

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Плеткина Ольга Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.09.2018 09:58:09
Уникальный программный ключ:
0b8177e941e6268a4747d024d576319531e73679e744b16470156500092

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Плеткина
« 20 » 09 2018 г.



Технология основного органического синтеза
Методические указания к лабораторным занятиям для студентов
направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Курск 2018

УДК 547 (075.8)

Составители: Лавров Р.В., Янкив К.Ф.

Рецензент: Кандидат химических наук, доцент Пожидаева С.В.

Технология основного органического синтеза: методические указания к лабораторным занятиям для студентов направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология» / Юго-Зап. гос. унт; сост.: Лавров Р.В. Курск, 2018, с. Библиогр.: 21 с.

Приведены методические указания по выполнению лабораторных работ по технологии основного органического и нефтехимического синтеза.

Методические указания соответствуют требованиям программы по курсу «Технология основного органического и синтеза» для студентов направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать
Усл.печ.л. 2,43 Уч.изд.л. 0,59
Бесплатно.

Формат 60x84 1/16
Тираж 50 экз. Заказ.

ЮгоЗападный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

1.Лабораторное занятие №1 _____	4
Перекристаллизация щавелевой кислоты	
2. Лабораторное занятие №2 _____	5
Синтез уксусноизоамилового эфира	
3. Лабораторное занятие №3 _____	8
Получение β-пентаацетилглюкозы	
4. Лабораторное занятие №4 _____	9
Процессы галогенирования, применяемые в производстве.	
5. Лабораторное занятие №5 _____	14
Процессы гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования, используемые в промышленности.	
6. Литература _____	18

Лабораторная работа №1. Перекристаллизация щавелевой кислоты

Цель: освоение метода очистки органических соединений с помощью перекристаллизации на примере щавелевой кислоты.

Реактивы и оборудование:

- щавелевая кислота (техн.),
- стаканы,
- колбы,
- химические воронки,
- электроплитка,
- эксикатор,
- чашки Петри,
- фильтровальная бумага,
- воронка Бюхнера,
- колба Бунзена,
- насос Комовского.

Сущность метода: перекристаллизация - один из самых эффективных методов очистки твердых соединений. Этот метод основан на различной растворимости химических соединений в горячем и холодном растворителе (изогидрическая кристаллизация) или на изменении концентрации раствора (изотермическая кристаллизация).

Растворимость большинства органических соединений существенно зависит от температуры растворителя: с увеличением температуры – увеличивается растворимость. В итоге в горячем растворителе удастся растворить большее количества вещества, чем может содержать тот же самый растворитель при низкой температуре. И, при охлаждении, из насыщенного при высокой температуре раствора выпадает "лишнее" вещество.

Ход работы:

Перекристаллизацию щавелевой кислоты проводят следующим образом: 5 г щавелевой кислоты взвешивают с точностью до первого десятичного знака и растворяют при кипячении в 8,5 см³ воды. Горячий раствор быстро фильтруют на воронке с обрезанным носиком через фильтровальную бумагу и охлаждают, непрерывно перемешивая. Выделившиеся кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера и повторно перекристаллизовывают, растворяя при кипячении в 7,0 см³ воды.

Затем раствор охлаждают, непрерывно перемешивая. Выделившиеся кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера, отжимают между листами фильтровальной бумаги и высушивают на воздухе в течение 30 мин (кристаллы не должны прилипнуть к стеклянной палочке). Кристаллы щавелевой кислоты переносят, рассыпая тонким слоем, в чашку Петри, помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре $(100,0 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ в течение 3 ч, периодически перемешивая.

Далее чашку Петри с кристаллами щавелевой кислоты помещают в эксикатор с водой, где выдерживают не менее 2 суток. Крышка эксикатора должна быть закрыта негерметично (между крышкой и эксикатором прокладывают фильтровальную бумагу толщиной в 2-4 сложения). Полученные кристаллы гидрата щавелевой кислоты хранят в стеклянной банке с притертой пробкой.

