

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

П.А. Полубояринов

ХИМИЯ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ПРАКТИКУМ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность»,
35.03.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2015

УДК 547(075.8)
ББК 24.2я73
П53

Рецензенты: доктор химических наук, профессор
Н.Г. Вилкова;
доктор технических наук, профессор
С.Ю. Андреев

Полубояринов П.А.

П53 Химия. Органическая химия: практикум / П.А. Полубояринов. –
Пенза: ПГУАС, 2015. – 82 с.

Представлен материал по программе курса органической химии для нехимических вузов.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Физика и химия» и предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», а также для студентов, изучающих современные проблемы естествознания.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015
© Полубояринов П.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Органическая химия является базовой, фундаментальной дисциплиной, составляющей вместе с другими разделами общей химии, а также с физикой, математикой и биологией основу знаний о материальном мире, его структуре и происходящих в нем превращениях.

Немаловажное значение для успешного изучения материала имеет выполнение лабораторных работ по органической химии, что позволит студентам наглядно убедиться в правильности теоретических положений данной науки и познакомиться с ее наиболее простыми методами исследований.

Задачей практикума является обучение студентов грамотному ведению экспериментальной работы, а также закрепление теоретических знаний по общим разделам курса. Поэтому в его программу включены не только практические работы по синтезу органических соединений, но и домашние упражнения по данной теме. Темы лабораторных работ и теоретический материал к ним систематизированы как по типам реакций, так и по важным в синтетическом отношении классам веществ.

Вводное занятие включает:

- ознакомление с содержанием практикума, методикой его проведения, литературой по синтезу органических веществ и справочниками, правилами ведения лабораторного журнала;
- организацию работы в лаборатории (распределение рабочих мест, знакомство с устройством лаборатории);
- обучение приемам мытья, сушки и хранения лабораторной посуды;
- изложение требований, предъявляемых к студентам, проходящим практикум;
- изучение правил техники безопасности.

Последовательность выполнения лабораторных работ отражает классификацию углеводов и их производных по характеристическим группам. В начале учебного пособия изложен материал по углеводам как основе построения любого органического соединения. Затем следуют

функциональные производные углеводов, заканчивается учебное пособие полимерами и качественным анализом органических веществ.

Систематический контроль готовности студентов к выполнению работ, а также качества проработки теоретического материала кафедра считает одним из важнейших условий успешного обучения студентов. Контроль осуществляется по четырем каналам:

- своевременная проверка оформления лабораторных журналов (студенту разрешается начать выполнение работы лишь при наличии соответствующих записей в журнале, схемы прибора, таблицы расчета и плана синтеза);

- выборочные опросы по практической части работы и теоретическому материалу;

- обязательное решение минимума задач по каждой теме;

- оценка практической работы студента складывается из грамотного выполнения работы, оформления журнала.

Особое внимание уделяется проведению эксперимента, записи личных наблюдений и характеристике полученных веществ.

Для получения зачета по практикуму необходимо:

- выполнить намеченную программу лабораторных работ и оформить отчеты по ним;

- решить задачи по всем темам.

Настоящий лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», и содержит материал, соответствующий программе курса органической химии для нехимических вузов. Совокупность предлагаемых опытов имеет демонстрационную и аналитическую направленность. Описание каждой лабораторной работы предваряется кратким теоретическим экскурсом в вопросы реакционной способности тех или иных органических соединений и сопровождается вопросами для самопроверки, а также домашними заданиями.

В настоящем пособии обобщен многолетний опыт преподавателей кафедры химии ПГУАС. Авторы выражают благодарность рецензентам за внимательный просмотр рукописи и ценные замечания. Все предложения и замечания, которые могут помочь в дальнейшей работе над практикумом, будут приняты автором с благодарностью.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Введение

Предмет органической химии. Основные причины обособления ее в самостоятельную науку. Сырьевая база органической химии. Классификация органических соединений. Основные положения теории строения органических соединений А.М.Бутлерова. Изомерия органических соединений.

2. Алканы

Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алканов. Общие способы получения, sp^3 -гибридизация углеродного атома. Геометрическое и электронное строение алканов. Химические свойства: реакции замещения H-атомов (галогенирование, нитрование, сульфирование, сульфохлорирование, сульфоокисление); реакции каталитического окисления метана; термические реакции (пиролиз метана, крекинг высших углеводородов). Понятие о радикально-цепном механизме реакции замещения H-атомов. Использование индивидуальных алканов и их смесей в качестве сырьевой базы тяжелого органического синтеза и в качестве топливных материалов. Загрязнение окружающей среды предельными углеводородами.

3. Алкены

Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алкенов. Общие способы получения, sp^2 -гибридизация углеродного атома. Геометрическое и электронное строение алкенов. Химические свойства: реакции присоединения, окисления, полимеризации. Понятие о механизмах электрофильного, нуклеофильного и радикального присоединения по π -связи. Влияние заместителей у sp^2 -гибридизованного углерода на ориентацию реакций присоединения (правило Марковникова) и его объяснение.

4. Алкины

Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алкинов. Лабораторные и технические способы получения ацетилена. sp -гибридизация атома углерода. Геометрическое и электронное строение алкинов. Химические свойства: реакции присоединения, окисления, олигомеризации, замещения H-атомов, присоединение к карбонильным соединениям. Использование ацетилена в органическом синтезе и в технике.

5. Алкадиены

Классификация, номенклатура, изомерия. Промышленный синтез бутадиена-1,3; изопрена, хлоропрена. Сопряжение двойных связей и специфика химических свойств алкадиенов с сопряженными двойными связями: реакции присоединения в положения 1,2 и 1,4; реакции полимеризации. Природный и искусственные каучуки. Вулканизация каучука. Резина.

