной (если это не имеет место из теоретических соображений).

2) При проведении линии не обязательно, чтобы все точки легли на нее. Линию следует провести так, чтобы число точек, которые на нее не легли, и расстояние их от кривой по одну сторону равнялись числу точек и расстоянию их от кривой по другую сторону.

3) Линию графика следует проводить тонкой, но хорошо видимой.

6.4. Рекомендации к оформлению графика.

1) Все графики выполняются на миллиметровой бумаге размером в страницу листа лабораторного журнала.

2) Оси координат и линию графика рекомендуется проводить карандашом. Обозначения осей координат, масштабных отрезков и точек на поле графика - чернилами.

3) На листе, где выполнен график, должны быть указаны номер или тема работы и название графика.

4) При проведении графиков можно пользоваться правилом предварительного округления более точных данных: если некоторые данные имеют больше десятичных знаков или больше значащих цифр, чем другие, то их предварительно следует округлить, сохраняя лишь одну лишнюю цифру.

7. Правила округления чисел:

1) Если первая отброшенная цифра меньше 5, то последнюю из сохраняемых цифр оставляют без изменения.

2) Если первая отброшенная цифра равна 5 или больше 5, то последнюю сохраняемую увеличивают на единицу.

3) При округлении целых чисел отброшенные цифры заменяют нулями.

4) Как правило, округленные целые числа записывают как произведение двух сомножителей, один из которых представляет число 10^n .

8. Погрешности измерений

Измерения с помощью приборов и различные аналитические операции неизбежно сопровождаются погрешностями.

Абсолютная погрешность (Δ) представляет собой разность между истинным значением величины $X_{\text{ист}}$ и найденным значением

$X_{\text{эксп}}$, поэтому она имеет размерность измеряемых величин:

$$\Delta = X_{\text{ист}} - X_{\text{эксп}} \quad (1)$$

Отношение абсолютной погрешности к полученному значению X называют относительной погрешностью. Ее обычно выражают в процентах:

$$E = \frac{\Delta}{X} 100\% \quad (2)$$

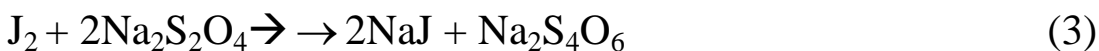
Цифра окончательного результата должна заканчиваться рядом единиц, которым начинается погрешность. При выполнении работы экспериментатор должен оценить точность отсчета на приборах и в записи результатов не давать лишних цифр. Например, при пользовании термометром со шкалой, разделенной на $0,01^\circ$, в лучшем случае можно сделать отсчет с точностью $0,002^\circ$. Чтобы конечный результат отвечал заданной точности, необходимо все величины в расчетной формуле определять с точностью на порядок большей.

Лабораторная работа №2

Изучение вариантов наиболее распространенных гомогенных каталитических реакций. Экспериментальная часть

Цель работы: на примере реакции окисления иодистоводородной кислоты перекисью водорода в присутствии кислоты, получить данные, необходимые для определения константы скорости химической реакции

Процесс предполагает протекание реакции (1)-(3)



Иодистоводородную кислоту получают при взаимодействии серной кислоты с иодидом натрия или калия. Реакции (1) и (3) протекают практически мгновенно так, что скорость всего процесса определяется скоростью реакции (2).

Иодид натрия, прореагировавший в реакции (1) регенерируется в реакции (3); таким образом, концентрация NaJ и HJ остаются постоянными. Следовательно, скорость реакции между H_2O_2 и HJ зависит только от концентрации H_2O_2 .

Количество прореагировавшей перекиси определяют по эквивалентному количеству выделившегося иода. Последний титруют

водным раствором тиосульфата натрия непосредственно в реакционной смеси.

Для вычисления константы скорости этой псевдомолекулярной реакции можно применить уравнение первого порядка. Упрощенно измерение скорости реакции можно проводить по определению времени τ , необходимого для появления окраски свободного иода с крахмалом после добавления к раствору определенного количества тиосульфата натрия.