Контрольные вопросы:

1. Метод кристаллизации веществ
2. Подбор растворителя
3. Проведение перекристаллизации
4. Отделение кристаллов

Лабораторная работа №2.

Синтез уксусноизоамилового эфира

Цель: освоение методики проведения лабораторного синтеза уксусноизоамилового эфира.

Реактивы и оборудование:

- Уксусная кислота - 6мл
- Изоамиловый спирт -10мл
- Серная кислота (конц.)
- Колба круглодонная на 25 мл
- Обратный холодильник
- Ловушка для воды
- Делительная воронка
- Колба коническая на 25 мл
- Установка для перегонки при атмосферном давлении

Порядок выполнения работы:

Собирают установку для получения эфиров (рис.).



Рис. Установка для получения эфиров

В круглодонную колбу помещают смесь уксусной кислоты и изо амилового спирта, прибавляют 2-3 капли концентрированной серной кислоты, тщательно перемешивают.

В колбу бросают "кипелку" для равномерного кипения. Смесь кипятят на электроплитке.

Примерно через час после закипания реакционной смеси в ловушке собирается вода в количестве, почти равном рассчитанному количеству, что свидетельствует об окончании реакции.

Содержимое колбы охлаждают, реакционную массу и конденсат из ловушки сливают в делительную воронку, промывают водой, раствором соды и снова водой.

Полученный сложный эфир (верхний слой) отделяют в делительной воронке и сушат сульфатом натрия.

Затем продукт перегоняют с дефлегматором.

Основная масса отгоняется при температуре 138-142 °С, Подобным образом можно получить уксуснобутиловый и уксусно изобутиловый эфиры.

Ожидаемый выход: 5,5-6 г

В таблице приведены характеристики ряда сложных эфиров уксусной кислоты.

Таблица.

Характеристики ряда сложных эфиров уксусной кислоты

Алкилацетаты	Мол. масса	Т. кип.	Плотность г/см ³	n _d ²⁰
Метилацетат	74	57	0.9317	1,3617
Этилацетат	88	77	0.90 0S	1,3723
Пропилацетат	102	102	0,BS65	1.3843
Изопропилацетат	102	89	0,871S	1.3775
Бутилацетат	116	126	0,SS13	L394S
Изобутилацетат	116	117	0,8723	1,3901
втор-Бутилацетат	116	112	0,87 IS	1,3890
Амилацетат	130	149	0,8749	1,4025
Изоамилацетат	130	142	0,8735	1,4008

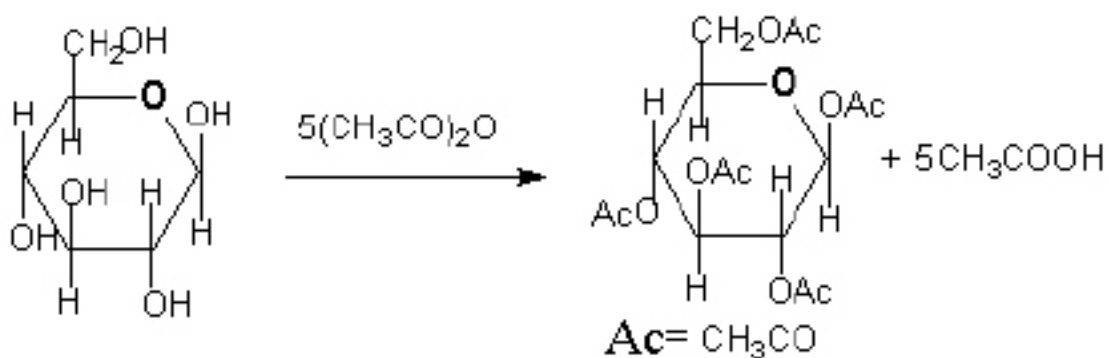
Циклогексилацетат	142	173	0.96 öS	1.4417
-------------------	-----	-----	---------	--------

Контрольные вопросы:

1. Как влияет количество катализатора на скорость реакции?
2. Объясните смысл промывки получаемого сырого эфира.