6. Арены

Гомологический ряд аренов, изомерия, номенклатура. Методы получения. Понятие об ароматичности. Правило Хюккеля. Резонансные структуры бензола. Химические свойства аренов. Реакции электрофильного замещения атомов водорода в аренах: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование. Правила реакций электрофильного замещения, в ароматическом ядре его механизм. Реакции присоединения к бензольному ядру водорода и галогенов. Реакции окисления бензола и его гомологов. Использование в сельском хозяйстве пестицидов на основе аренов.

8. Спирты

Классификация спиртов. Предельные одноатомные спирты, их гомологический ряд, изомерия и номенклатура. Способы получения: каталитическим окислением алканов, гидратацией алкенов, гидролизом галогенпроизводных алканов, гидрированием карбонильных соединений. Влияние на физические свойства спиртов ассоциации их молекул. Химические свойства алканолов: реакции замещения водородного атома на металл, остаток другого спирта (образование простых эфиров), остаток кислоты (образование сложных эфиров); реакции замещения гидроксильной группы на галоген, аминогруппу; реакции окисления; дегидратация и дегидрирование спиртов. Изомерия и номенклатура двухатомных предельных спиртов. Получение этиленгликоля гидролизом 1,2-дихлорэтана и гидратацией этилена. Физические свойства этиленгликоля. Особенности его химического поведения за счет взаимного влияния функциональных групп. Глицерин как представитель трехатомных спиртов. Распространение в природе и технические способы получения. Глицераты. Глицериды. Окисление глицерина. Непредельные спирты: виниловый, аллиловый.

9. Фенолы

Классификация, строение и номенклатура фенолов. Получение одноатомного фенола из бензола, изопропилбензола (кумола). Физические свойства фенола. Химические свойства фенола, обусловленные взаимным влиянием гидроксила и углеводородного радикала. Отличия в химическом поведении спиртов и фенолов. Нитрофенолы (пикриновая кислота). Двух- и трехатомные фенолы (пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол).

10. Альдегиды и кетоны

Гомологические ряды, номенклатура и изомерия альдегидов и кетонов. Получение карбонильных соединений окислением и дегидрированием спиртов, гидролизом геминальных дигалогенпроизводных углеводородов, оксосинтезом. Физические свойства. Химические свойства карбонильных соединений: реакции присоединения водорода, бисульфита натрия, аммиака, синильной кислоты, спиртов; реакции окисления альдегидов; реакции замещения атома кислорода карбонильной группы на галогены, остатки гидроксилamina и гидразина; реакции полимеризации альдегидов; реакции с участием подвижных альфа-водородных атомов (замещение на галоген, альдольная и кротоновая конденсация). Сходства и различия в хи-

мическом поведении альдегидов и кетонов. Особенности химического поведения непредельных и ароматических альдегидов. Природные альдегиды и кетоны. Загрязнение среды обитания формальдегидом.

11. Карбоновые кислоты

Классификация карбоновых кислот. Гомологический ряд предельных одноосновных карбоновых кислот, номенклатура, изомерия. Получение кислот окислением алканов, первичных спиртов и альдегидов, гидролизом нитрилов. Изменение физических свойств в гомологическом ряду. Электронное строение карбоксильной группы. Мезомерия аниона карбоновой кислоты. Химические реакции одноосновных кислот: образование солей ангидридов, галогенангидридов, амидов, сложных эфиров; замещение подвижных атомов водорода в альфа-положении к карбоксилу. Особенности химического поведения муравьиной кислоты. Пальмитиновая и стеариновая кислоты. Бензойная кислота как представитель ароматических карбоновых кислот. Непредельные кислоты: акриловая, олеиновая, линолевая и линоленовая. Гомологический ряд и общие методы синтеза дикарбоновых кислот. Особенности химического поведения.

12. Функциональные производные карбоновых кислот

Соли карбоновых кислот. Мыла и детергенты. Физико-химическое объяснение моющего действия мыла. Проблема уничтожения отходов синтетических моющих средств. Галогенангидриды, ангидриды, амиды, нитрилы. Их получение и свойства. Сложные эфиры: строение, получение, свойства. Жиры, их распространение в природе, состав, строение и свойства. Прогоркание жиров, «высыхание».

13. Углеводы (моносахариды)

Классификация углеводов, распространение в природе, биологическая роль. Строение моносахаридов (глюкозы, фруктозы, рибозы, дезоксирибозы). Оптическая изомерия сахаров, таутомерия. Спиртовые и альдегидные свойства глюкозы. Характерные особенности полуацетального гидроксила.

14. Углеводы (ди- и полисахариды)

Классификация дисахаридов (невосстанавливающие, восстанавливающие). Трегалоза, сахароза, мальтоза, целлобиоза, лактоза: строение и свойства. Классификация полисахаридов. Крахмал, гликоген, инулин: строение и свойства. Гидролиз крахмала. Декстрины. Биологическое значение крахмала. Целлюлоза. Химические свойства целлюлозы (мерсеризация, нитрование, ацелирование). Гидролиз клетчатки. Методы переработки грубых кормов, основанные на химических превращениях целлюлозы. Понятие о гемицеллюлозах и пектиновых веществах.