Порядок выполнения работы

1. В колбу емкостью 200 мл влить 100 мл 0,4 % раствора NaI и 5 мл 2 н. H_2SO_4 . Поставить колбу в термостат при $25^{\circ}C$.
2. В термостат поставить пробирку с 15 мл 0,05 н H_2O_2 .
3. Над колбой установить бюретку, которую заполнить 0,05 н раствором $Na_2S_2O_3$.
4. Через 10-15 мин, когда растворы примут постоянную температуру, в колбу влить из бюретки 1 мл раствора $Na_2S_2O_3$, 5 капель 0,5 %-ного раствора крахмала и 15 мл 0,05 н H_2O_2 из пробирки.
5. Тщательно перемешать содержимое колбы. По секундомеру отметить и записать момент появления голубого окрашивания (τ_0).
6. Быстро добавить еще 1 мл раствора $Na_2S_2O_3$, перемешать до исчезновения окрашивания и вновь отметить момент появления окрашивания (τ_1).
7. Операцию п.6 повторить 6-8 раз при включенном секундомере. Промежутки времени τ_1 , τ_2 и т. д. отсчитывать с момента первого появления окрашивания τ_0 .
8. Ввести в смесь катализатор (5 капель 1 н раствора молибдата аммония). Выделившееся количество иода оттитровывают тиосульфатом до обесцвечивания раствора. Объем тиосульфата натрия, израсходованный на титрование, эквивалентен взятому для реакции количеству пероксида водорода (A).
9. Полученные результаты внести в таблицу

Таблица 1– Форма таблицы для записи исходных и расчетных данных

Т, °С	Время от начала опыта τ		Добавлено $Na_2S_2O_3$, мл	А, мл	[H_2O_2], мл	$\lg \frac{A-1}{(A-1)-x}$	k
	мин	с					

Лабораторная работа №3

Изучение вариантов наиболее распространённых гомогенных каталитических реакций. Экспериментальная часть

Цель работы: на примере реакции окисления иодистоводородной кислоты перекисью водорода в присутствии кислоты определить константу скорости химической реакции

Порядок выполнения расчетов

1. Определить начальную концентрацию раствора перекиси водорода, исходя из того, что в момент времени τ_0 в растворе содержится $(A-1)$ мл раствора H_2O_2 (к этому времени уже прореагировало количество перекиси, эквивалентное 1 мл раствора $Na_2S_2O_3$).

Начальная концентрация раствора H_2O_2 : $a = A - 1$ (мл).

2. Определить количество перекиси, прореагировавшее на момент времени τ_i . Результаты внести в таблицу 1.

К моменту второго появления окрашивания (τ_1) прореагирует еще 1 мл $Na_2S_2O_3$, следовательно, количество прореагировавшего H_2O_2 равно $x = 1$. К моменту третьего появления окрашивания: $x = 2$ и т. д.

3. Рассчитать константу скорости реакции k по уравнению для реакций первого порядка (3) для каждого промежутка времени с точностью до 0,001. Результаты внести в таблицу 1.

$$k = \frac{2,303}{\tau} \cdot \lg \frac{A-1}{(A-1)-x} \quad (3)$$

4. Построить график в координатах $\lg \frac{A-1}{(A-1)-x} = f(\tau)$ и рассчитать k по тангенсу угла наклона полученной прямой.

5. Записать вывод.

Лабораторная работа №4

Методы экспериментального определения энергии активации реакций. Экспериментальная часть

Цель работы: на примере реакции окисления иодистоводородной кислоты, получить данные, необходимые для определения энергии активации химической реакции

Порядок выполнения работы

1. Выполняется лабораторная работа №2 при значении температуры $35^{\circ}C$. Для этого в термостате выставить соответствующую

температуру.

2. Полученные результаты внести в таблицу 1.

Лабораторная работа №5

Методы экспериментального определения энергии активации реакций. Расчетная часть

Цель работы: на примере реакции окисления иодистоводородной кислоты перекисью водорода в присутствии кислоты, рассчитать энергию активации химической реакции

Порядок выполнения расчетов

1. Выполнить расчеты, аналогичные представленным в лабораторной работе №3 при значении температуры 35⁰С.

2. Определить величину энергии активации по формуле (4)

$$E = \frac{R \ln \frac{k_2}{k_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (4)$$

3. Записать вывод.