Лабораторная работа №3. Получение β-пентаацетилглюкозы

Цель: освоение методики проведения лабораторного синтеза β-пентаацетилглюкозы.



Реактивы и оборудование:

- α-D-глюкоза (безводная) — 5 г;
- уксусный ангидрид — 32,4 г (30 мл);
- ацетат натрия (безводный) — 2,5 г;
- этиловый спирт — 50 мл;
- лед;
- фарфоровая ступка;
- колба круглодонная объемом 100 мл;
- холодильник водяной;
- хлоркальциевая трубка;
- стакан объемом 300 мл;

- баня водяная.

Методика проведения:

В фарфоровой ступке растирают 5 г безводной глюкозы и 2,5 г безводного ацетата натрия. Эту смесь загружают в круглодонную колбу, туда же приливают 30 мл уксусного ангидрида. Содержимое тщательно перемешивают, закрывают пробкой с обратным холодильником, верхний конец которого закрыт хлоркальциевой трубкой, и нагревают на кипящей водяной бане в течение 2 ч.

После окончания реакции (смесь должна быть прозрачной) содержимое колбы выливают в стакан с 200 мл воды со льдом. Выпавший осадок пентаацетилглюкозы растирают в стакане стеклянной палочкой под водой, избыток уксусного ангидрида при этом гидролизуетея.

Через 1 ч продукт реакции отфильтровывают на воронке Бюхнера, хорошо отжимают, промывают водой и сырой, перекристаллизовывают из 50 мл этилового спирта.

Выход 7,5 г (69 % от теоретического).

β -Пентаацетилглюкоза (пентаацетил- β -D-глюкопираноза) — бесцветное 15 кристаллическое вещество. Ограниченно растворяется в воде (0,09 г в 100мл при 18 °С), этиловом спирте (0,82 г в 100 мл при 19 °С), диэтиловом эфире (2,1 г в 100 мл при 15 °С). Т. пл. 131 °С.

Вопрос:

Приведите уравнения реакций с уксусным ангидридом:

- D-глюкозы;
- D –маннозы;
- D –галактозы;
- D –фруктозы;
- мальтозы.

Лабораторная работа №4.

Процессы галогенирования, применяемые в производстве.

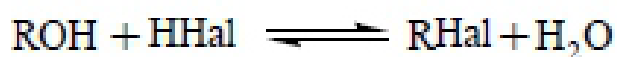
Цель: получение теоретических основ процессов галогенирования и освоение методики получения бромистого этила.

Теоретическая часть.

Галогенированием называется процесс введения в молекулу органического соединения одного или нескольких атомов галогена с образованием связи углерод-галоген. Способы введения галогена в органические соединения могут быть подразделены на следующие две группы:

- а) прямое галогенирование - замещение водорода галогеном, присоединение галогеноводородов и галогенов к кратным связям;
- б) не прямое галогенирование - замещение на водород гидроксильной группы в спиртах и карбоновых кислотах кислорода в карбонильных соединениях и диазогруппы в ароматических диазосоединениях.

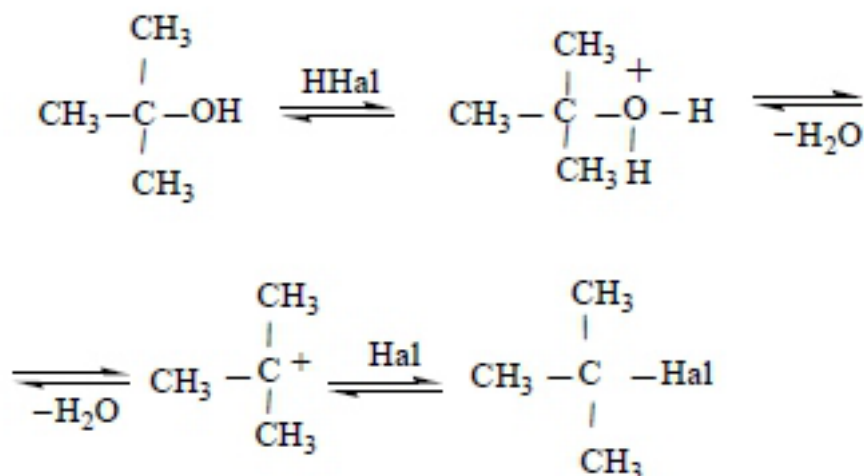
Рассмотрим только реакцию замещения - ОН-группы в спиртах на галоген. Замещение на галоген гидроксильной группы спирта осуществляется действием соответствующих галогеноводородных кислот, галогенидов фосфора, хлористого и бромистого тиониллов. Действие на спирты галогеноводородных кислот протекает по уравнению:



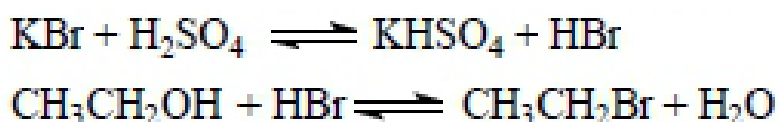
Так как реакция является обратимой, то обычно применяют концентрированные галогеноводородные кислоты или спирт насыщают газообразным галогеноводородом.

По своей реакционной способности в реакции замещения гидроксильной группы в спиртах галогеноводороды располагаются в ряд: $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$.

Скорость реакции в значительной степени зависит от строения спирта. Замещение гидроксила легче всего происходит в третичных спиртах, потом во вторичных и труднее всего в первичных. Такое различие в реакционной способности спиртов различного строения объясняется электронодонорным влиянием алкильных групп, способствующих отщеплению гидроксила.



Для проведения реакции вместо галогеноводородной кислоты можно брать ее соль на серную кислоту. Галогеноводород удобно получать непосредственно в процессе синтеза. Для этого, например, используют H_2SO_4 и KBr .



Йодистый углерод не всегда может быть применен для превращения спиртов в йодопроизводные, так как он может восстанавливаться образующиеся йодистые алкилы и превращать их в углеводороды.

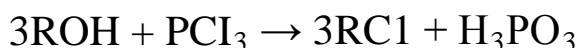
Взаимодействие ароматических спиртов, имеющих гидроксильную группу в соположении с галогеноводородами протекает легче, чем с алифатическими спиртами. С фенолами эта реакция не идет.

Реакции спиртов с галогенидами фосфора протекают значительно легче, чем с галогеноводородными кислотами и не являются обратимыми. Так, например, взаимодействие

пятихлористого фосфора со спиртами протекает необратимо по уравнению:



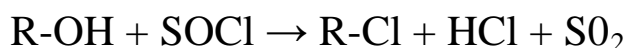
Для получения из спиртов бромистых и йодистых галогеналкилов применяются соответственно трехбромистый и трийодистый фосфор:



Треххлористый фосфор реагирует со спиртами в зависимости от их строения по-разному. Третичные спирты превращаются в соответствующие алкилхлориды.

Первичные и вторичные спирты образуют в этих условиях главным образом эфиры фосфористой кислоты.

Хлористый тионил SOCl_2 ; удобный реагент для получения алкилхлоридов.



Достоинством этого реагента является то, что образующиеся в ходе реакции HCl и SO_2 - газообразные вещества, легко отделяемые от целевого продукта.

Вопросы к теоретической части зачета по синтезу:

Галогенирующие агенты.

Методы прямого галогенирования алифатических предельных и непредельных углеводородов, методы введения галогена в бензольное ядро и боковую цепь.

Механизмы реакций радикального замещения и присоединения, электрофильного замещения и присоединения.

Методы непрямого галогенирования: замещение на галоген гидроксильной группы в спиртах, кислотах.

Механизмы нуклеофильного замещения $\text{S}_\text{n}1$ и $\text{S}_\text{n}2$, факторы, от которых зависит направление реакции.