15. Амины и аминокислоты

Классификация, изомерия и номенклатура аминов. Методы получения (некаталитическим и каталитическим алкилированием аммиака, некатали-

тическим и каталитическим восстановлением нитропроизводных углеводов). Физические свойства. Химические свойства. Роль свободной электронной пары атома азота в проявлении аминами основных свойств. Аминоспирты (этаноламин, холин). Строение, свойства. Классификация, изомерия и номенклатура аминокислот. Распространение в природе. Синтетические и полусинтетические методы получения. Физические и химические свойства. Амфотерная природа аминокислот. Биохимические процессы декарбоксилирования, дезаминирования, переаминирования и поликонденсации аминокислот.

16. Белки

Распространение в природе и биологическая роль. Образование из аминокислот. Строение белков (первичная, вторичная, третичная структуры). Типы межпептидных связей (амидные, дисульфидные, водородные, солевые). Понятие о методах установления строения белков. Гидролиз белков (кислотный и ферментативный). Физико-химические свойства белков. Цветные реакции на белки.

17. Пятичленные гетероциклы

Классификация гетероциклических соединений. Понятие об ароматичности гетероциклов. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом, их ацидофобность. Способность к реакциям электрофильного замещения водорода в альфа-положениях. Взаимопревращения по Юрьеву. Фуран. Тиофен. Пиррол, как структурная единица порфиринов. Понятие о строении хлорофилла и гемина. Индол и его производные.

18. Шестичленные гетероциклы

Пиридин как представитель шестичленных гетероциклов. Сравнительная химическая характеристика пиридина и пиррола. Причины пассивности пиридина в реакциях электрофильного замещения водорода. Циклы с несколькими гетероатомами (пиримидин, пурин). Пираны, пироны, соли пирилия. Селенопираны и соли селенопирилия.

19. Полимеры

Получение и применение полимеров (полиэтилен, полипропилен, полистирол). Проблема загрязнения полимерными изделиями окружающей среды. Медленно и быстро разрушающиеся полимеры. Кремнийорганические соединения. Целлюлоза и ее производные.

1. ПОРЯДОК РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Студенты в химической лаборатории обязаны соблюдать следующие правила:

1. Студенты допускаются к выполнению работ после проверки их подготовленности по теоретическим основам предстоящей работы. Затем студенты знакомятся с конкретным содержанием лабораторной работы: какие опыты необходимо провести, какие для этого нужны исходные вещества, изучают механизм реакции и условия ее протекания. Студенты приступают к работе только после того, как станут ясны ее цель и план выполнения.

2. Все работы, за исключением опытов с неприятно пахнущими, легколетучими и токсичными веществами, студенты выполняют самостоятельно на рабочих местах, которые закрепляются за каждым студентом на все время практикума. Рабочее место всегда должно быть чистым и на нем должны находиться приборы, необходимые в данной работе.

3. При работе соблюдать все условия, отмеченные в руководстве, а также порядок выполнения всех операций.

4. При проведении опытов не отвлекаться и не оставлять приборы без наблюдения.

5. Внимательно следить за ходом реакции.

6. Результаты опытов записывать в специальную тетрадь, на обложке которой указать: наименование практикума, факультет, группу, фамилию и инициалы студента.

7. Записи вести сразу же после окончания опыта. Вначале записать дату, затем наименование темы, содержание работы, уравнения реакций, рисунок прибора (по мере необходимости), расчеты, выводы. По окончании работы подать тетрадь для проверки преподавателю.

8. Все реактивы, необходимые для данной работы, должны находиться на полках над рабочим местом. Концентрированные растворы кислот и гидроксидов щелочных металлов, а также неприятно пахнущие вещества хранятся в вытяжном шкафу, откуда уносить их не разрешается.

9. Пользоваться только реактивами, находящимися на полках над рабочим местом или на специальных столах. После использования реактива склянку тотчас же закрыть пробкой и поставить на прежнее место.

10. При работе с сухими веществами брать их специальной ложечкой (металлической или фарфоровой) или шпателем, который после употребления тщательно обтереть фильтровальной бумагой.

11. Если раствор отбирается пипеткой, то после каждого употребления вымыть ее дистиллированной водой. Особую осторожность соблюдать при отборе кислот и гидроксидов щелочных металлов.

12. Если в руководстве не указаны количества веществ, необходимые при выполнении опыта, то брать их нужно в возможно малом количестве

(сухое вещество должно закрывать дно пробирки, а раствор – занимать 1/6 часть ее объема).

13. Следить за чистотой реактивов: избыток взятого реактива не выливать обратно в ту же склянку, не путать пробки от различных склянок.

14. Концентрированными растворами пользоваться только в тех случаях, когда это специально оговорено в условиях опыта или задачи.

15. После окончания работы привести в порядок свое рабочее место, сдать его дежурному и только тогда уйти из лаборатории.

1.1. Правила оформления отчета по лабораторной работе и его защита

При выполнении лабораторной работы студент обязан вести лабораторный журнал, который предназначен для записи всех наблюдений за ходом эксперимента, расчетов и полученных результатов. При необходимости в нем зарисовывают схему установки или прибора, записывают уравнения реакций. Делая записи в журнале, необходимо четко излагать суть проведенного опыта или синтеза. Такие записи следует проводить или в процессе выполнения работы, или сразу же после ее окончания. Переписывать полностью методики не нужно, отмечая лишь главные моменты.

Схему оформления лабораторной работы можно представить в следующем виде:

Лабораторная работа № _____

Название лабораторной работы: « _____ »

Цель работы: _____

Реактивы и оборудование:

Ход работы (кратко): _____

Наблюдения (и, или уравнения реакций):

Вывод: _____

1.2. Техника безопасности проведения работ в химической лаборатории

Работа в химической лаборатории связана с использованием токсичных веществ, электронагревательных приборов, легковоспламеняющихся веществ и поэтому является работой повышенной опасности, требующей предельной аккуратности и соблюдения правил личной гигиены.