Лабораторная работа №6

Определение факторов, влияющих на скорость каталитических процессов. Экспериментальная часть

Цель работы: на примере реакции разложения перекиси водорода в присутствии катализатора выявить факторы, влияющие на процесс

В качестве исследуемой рекомендуется реакция разложения перекиси водорода в водном растворе в соответствии со стехиометрическим уравнением



Реакция имеет один единственный исходный реагент, что предопределяет самые простые из всех возможных варианты обработки экспериментальных данных; учитывая отсутствие у студентов достаточного опыта и навыков работы в данной области, это обстоятельство приобретает особо важное значение. Исходный реагент и продукты превращения поддаются четкому и доступному аналитическому контролю, что значительно облегчает технику и надёжность проведения кинетического эксперимента. Чёткое вы-

полнение стехиометрического уравнения и его простой вид позволяет вести текущий контроль всего лишь по одному компоненту, т.е. по перекиси водорода или же по кислороду.

Данную реакцию катализируют многие катионы и анионы, некоторые органические вещества. Это позволяет значительно расширить диапазон условий проведения процесса при определении факторов, влияющих на процесс, в том числе и планировать экспериментальное изучение зависимости скорости и кинетических закономерностей протекания данной химической реакции от природы и концентрации катализатора, т.е. раскрытие функции $K = f(\text{кат})$, что дополнительно увеличивает инвариантность рассматриваемой системы.

Описание лабораторной установки

Схема установки и порядок работы на ней представлена в методических указаниях «Волюмометрические методы в изучении макрокинетики химических процессов»

Порядок выполнения работы

1. В реактор вносят заданное количество перекиси водорода в виде водного раствора определенной концентрации.

2. Внести катализатор, плотно закрыть крышку реактора и выставить уровень жидкости в бюретке на нулевой отметке. Этот момент принимают за начало эксперимента $\tau=0$.

3. Через определенные промежутки времени фиксировать количество выделяющегося кислорода, записывая время и объем в таблицу 2.

Таблица 2– Форма таблицы для записи исходных и расчетных данных

Объем перекиси водорода, загруженный в реактор –

Исходные концентрации загружаемого раствора H_2O_2 – моль/л

Температура эксперимента –

Катализатор –

Количество катализатора в виде водного раствора определенной концентрации –

Время от начала процесса τ		Объем выделенного газа, мл	Концентрация $[O_2]$, моль/кг	Концентрация $[H_2O_2]$, моль/кг
час	мин			

4. Процесс вести до достижения постоянного во времени количества выделившегося кислорода или в течение времени, указан-

ного преподавателем.

Лабораторная работа №7

Определение факторов, влияющих на скорость каталитических процессов. Расчетная часть

Цель работы: на примере реакции разложения перекиси водорода в присутствии катализатора выявить факторы, влияющие на процесс, путем проведения соответствующих расчетов

Порядок выполнения расчетов

1. Определить начальную концентрацию перекиси водорода в реакторе $[H_2O_2]_0$, моль/кг.

2. Рассчитать концентрацию кислорода в промежутки времени по формуле (5), занести результаты в таблицу 2

$$[O_2] = \frac{V}{22,4 \cdot m_{\text{гад}}}, \text{ моль/кг} \quad (5)$$

3. Определить концентрацию перекиси водорода по формуле (6):
 $[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 - 2 \cdot [O_2]$, моль/кг (6)

4. Построить графики зависимости $[H_2O_2] = f(\tau)$ и $[O_2] = \Psi(\tau)$

5. Определить по графику $[H_2O_2]_{\text{мин}}$ и $[O_2]_{\text{мак}}$. Результаты в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения факторов, влияющих на скорость каталитических процессов

№	Варьируемый параметр	$\tau_{\text{пр}}$, мин	W_0 , моль/(л·мин)	$[H_2O_2]_{\text{мин}}$	$[O_2]_{\text{мак}}$

6. Определить скорость процесса в начальный момент времени. Результаты занести в таблицу 3.

7. В таблицу 3 внести результаты по всем участникам эксперимента. Путем сравнения характеристик W_0 , $\tau_{\text{пр}}$, $[H_2O_2]_{\text{мин}}$, $[O_2]_{\text{мак}}$ определить факторы, влияющие на разложение перекиси водорода в присутствии катализатора.

8. Записать вывод.