Получение бромистого этила

Реактивы и оборудование:

- Колба Вюрца (0,5 л.);
- Делительная воронка;
- Установка для перегонки при атмосферном давлении;

- Спирт этиловый - 20 мл;
- Калий бромистый - 25г;
- Серная кислота-25 мл ($d=1.82$);
- Хлористый кальций ~2-3г

Ход работы:

В колбу Вюрца (0,5 л.), содержащую 17,5 мл воды и 20 мл этилового спирта, постепенно приливаю при постоянном охлаждении и перемешивании 25 мл концентрированной серной кислоты. Реакционную смесь охлаждают до комнатной температуры.

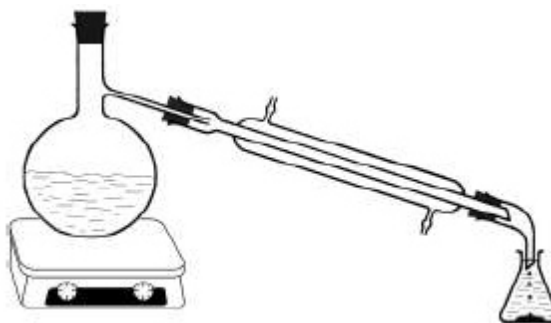


Рис. Установка для синтеза бромистого этила.

Собирают установку для перегонки.

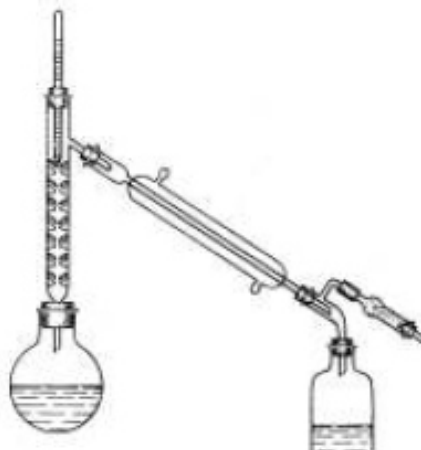


Рис. Установка для перегонки бромистого этила.

Так как бромнелый этил сильно летуч, ло его собирают под водой.

Для этого в плоскодонную колбу (100 мл.) наливаюл воду н погружают в неё кончик аллонжа. Как только будет собрана установка, в колбу Вюрца насыпают 25 г порошкообразного бромистого калия, горло колбы плотно закрывают резиновой

пробкой и реакционную смесь нагревают на закрытой плитке так, чтобы реакционная смесь не слишком пенилась.

Когда на дно приемника перестанут опускаться маслянистые капли бромистого этила, нагревание прекращают. С помощью делительной воронки бромистый этил отделяют от воды, сушат хлористым кальцием (2-3 г) и перегоняют из небольшой колбы.

Температура кипения чистого бромистого этила: 38°C.

Ожидаемый выход: 17-20 г.

Контрольные вопросы.

Примеры галогенирования фенолов, анилина, нафталина алканов. алкенов.

Рассмотрите механизм взаимодействия пропилена, пентена-1. бутена-2 с хлором в различных условиях.

Приведите механизм реакции взаимодействия пропилена с Cl_2 в водной среде.

С помощью, каких реакций можно превратить пентен-1 в пентен-2.

Как из 1,2-дибромпентана получить 2,2-дибромпентан.

Получить п-бромтолуол из толуола и п-бромнитробензол из бензола.

Из толуола получите п-цимол. для толуола напишите реакции хлорирования на свету и в присутствии катализатора.

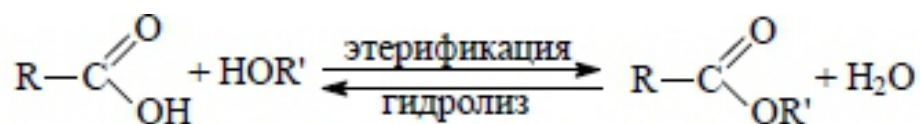
Лабораторная работа №5.

Процессы гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования, используемые в промышленности.

Цель: получение теоретических основ процессов этерификации получения сложных эфиров.

Теоретическая часть.