Перед началом работы необходимо обязательно ознакомиться с инструкцией по технике безопасности и строго соблюдать все ее требования.

1. Работы, сопровождающиеся выделением токсичных газов, проводить в вытяжном шкафу.

2. Работы, связанные с использованием легковоспламеняющихся веществ, проводить вдали от места их хранения и вдали от открытого огня.

3. При попадании любого раствора на кожные покровы промыть пораженное место большим количеством воды и поставить в известность преподавателя.

4. Строго запрещается:

- работа с реактивами неизвестного происхождения;
- опробование веществ и растворов на вкус, на ощупь;
- прием пищи и курение в лаборатории;
- использование лабораторной посуды для бытовых целей;
- работа с неисправными нагревательными приборами.

1.3. Методика тушения некоторых видов пожаров в химических лабораториях

1. Тушение загоревшейся одежды на человеке.

При загорании одежды надо действовать с учетом некоторых обстоятельств. При появлении пламени на небольшом участке одежды необходимо сорвать одежду и погасить её на полу, вдали от воспламеняющихся предметов. Если пламя охватило большую часть одежды, нужно закутать пострадавшего в мокрую кошму или какую-нибудь верхнюю одежду. Можно воспользоваться огнетушителем, закрыв пострадавшему глаза. Ни в коем случае нельзя допускать резких движений, если горит одежда!

2. Тушение пожаров на электроустановках.

При возникновении пожара обязательно обесточивают установку, а затем тушат огонь водой, пеной, порошковыми средствами. Если обесточить установку невозможно, применяют углекислотные огнетушители.

3. Тушение пожара на лабораторном столе.

Со стола убрать источник возгорания (горелка, спиртовка, электроплитка), отставить от очага пожара склянки с легковоспламеняющимися

жидкостями, легковоспламеняющиеся предметы и только после этого накрыть пламя кошмой, засыпать песком или применить огнетушитель.

1.4. Очистка и подготовка химической посуды

Перед работой следует проверить чистоту химической посуды, которая необходима для проведения опыта. Использованную посуду нужно вымыть сразу же после окончания работы. С чистой поверхности стеклянного сосуда вода стекает ровным слоем, не образуя жирных пятен и капель. При мытье посуды стенки сосудов прежде всего омывают водой. Осадок, остающийся на стенках, удаляют потиранием стеклянной палочки с резиновым наконечником или ершиком, после чего сосуд снова моют водой. Если при этом загрязнение не удаляется, в сосуд наливают моющую жидкость и вращательным движением смачивают всю поверхность сосуда, а остатки выливают в склянку, где хранится моющая жидкость. Сосуд промывают 6-7 раз водопроводной и ополаскивают дистиллированной водой.

В качестве моющих жидкостей применяют одну из следующих смесей:

а) мыльная вода и растворы бытовых моющих смесей;

б) щелочной раствор перманганата калия. Готовится растворением 5 г KMnO_4 в 100 мл горячего 10 %-го раствора NaOH . Повторно не используют;

в) хромовая смесь (5 %-й раствор дихромата калия в концентрированной серной кислоте). Готовится растворением при нагревании 9,2 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в 100 мл концентрированной серной кислоты. Хромовая смесь сильно разрушает растительные и животные ткани (кожу, одежду, обувь), поэтому работать с ней следует осторожно. При попадании на руки или одежду пораженное место следует обмыть большим количеством воды, затем слабым раствором аммиака или соды, а затем снова водой. Все работы с хромовой смесью проводятся над раковиной;

г) растворы кислот и щелочей;

д) органические растворители (спирт, эфир, ацетон, петролейный эфир, бензин, скипидар, четыреххлористый углерод, дихлорэтан и др.);

е) раствор соды (Na_2CO_3).

2. УГЛЕВОДОРОДЫ

Лабораторная работа № 1 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ

Алканы

Предельными углеводородами (алканами) называют нециклические органические соединения, в которых атомы углерода и водорода соединены между собой только прочными сигма(σ)-связями. Атомы углерода в алканах находятся в состоянии sp^3 -гибридизации. Общая формула предельных углеводородов – C_nH_{n+2} , σ -связи очень прочные и малополяризованные, поэтому реакционная способность этих соединений очень мала. Для алканов характерны реакции радикального замещения. Сильные окислители (дихромат калия, перманганат калия) при комнатной температуре на алканы не действуют. Но при высокой температуре алканы сгорают в кислороде воздуха до CO_2 и H_2O . Алканы не способны к реакциям присоединения.

Опыт № 1. Химические свойства алканов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Гексан.
3. Парафин.
4. Бромная вода ($Br_2 + H_2O$, насыщенная).
5. Раствор $KMnO_4$ (1 %).

Ход работы. В две пробирки наливают по 1 мл гексана. В одну из них добавляют 1 мл бромной воды, в другую – столько же раствора перманганата калия и сильно встряхивают. Обесцвечивания не наблюдается, что свидетельствует о химической инертности алканов.

В другие две пробирки помещают по 0,5 г измельченного парафина (смесь высших твердых углеводородов). В одну из них добавляют бромной воды, а в другую – раствор перманганата калия. Обесцвечивания также не наблюдается.