Лабораторная работа №8

Адсорбционный метод исследования структуры пористых катализаторов. Экспериментальная часть

Цель работы: познакомиться с экспериментальным методом определения поверхности пористого катализатора

Порядок выполнения работы

1. Взять для определения работы вещество с пористой поверхностью.
2. Приготовить серию растворов различной концентрации (7-8 растворов объемом по 50 мл) в сухих пронумерованных колбах. Определить концентрацию. Значения концентраций внести в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты исследования поверхности

№	Масса катализатора, г	[C] ₀ , моль/л	τ, мин	[C] _{равн} , моль/л	Δ[C], моль/л

3. Взвесить равные навески вещества, пористую поверхность которого нужно определить и поместить их в исследуемые растворы.
3. Выдержать при интенсивном перемешивании для достижения адсорбционного равновесия в течение τ мин.
4. Отделить твердую фазу от жидкой путем простого фильтрования через складчатый фильтр.
5. Определить концентрацию вещества после выдерживания в растворе. Экспериментальные данные занести в таблицу 4.

Лабораторная работа №9

Адсорбционный метод исследования структуры пористых катализаторов. Расчетная часть

Цель работы: проведение расчетов для определения поверхности пористого катализатора

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать удельную адсорбцию растворенного вещества на поверхности твердых тел Γ по формуле (7)

$$\tilde{A} = \frac{\Delta[C]}{m_{\text{катализатора}}} \quad (7)$$

2. Построить график зависимости $\Gamma = f(C_0)$.
3. Определить величину Γ_{∞} (моль/м²).
4. Вычислить удельную поверхность катализатора S (м²/кг) по формуле (8)

$$S = S_0 \Gamma_{\infty} N_a \quad (8)$$

где $S_0 = 20,5 \cdot 10^{-20}$ м² для жирных кислот.

Лабораторная работа №10

Приготовление катализатора Al_2O_3

Цель работы: приготовить катализатор Al_2O_3 реакции дегидратации спиртов, определить выход продукта

Вещества, оказывающие влияние на возможность и интенсивность протекания реакционного процесса, называются катализаторами. Действие катализаторов состоит:

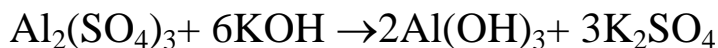
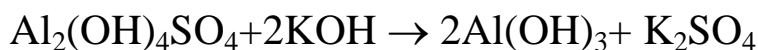
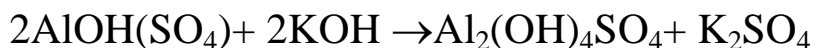
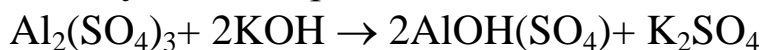
- а) в ускорении как прямой, так и обратной реакции;
- б) в снижении энергии активации E ;
- в) в поиске более термодинамически выгодного пути для осуществления процесса;
- г) в селективном действии на основные и побочные реакции.

Катализаторы делятся:

- по фазовому составу: жидкие или расплавленные (катализатор Циглера), газообразные (применяемые при получении серной кислоты), твердые катализаторы;
- по направлению действия: положительные и ингибиторы;
- по форме действия: модифицирующие (улучшающие диффузионные характеристики компонентов), кинетические (способствующие ускорению химического цикла)

Порядок выполнения работы

1. Приготовить раствор 100 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ в пересчете на безводный в 150 мл воды. Раствор отфильтровать, нагреть до 75-80°C на водяной бане и прилить к нему струйкой при помешивании необходимое по стехиометрии количество гидроксида калия, растворенного в 150 мл воды, учитывая, что отмеченный процесс протекает следующим образом:



2. Полученный раствор выдерживать при 70-80°C в течение 20-30 мин и отфильтровать. Осадок промыть 30-50 мл горячей воды, после чего снова нагреть до 80-85°C.

3. Добавить соответствующее количество $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в 120 мл дистиллированной воды с учетом 5% потери $\text{Al}(\text{OH})_3$ при фильтровании.

4. Смесь выдержать еще 20 мин при 80-85°C, дать отстояться в течение 20-40 мин, раствор слить, осадок промыть 5-6 раз горячей дистиллированной водой и высушить при 120°C.

5. Полученный осадок прокалить в муфеле при 600-650°C до постоянного веса



Остаток гидроокиси аммония разлагается



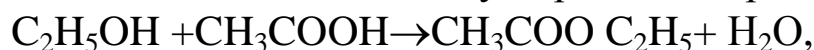
6. Определить выход Al_2O_3 в %.