Этерификация. Одним из наиболее важных способов получения сложных эфиров является реакция этерификации: Она обратима и протекает по схеме:

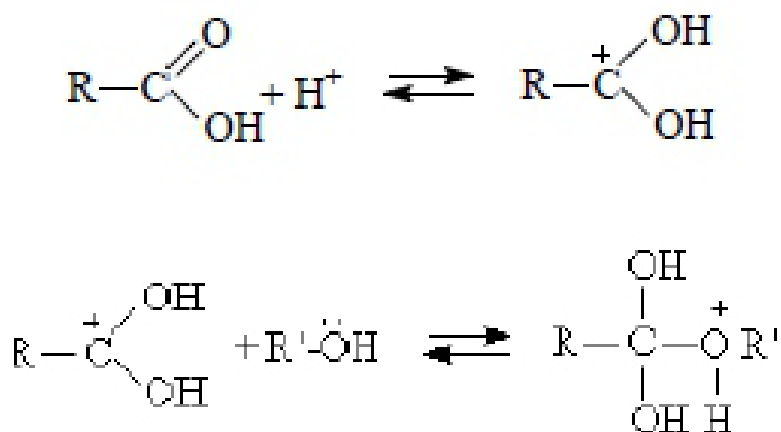


В качестве катализатора чаще всего применяют небольшие каталитические количества серной кислоты. Обычно количество кислоты составляет 5-10% от веса взятого для реакции спирта.

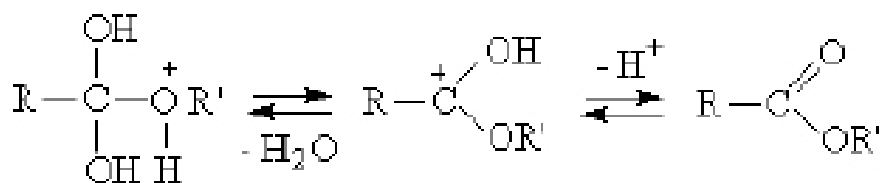
Легче всего сложные эфиры получают из первичных спиртов и низкомолекулярных кислот. Вторичные спирты реагируют труднее. Эфиры третичных спиртов получают с небольшим выходом, так как третичные спирты в присутствии минеральных кислот легко оцепляют воду и превращаются в непредельные углеводороды.

На ход реакции оказывает влияние и строение карбоновой кислоты. Чем больше число и объем радикалов в α -положении по отношению к карбоксильной группе, тем меньше скорость этерификации.

Этерификация карбоновых кислот, катализируемая кислотами, протекает через стадию присоединения протона к карбонильному кислороду



Вслед за этим происходит присоединение молекулы спирта, за которым следует последовательное оцепление воды и протона



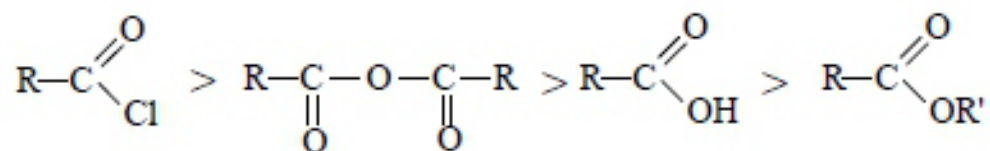
Поскольку реакция этерификации является обратимой, то выход эфира тем больше, чем в большем избытке взят спирт или кислота и чем полнее удаляется из реакционной смеси сложный эфир и вода. Так, например, при получении уксуснобутилового эфира удаляется вода, которая отгоняется из реакционного сосуда в виде азеотропной смеси.

Гидролиз сложных эфиров карбоновых кислот можно осуществить в щелочной или в кислой среде или в присутствии ферментов (энзимов) и других специальных катализаторов. Обычно сложные эфиры гидролизуются в присутствии кислот медленнее, чем под влиянием щелочей.

Механизм гидролиза, катализируемого кислотами, аналогичен механизму образования сложного эфира из карбоновой кислоты и спирта. Гидролиз в щелочной среде применяется для количественного анализа сложных эфиров.