Вопросы для самопроверки

1. Какие углеводороды называются предельными? Какова общая формула их гомологического ряда?
2. Какие виды изомерии характерны для алканов?
3. Перечислите природные источники предельных углеводородов.
4. Перечислите основные методы получения алканов.
5. В чем причина низкой реакционной способности алканов?
6. Перечислите реакции, характерные для алканов.
7. Приведите примеры реакций с разрывом связей C-H и C-C.
8. Расскажите о применении индивидуальных алканов и их смесей в разных отраслях экономики.

Алкены

Алкенами (этиленовыми углеводородами) называются углеводороды, содержащие двойную связь: одна – сигма (σ)-связь, а другая – пи (π)-связь. Атомы углерода при двойной связи находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Общая формула – C_nH_{n+2} . Химические свойства алкенов обуславливаются прежде всего наличием π -связи. Из-за высокой электронной поляризуемости и относительно низкой энергии образования π -связи, алкены легко вступают в реакции присоединения с разрывом π -связи. Алкены присоединяют водород, галогены, воду, галогеноводороды (по правилу Марковникова). Алкены также вступают в реакции окисления, полимеризации и изомеризации.

Опыт № 2. Получение этилена и его химические свойства.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Штативы с держателями.
3. Пробки с газоотводными трубками.
4. Фарфоровая крошка.
5. Смесь этилового спирта и концентрированной серной кислоты (1:3).
6. Раствор $KMnO_4$ (1 %).
7. Бромная вода (Br_2+H_2O , насыщенная).
8. Раствор Na_2CO_3 (1 %).

Ход работы. В сухую пробирку наливают 3-4 мл готовой смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты, бросают в неё кусочки фарфора для равномерного кипения и закрывают пробкой с газоотводной трубкой. Пробирку закрепляют в держателе штатива под углом 45° и нагревают в пламени спиртовки. Выделение этилена начинается с момента потемнения и закипания смеси. Не допускайте чрезмерно сильного кипения смеси!

Выделяющийся этилен пропускают:

- а) в пробирку с 1-2 мл раствора брома в воде. Наблюдается обесцвечивание оранжевого раствора за счет присоединения брома к этилену;
- б) в пробирку с 1-2 мл раствора перманганата калия, к которому добавлены 1-2 капли раствора соды. Этилен в этих условиях гладко окисляется, образуя двухатомный спирт этандиол-1,2 (этиленгликоль). Малиновый цвет раствора исчезает, т.к. перманганат калия превращается в бурый осадок оксида марганца(IV).

Вопросы для самопроверки

1. Какие углеводороды называются этиленовыми? Какова общая формула их гомологического ряда?
2. Какие виды изомерии характерны для алкенов?
3. Перечислите основные способы получения алкенов.
4. Чем обусловлена специфика химических свойств алкенов?
5. Перечислите реакции, характерные для алкенов.

6. Сравните химические свойства алканов и алкенов.
7. С помощью каких реакций можно различить алкены и алканы?
8. Практическое применение алкенов.

Алкины

Ацетиленовые углеводороды (алкины) – это углеводороды, в которых атомы водорода связаны тройной связью, одна из которых является σ -связью, а 2 другие – π -связями. Углерод при тройной связи находится в состоянии sp -гибридизации. Общая формула алкинов – C_nH_{n-2} . Для алкинов характерны реакции, идущие с разрывом π -связи, это реакции присоединения неполярных и полярных молекул, полимеризации. В отличие от алкенов, для алкинов также характерны реакции замещения атома водорода у sp -гибридизованного атома углерода.

Опыт № 3. *Получение ацетилена и его химические свойства.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Пробирки с отверстием в дне и газоотводными трубками.
3. Карбид кальция.
4. Раствор $KMnO_4$ (1 %).
5. Бромная вода ($Br_2 + H_2O$, насыщенная).
6. Аммиачный раствор оксида серебра (Ag_2O).

Ход работы. В сухую пробирку необходимо положить 2-3 кусочка карбида кальция, налить 3-5 мл воды и быстро закрыть пробкой с газоотводной трубкой, кончик которой необходимо опустить последовательно в пробирку с бромной водой, раствором перманганата калия и аммиачного раствора оксида серебра так, чтобы выделялись пузырьки. Образующийся ацетилен выделяется через газоотводную трубку.

Ацетилен пропускают:

а) в пробирку с 1-2 мл раствора брома в воде. Наблюдается обесцвечивание оранжевого раствора за счет присоединения брома к ацетилену;

б) в пробирку с 1-2 мл раствора перманганата калия. Малиновая окраска раствора при этом исчезает и выпадает бурый осадок оксида марганца (IV). Ацетилен легко окисляется с распадом молекулы, образуя щавелевую кислоту, а затем муравьиную кислоту и углекислый газ.

в) в пробирку с 2-3 мл аммиачного раствора оксида серебра. Выпадает грязно-белый осадок ацетиленида серебра, образующийся в результате замещения атомов водорода в молекулах ацетилена на серебро.

В конце опыта выделяющийся ацетилен поджигают у конца газоотводной трубки. Ацетилен сгорает сильно светящимся и коптящим пламенем.

Вопросы для самопроверки

1. Какие углеводороды называются алкинами? Какова общая формула их гомологического ряда?
2. Какие виды изомерии характерны для алкинов?

3. Перечислите основные способы получения алкинов.
4. Чем обусловлена специфика химических свойств алкинов?
5. Перечислите реакции, характерные для алкинов.
6. Сравните химические свойства алканов и алкинов.
7. Сравните химические свойства алкенов и алкинов.
8. С помощью каких реакций можно различить алканы, алкены и алканы?
9. Практическое применение алкинов.