Лабораторная работа №11

Этерификация уксусной кислоты

Цель работы: изучение условий проведения процесса и определение влияния на выход этилацетат соотношения реагентов, количества катализатора и водоотнимающего агента

Реакция относится к числу обратимых процессов



поэтому для получения наибольшего выхода эфира необходимо осуществить процесс при избытке уксусной кислоты или удалять из зоны реакции воду путем ее отгонки или связывания в химическое соединение. Эта реакция является типичным примером гомогенно-каталитического взаимодействия.

В отсутствие катализатора этерификация протекает крайне медленно, но значительно ускоряется в присутствии минеральных кислот или сульфокислот. Чаще сего для этой цели применяют концентрированную серную кислоту, которая обеспечивает высокую концентрацию ионов водорода и играет роль агента, связывающего воду.

Установка для проведения процесса представлена на рисунке

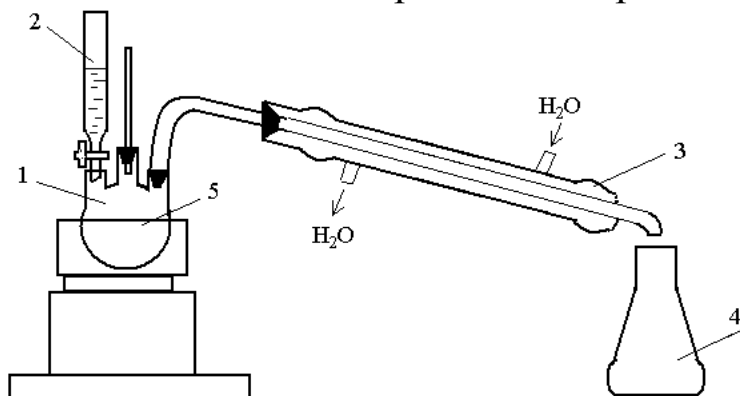


Рисунок – схема установки для этерификации уксусной кислоты:

1 - колба, 2 – капельная воронка; 3- холодильник; 4 – приемник; 5 - глицириновая ванна

Порядок выполнения работы

1. В реакционную колбу емкостью 250 см^3 , снабженную капельной воронкой, вводят $5\text{-}25 \text{ см}^3$ этилового спирта, и при постоянном охлаждении (в термостате с водой) вводят $5\text{-}25 \text{ см}^3$ концентрированной серной кислоты в виде небольших порций.

2. Реактор помещают в глицериновую баню, соединяют с холодильником и включают обогрев.

3. Процесс ведут при температуре 140°C при постоянном прикапывании уксусной кислоты и отгонке этилацетата.

4. Полученный продукт подвергают нейтрализации раствором соды до $\text{pH}=7$, переливают в делительную воронку и разделяют эфирный слой от водного.

5. Этилацетат подвергают осушке путем обработки хлоридом кальция ($5\text{-}7 \text{ г}$), после чего разгоняют на установке, аналогичной установке для синтеза.

6. Вместо уксусной кислоты можно применять безводный ацетат натрия.

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

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.
12. Кислотно-основной катализ как функция силы кислоты или основания.
13. Уравнения Бренстеда и их смысл.
14. Кислотно-основный катализ в концентрированных растворах.
15. Кислотные функции как фактор корреляции кислотно-основного катализа.
16. Ферментативный катализ.
17. Константа Михаэлиса и ее смысл.
18. Простейшая схема механизма ферментативного катализа и ее кинетическое описание.
19. Смысл и структура кислотных функций.
20. Смысл и структура кислотных функций.