Получение сложных эфиров действием ангидридов и хлорангидридов кислот на спирты и фенолы.

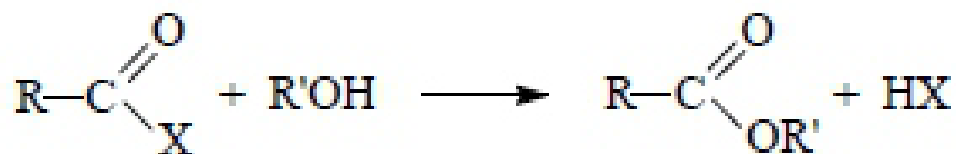
Ангидриды и хлорангидриды кислот являются более сильными ацилирующими средствами, чем кислоты. Это объясняется тем, что величина положительного заряда на атоме углерода карбонильной группы в этих соединениях больше, чем в карбоновой кислоте. Производные кислот по уменьшению величины положительного заряда на атоме углерода карбонильной группы располагаются в ряд:



Ангидриды и хлорангидриды кислот применяются в тех случаях, когда реакция этерификации идет с трудом или провести ее с приемлемым выходом вообще и удастся.

Ацилирование как алифатическими, так и ароматическими ангидридами и хлорангидридами кислот удобно проводить в растворе пиридина. В этих условиях ацилирование может

происходить количественно. Реакция ангидридов и хлорангидридов кислот может быть выражена следующей схемой:



Вопросы для самостоятельной работы:

Приведите 5 способов получения этилацетата.

Написать механизм реакции получения изопропилацетата реакциями:

а) этерификации: б) ацилированием изопропилового спирта уксусным ангидридом.

Какой эфир получается с большей скоростью: пропилформиат или пропилпропионат, третичный бутилацетат или вторичный бутил ацетат, этил ацетат или этилформиат?

Приведите реакции кислотного и щелочного гидролиза сложных эфиров.

Роль серной кислоты в реакции этерификации.

Сравните реакционную способность уксусного ангидрида, хлорангидрида уксусной кислоты в реакции ацилирования спиртов, фенолов.

Реакции с использованием кетена.

Литература.

1. Смит В.А. Основы современного органического синтеза [электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - М.: БИНОМ. -Лаборатория знаний. -2012. - 750 с. // Университетская библиотека online – [http:// biblioclub.ru](http://biblioclub.ru).

2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов / А. Г. Касаткин. - Стер. изд.. - Москва : Альянс, 2014. - 753 с. : ил.. - Библиогр.: с. 715-718. - Предм. указ.: с. 719.

3. Общая химическая технология: основные концепции проектирования химико-технологических систем [Текст]: учебник / И. М. Кузнецова [и др.] ; ред. Х. Э. Харлампиди . - Изд. 2-е, перераб.. - Санкт-Петербург : Лань , 2014. - 384 с. : ил.

4. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: справочник. -3 изд. / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. - М.: Альянс. – 2008. -752 с.

5. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты [Текст] / Экхард Игнатович; пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. - М.: Техносфера. - 2007. - 656 с.

6. Новый справочник химика и технолога [Текст] Ч. 1: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. - 2005. -1142 с.

7. Процессы и аппараты химической технологии; учебное пособие / А. А. Захарова и др.; под ред. А. А. Захаровой. – М.: Академия. - 2006. – 528 с.

8. Орехов В.С. Химическая технология органических веществ [Текст]: учебное пособие / В.С. Орехов, М.Ю. Субочева, А.А. Дегтярёв, Д.Н.Труфанов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – Ч. 4. – 80 с.

9. Талзи В.П. Химия и технология органических веществ [Текст]: учеб. пособие / В.П. Талзи. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2007. – 280 с.

10. Ниязи Ф.Ф. Стабилизация и модификация некоторых искусственных и синтетических полимеров : монография / Ф. Ф. Ниязи, О. В. Бурыкина, И. В. Савенкова ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 251 с. - Библиогр.: с. 231-251.