Ароматические углеводороды (арены)

К ароматическим соединениям относятся соединения с бензольной системой связи, соединения, построенные из конденсированных или неконденсированных бензольных ядер, и их производные.

Характерной особенностью этих соединений является то, что, несмотря на формальную ненасыщенность, они легко вступают в реакции замещения и не вступают в реакции электрофильного присоединения. Реакции присоединения становятся возможными только на свету или при высокой температуре и протекают при этом по радикальному механизму.

Особые свойства аренов связаны с тем, что молекулы этих соединений содержат сопряженную систему делокализованных π -электронов. У гомологов бензола в процессе окисления боковая цепь деструктивно окисляется до карбоксильной группы. Сам бензол окисляется только в жестких условиях, при этом происходит разрушение бензольного кольца.

Опыт № 4. Химические свойства бензола и его гомологов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Бензол.
3. Толуол.
4. Раствор брома в четыреххлористом углероде (1 %).
5. Раствор KMnO_4 (1 %).
6. Железные опилки.
7. Раствор H_2SO_4 (20 %).

Ход работы.

а) Бромирование бензола и толуола.

В одну пробирку наливают 1 мл бензола, а в другую – 1 мл толуола. В каждую пробирку добавляют по 1 мл раствора брома в четыреххлористом углероде. Нагревают пробирки на водяной бане. В пробирке с бензолом обесцвечивания раствора не происходит, т. к. бензол не вступает в реакции замещения и присоединения брома в отсутствие катализаторов или инициаторов реакции.

В пробирке с толуолом происходит медленное обесцвечивание раствора, т.к. метильная группа (ориентант I рода) активирует бензольное кольцо и способствует протеканию реакции замещения атомов водорода в нем.

В пробирку с бензолом и раствором брома добавляют немного желез-

ных опилок и нагревают её. В этом случае происходит довольно быстрое обесцвечивание раствора. Объясните почему. Какова роль железа?

б) Окисление бензола и толуола.

В две пробирки наливают по 1 мл раствора перманганата калия, подкисляют 2-3 каплями раствора серной кислоты и добавляют в одну из них 5-6 капель бензола, а в другую – столько же толуола. Обе пробирки, периодически встряхивая, нагревают на водяной бане.

В пробирке с толуолом наблюдается постепенное изменение цвета от малинового до бурого за счет окисления толуола в бензойную кислоту. Бензол устойчив по отношению к действию перманганата калия, поэтому обесцвечивания раствора не наблюдается.

О п ы т № 5. *Сульфирование бензола.*

Посуда и реактивы:

1. Конические колбы объемом 50-100 мл.
2. Стаканы объемом 100 мл и 500 мл.
3. Раствор хлорида натрия (насыщенный).
4. H_2SO_4 (конц.).
5. Бензол.
7. Лед.

Работу проводить в вытяжном шкафу.

Х о д р а б о т ы . В колбу наливают 10 мл концентрированной серной кислоты и по каплям медленно при перемешивании добавляют 5 мл бензола. Новую порцию бензола добавляют только после растворения предыдущей. Если реакция пойдет очень быстро, то колбу необходимо охладить в ледяной

воде. После растворения всего бензола и охлаждения раствора его приливают небольшими порциями в стакан с 40 мл насыщенного раствора хлорида натрия, охлажденного в ледяной воде. Через некоторое время при потирании стенок стакана стеклянной палочкой, выпадает осадок натриевой соли бензолсульфокислоты в виде блестящих листочков.

О п ы т 6. *Нитрование нафталина.*

Посуда и реактивы:

1. Стаканы объемом 100-200 мл.
2. Пробирки.
3. H_2SO_4 (конц.).
4. Нафталин.

Х о д р а б о т ы . В пробирку помещают 0,5 г нафталина и добавляют 2 мл азотной кислоты. Смесь встряхивают и нагревают на кипящей водяной бане в течение 15 минут. Наблюдается изменение окраски реакционной смеси от бесцветного до оранжевого. По окончании реакции смесь выливают в стакан с 15-20 мл воды, энергично перемешиваемой.

Образующийся в процессе реакции α -нитронафталин выпадает в виде оранжевых тяжелых капель или при выдерживании – в виде тяжелых игольчатых кристаллов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие углеводороды называются ароматическими?
2. Каковы особенности геометрического и электронного строения бензольного кольца?
3. Какие виды изомерии характерны для аренов?
4. Перечислите основные способы получения ароматических углеводородов.
5. Перечислите реакции, характерные для аренов.
6. Сравните химические свойства аренов и алканов.
7. Сравните химические свойства аренов и непредельных углеводородов.
8. Какова практическая значимость ароматических углеводородов?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2,2-диметил-3-этилгексан; 2,3-диметилпентен-1; 3,4-диэтилгексин-1; орто-нитрохлорбензол; 1,2,3-триметилбензол.
2. Напишите структурные формулы всех изомеров вещества состава C_6H_{14} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан \rightarrow ацетилен \rightarrow винилацетилен \rightarrow 2-хлорбутадиен-1,3 \rightarrow 2-хлорбутан \rightarrow 3,4-диметилгексан.

В а р и а н т II

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2,3,4,5-тетраметилоктан; 2,5-диметилгептен-3; 3,3-диэтилоктин-1; мета-динитробензол; 1,3-диметил-2-этилбензол.
2. Напишите схемы сульфирования следующих соединений: бензойной кислоты, толуола, нитробензола, фенола.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропан \rightarrow 2-хлорпропан \rightarrow 2,3-диметилбутан \rightarrow 2,3-диметилбутен-1 \rightarrow 2-бром-2,3-диметилбутан.