21. Уравнения Бренстеда как частный случай корреляционных уравнений Гаммета.
- 22 Нахождение кинетических параметров реакций с ферментативным катализом.
- 23 Автокаталитические реакции. Определение и кинетическое описание.
- 24 Нахождение кинетических параметров автокаталитических реакций и характеристик точки перегиба на кинетической кривой.
- 25 Корреляционные уравнения Гаммета и Тафта и их смысл.
- 26 Методы и приемы нахождения параметров заместителя и реакции.
- 27 Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций
- 28 Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы.
- 29 Энергия активации гетерогенных каталитических реакций
- 30 Адсорбционная и промежуточная области гетерогенного катализа
- 31 Внешнедиффузионная и промежуточная области гетерогенного катализа
- 32 Внутريدиффузионная и внутрикинетическая области гетерогенного катализа
- 33 Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов.
- 34 Мультиплетная теория гетерогенного катализа.
- 35 Электронная теория катализа.
36. Основные промышленные каталитические процессы.
37. Понятие о лимитирующей стадии сложной химической реакции.
38. Кинетическое обоснование лимитирующей стадии сложной химической реакции.
- 39 Механизмы каталитических реакций, стадийный и слитный механизмы.
40. Катализ комплексами переходных металлов. Модель Басоло-Пирсона. Правило Чатта.
41. Ионные, радикальные и молекулярные механизмы.
- 42 Гетерогенный катализ.
43. Классификация и структура пористых тел.
44. Адсорбционные методы исследования структуры пористых тел.
45. Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам и к пористой структуре катализаторов.
- 46 Типы гетерогенных катализаторов и основные методы их получения.
- 47 Получение гетерогенных катализаторов методом соосаждения.
- 48 Получение гетерогенных катализаторов механическим смешиванием
- 49 Получение плавленных гетерогенных катализаторов
- 50 Получение гетерогенных катализаторов методом выщелачивания
- 51 Получение гетерогенных катализаторов методом нанесения активного компонента на носитель.
- 52 Основные стадии гетерогенно-каталитических реакций
- 53 Физическая адсорбция и хемосорбция как стадии гетерогенно-каталитических процессов.
- 54 Ленгмюровская кинетика каталитических реакций: модели Ленгмюра – Хиншельвуда и Ридила-Или.

- 55 Вид кинетических уравнений в зависимости от природы лимитирующей стадии.
56. Кинетическая и диффузионная области катализа.
- 57 Современное состояние теории предвидения каталитического действия.
58. Теория активных центров Тейлора и теория промежуточных соединений и состояний. Их достоинства и недостатки
- 59 Мультиплетная теория катализа Баландина.
- 60 Принципы геометрического и энергетического соответствия реагентов и активных центров.
- 61 Теория активных ансамблей Кобозева.
- 62 Принципы приготовления адсорбционных катализаторов.
- 63 Основные типы распределения активных центров на носителе
- 64 Активность регулярных ансамблей активных центров.
- 65 Ингибиторы и активаторы ферментативных реакций.
- 66 Классификация ингибиторов.
- 67 Обратимые ингибиторы.
- 68 Конкурентный тип торможения ферментативных реакций.
- 69 Неконкурентное ингибирование.
- 70 Смешанное ингибирование.
- 71 Бесконкурентное ингибирование
- 72 Графическое представление результатов ингибирования. Метод Диксона.
- 73 Определение констант ингибирования.
- 74 Субстратное ингибирование ферментов
- 75 Необратимые ингибиторы.
- 76 Способы анализа необратимого торможения.
- 77 Необратимые ингибиторы-аналоги субстрата.
- 78 Защита фермента субстратом и конкурентным ингибитором.
- 79 Каталитические процессы в первичной переработке нефти, гидроочистке, каталитическом крекинге, гидрокрекинге, реформинге
- 80 Каталитические процессы при получении бензинов
- 81 Каталитические процессы в биотехнологии.
- 82 Экологический катализ.
- 83 Природоохранные каталитические циклы.
- 84 Металлокомплексный катализ.
- 85 Элементарные стадии металлокомплексного катализа.
- 86 Механизмы гомогенного катализа под действием комплексов переходных металлов.
- 87 Требования к промышленным катализаторам.
- 88 Нанесенные металлические катализаторы.
- 89 Характеристика методов пропитки и осаждения – соосаждения. Их достоинства и недостатки.
- 90 Распределение активного компонента по грануле.
91. Специальные методы приготовления катализаторов.
- 92 Характеристика пористой структуры и методы ее создания.

- 93 Микро-, мезо- и макропоры.
- 94 Определение удельной поверхности катализатора.
- 95 Анализ изотермы адсорбции пористого тела.
- 96 Адсорбционные методы определения удельной поверхности катализатора
- 97 Ртутная порометрия
- 98 Газохроматографические методы и рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ при определении удельной поверхности катализатора