11. Предприятия химической индустрии Курского края в XX веке: опыт становления и организации производственной деятельности : монография / В. В. Коровин [и др.] ; ред. В. В. Коровин. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 218 с. - Библиогр.: с. 204-210.

12. Исаев Е. А. Гранулообразование: теория и эксперимент [Текст] : монография / под ред. Е. А. Исаева ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 226 с.; 20 см.. - Библиогр.: с. 218-226.

13. Мальцева В. С. Практикум по аналитической химии [Текст] : учебное пособие / Валентина Стефановна Мальцева, Анна Владимировна Сазонова ; ЮЗГУ. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 215 с. : ил., табл. - Имеется электрон. аналог. - ISBN 978-5-7681-0885-4.

14. Смит В.А. Основы современного органического синтеза [электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - М.: БИНОМ. -Лаборатория знаний. -2012. - 750 с. // Университетская библиотека online – [http:// biblioclub.ru](http://biblioclub.ru).

15. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов / А. Г. Касаткин. - Стер. изд.. - Москва : Альянс, 2014. - 753 с. : ил.. - Библиогр.: с. 715-718. - Предм. указ.: с. 719.

16. Общая химическая технология: основные концепции проектирования химико-технологических систем [Текст]: учебник / И. М. Кузнецова [и др.] ; ред. Х. Э. Харлампиди . - Изд. 2-е, перераб.. - Санкт-Петербург : Лань , 2014. - 384 с. : ил.

17. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: справочник. -3 изд. / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. - М.: Альянс. – 2008. -752 с.

18. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты [Текст] / Экхард Игнатович; пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. - М.: Техносфера. - 2007. - 656 с.

19. Новый справочник химика и технолога [Текст] Ч. 1: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. - 2005. -1142 с.

20. Процессы и аппараты химической технологии; учебное пособие / А. А. Захарова и др.; под ред. А. А. Захаровой. – М.: Академия. - 2006. – 528 с.

21. Орехов В.С. Химическая технология органических веществ [Текст]: учебное пособие / В.С. Орехов, М.Ю. Субочева, А.А. Дегтярёв, Д.Н.Труфанов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – Ч. 4. – 80 с.

22. Талзи В.П. Химия и технология органических веществ [Текст]: учеб. пособие / В.П. Талзи. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2007. – 280 с.

23. Ниязи Ф.Ф. Стабилизация и модификация некоторых искусственных и синтетических полимеров : монография / Ф. Ф. Ниязи, О. В. Бурыкина, И. В. Савенкова ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 251 с. - Библиогр.: с. 231-251.

24. Предприятия химической индустрии Курского края в XX веке: опыт становления и организации производственной деятельности : монография / В. В. Коровин [и др.] ; ред. В. В. Коровин. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 218 с. - Библиогр.: с. 204-210.

25. Исаев Е. А. Гранулообразование: теория и эксперимент [Текст] : монография / под ред. Е. А. Исаева ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 226 с.; 20 см.. - Библиогр.: с. 218-226.

26. Мальцева В. С. Практикум по аналитической химии [Текст] : учебное пособие / Валентина Стефановна Мальцева, Анна

Владимировна Сазонова ; ЮЗГУ. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 215 с. : ил., табл. - Имеется электрон. аналог. - ISBN 978-5-7681-0885-4.

27. Низкотемпературные гетерогенные гетерофазные химические процессы химической технологии [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Химические процессы химической технологии», «Катализ и ингибирование химических процессов», «Избранные главы химической кинетики и катализа» и «Макрокинетика гетерогенных гетерофазных химических процессов» для студентов направлений 240100.62 и 240100.68 «Химическая технология» / Юго-Запад. гос. ун-т ; сост. А. М. Иванов. - Электрон. текстовые дан. (857 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 13 с. : рис., табл.

28. Тепловые процессы химической технологии [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов направления 240100.62 «Химическая технология» / Юго-Запад. гос. ун-т ; сост. А. М. Иванов. - Электрон. текстовые дан. (1021 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 20 с.