В а р и а н т III

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 3,8-диэтилдекан; 4-метил-3,3-диэтилпентен-1; 5-метил-3-этилгексин-1; пара-дихлорбензол.
2. Напишите структурные формулы всех изомерных ароматических углеводородов общей формулой C_8H_{10} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
бутен-1 → 1,2-дибромбутан → бутен-1 → 2-хлорбутан → 3,4-диметилгексан → 3,4-диметилгексен-1.

В а р и а н т IV

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2,3,4,5,6-пентаметилоктан; 3,6-диэтилнонен-1; 3,4-диметилгексин-1; 1,2,3-трихлорбензол.

2. Напишите структурные формулы всех изомеров вещества состава C_6H_{12} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
метан → хлорметан → этан → этен → этин → бензол → бромбензол → ортобромбензолсульфо кислота → бензол.

В а р и а н т V

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2,2-диметил-3-этилгексан; 2-метил-3-хлорбутадие-н-1,3; 4,4-диметилбутин-2; 1,4-диметилбензол.

2. Напишите структурные формулы всех изомерных ацетиленовых углеводородов состава C_6H_{10} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
пропан → 1-хлорпропан → гексан → циклогексан → этилбензол → бензойная кислота.

В а р и а н т VI

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 1,1-дихлор-2-метилбутан; 3,5-диметилгексен-1; 3,4-диметилпентин-1; 3,5,5-триметилгексадиен-1,3; 1-метил-2,3-диэтилбензол.

2. Напишите схемы реакции, отражающих следующие превращения:
этан → хлорэтан → бутан → бутадие-н-1,3 → 1,4-дихлорбутен-2 → 1,4-дихлорбутан.

3. Напишите схемы реакций алкилирования хлорметилом, следующих соединений: метилбензола; нитробензола; хлорбензола.

В а р и а н т VII

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 3-метил-4-этилгептен-3; 2-метилпропен-1; 2,3,5-триметилгексан; 2-хлор-2,3-диметилбутан, 1,3,5-трибромбензол.

2. Напишите структурные формулы всех изомерных ацетиленовых углеводородов состава C_5H_{10} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
пропан → хлорпропан → 1,2-дихлорпропан → пропен → полипропилен.

3. ГИДРОКСИЛПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Лабораторная работа № 2 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПИРТОВ И ФЕНОЛОВ

Спирты

Спиртами называются производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильные группы. По характеру радикала спирты делятся на предельные, непредельные ароматические, гетероциклические. По числу гидроксильных групп спирты подразделяются на одноатомные, двух-, трехатомные и т.д. В зависимости от положения гидроксильных групп в углеводородной цепи различают спирты первичные, вторичные, третичные. Благодаря полярности связи О–Н спирты могут отщеплять протон, т.е. проявлять кислотные свойства, но вследствие слабого ^+I (положительного индуктивного)* эффекта алкильных групп кислотные свойства у спиртов ниже, чем у воды. В ряду первичный спирт > вторичный спирт > третичный спирт кислотные свойства уменьшаются. Для спиртов характерны реакции замещения атомов водорода в гидроксиле, реакции замещения гидроксила и реакции с участием углеводородного радикала.

Опыт № 1. Образование и гидролиз алкоголята натрия.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки с газоотводными трубками.
2. Натрий металлический.
3. Этанол.
4. Раствор фенолфталеина.
5. Лакмусовая бумага.

Ход работы. В сухую пробирку наливают 3 мл этанола и с помощью лакмусовой бумажки убеждаются в нейтральности спирта. После этого в пробирку с помощью пинцета бросают маленький кусочек металлического натрия и закрывают пробкой с газоотводной трубкой.

Металлический натрий бурно реагирует со спиртом с образованием этилата натрия и выделением водорода. После завершения реакции в пробирку добавляют 1 мл воды для разложения этилата натрия на гидроксид натрия и спирт. В пробирку добавляют 1-2 капли фенолфталеина и по появлению малиновой окраски судят о щелочном характере среды.

Опыт № 2. Окисление первичных спиртов.

Посуда и реактивы:

1. Этанол.
2. Раствор $K_2Cr_2O_7$ (5 %).
3. Раствор H_2SO_4 (20 %).

* См. разд. Основные понятия и термины органической химии.

Ход работы. В пробирку наливают 2 мл 5 % раствора дихромата калия и приливают 1 мл водного раствора серной кислоты, встряхивают смесь и добавляют к ней 0,5-1 мл этанола. Осторожно нагревают. Изменение цвета из оранжевого в зеленый указывает на реакцию окисления этанола до уксусного альдегида, который обнаруживается по характерному запаху (лежалых яблок). Первичные спирты окисляются до альдегидов.

Опыт № 3. Окисление вторичных спиртов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Медные спирали.
3. Изопропиловый спирт.

Ход работы. В пробирку наливают 2-3 мл изопропилового спирта и быстро опускают в спирт раскаленную медную спираль. Так повторяют 3-4 раза. Образовавшийся на раскаленной медной спирали оксид меди(II) окисляет изопропиловый спирт до диметилкетона (ацетона), который обнаруживают по характерному запаху ацетона. Вторичные спирты окисляются до кетонов.

Опыт № 4. Качественная реакция на полиатомные спирты.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор CuSO_4 (1 %).
3. Раствор NaOH (10 %).
4. Этанол.
5. Глицерин.

Ход работы. В двух пробирках готовят гидроксид меди. Для этого к 0,5 мл раствора сульфата меди(II) в каждой пробирке добавляют по 0,5 мл раствора гидроксида натрия. Выпадает осадок гидроксида меди(II). В первую пробирку добавляют 3-4 капли глицерина. Нерастворимый в водных растворах гидроксид меди растворяется, и образуется глицерат меди темно-синего цвета. Во вторую пробирку добавляют 0,5 мл этанола. Растворения осадка гидроксида меди не происходит. Темно-синий цвет не возникает.

Фенолы

Фенолы являются гидроксильными производными аренов, содержащих гидроксильную группу у углеродного атома цикла. Фенолы, в отличие от спиртов, имеют более поляризованную связь $\text{O}-\text{H}$ за счет эффекта $p-p$ -сопряжения p -электронов атома кислорода π -электронной системы бензольного кольца. По этой причине фенолы проявляют более кислый характер и способны реагировать со щелочами. Тем не менее фенолы являются слабыми кислотами и уступают по силе угольной кислоте, $p-\pi$ -сопряжение обуславливает повышенную прочность связи $\text{C}-\text{OH}$, в результате чего для фенолов не характерны реакции замещения гидроксильной группы. Тот же эффект $p-\pi$ -сопряжения обуславливает активирование

ароматического ядра в реакциях электрофильного замещения атомов водорода. По этой причине фенолы легко поддаются галогенированию, нитрованию, сульфированию в орто- и параположениях (ОН-группа ориентант I рода).

О п ы т 4. Свойства фенолов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Бромная вода ($\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$, насыщенная).
3. Раствор фенола (0,5 %).
4. Раствор FeCl_3 (1 %).

Х о д р а б о т ы .

а) В пробирку помещают 2-3 капли раствора фенола и избыток бромной воды (4-6 мл). Выпадает белый осадок. В ходе реакции происходит последовательное бромирование бензольного ядра с образованием моно-, ди- и трибромфенола. Бромирование фенола в отличие от бензола протекает очень легко.

б) В пробирку наливают 1 мл раствора фенола и добавляют 1-2 капли раствора FeCl_3 . Возникает интенсивная фиолетовая окраска, указывающая на образование комплексного фенолята железа.

Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества называются спиртами?
2. Какова классификация спиртов?
3. Какие виды изомерии характерны для спиртов?
4. Какие реакции характерны для спиртов?
5. С помощью какой реакции можно отличить одноатомные спирты от многоатомных?
6. Каково геометрическое и электронное строение фенола?
7. В какие реакции вступают фенолы?
8. В чем заключается различие химических свойств предельных спиртов от фенолов?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2-метилпентанол-5; гексанол-3; бутандиол-1,3.
2. Напишите структурные формулы первичных, вторичных и третичных спиртов состава $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан \rightarrow ацетилен \rightarrow бензол \rightarrow бензолсульфокислота \rightarrow натриевая соль бензолсульфокислоты \rightarrow фенол \rightarrow пикриновая кислота.

В а р и а н т II

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропантриол-1,2,3; 2,2-диметилгексанол-3; пирогаллол.

2. Напишите уравнения реакций 2-метилбутанола-2 со следующими веществами: металлическим натрием, хлористым водородом, пятихлористым фосфором, уксусной кислотой.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:

а) метан → метанол → метилацетат

б) ацетилен → бензол → фенол → 2,4,6-трихлорфенол.

В а р и а н т III

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: бутандиол-1,4; 2,3,4-триметилпентанол-3; флороглицин.

2. Напишите уравнения реакций взаимодействия пропанола-2 со следующими веществами: пропанолом-2, хлористым водородом, пятихлористым фосфором, металлическим калием, муравьиной кислотой, перманганатом калия.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан → хлорметан → этан → этен → этанол → этилацетат.

В а р и а н т IV

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:

2-метилгександиол-2,3; 2-метил-3-этил-гептанол-3; гидрохинон.

2. Напишите уравнения химических реакций, отличающие фенолы от спиртов.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропан → пропен → 3-хлорпропен-1 → пропен-1-ол-3(аллиловый спирт) → глицерин.

В а р и а н т V

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 3-метилбутанол-2; пентанол-3; 2,3-диметилбутандиол-2,3.

2. Напишите структурные формулы всех изомеров спирта пентанол-1.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: этанол → этилен → этиленгликоль → глиоксаль.

В а р и а н т VI

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2,2-диметилпропанол-1; 2-метилбутанол-2; бутен-2-диол-1,4.

2. Напишите уравнения реакций взаимодействия этиленгликоля со следующими веществами: металлическим натрием, бромоводородом, метанолом.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
этан → этилен → 2-хлорэтанол → этиленгликоль → щавелевая кислота.

В а р и а н т VII

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: бутантетраол-1,2,3,4; бутин-2-диол-1,4; гександиол-1,6.

2. Напишите уравнения реакций взаимодействия глицерина с уксусной кислотой, азотной кислотой, хлороводородом.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения:
бензол → метилбензол → бензилхлорид → бензиловый спирт.

4. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Лабораторная работа № 3 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

Альдегиды и кетоны – это соединения, содержащие карбонильную группу $>C=O$. В альдегидах она соединена с углеводородным радикалом и атомом водорода: $R - C - H$ (за исключением метанала $H - C - H$); в кетонах –

$$\begin{array}{ccc} \parallel & & \parallel \\ O & & O \\ & & \parallel \\ & & O \end{array}$$

с двумя углеводородными радикалами: $R - C - R$.

Химические свойства альдегидов и кетонов определяются высокополяризованной карбонильной группой: $>C^{\delta+}=O^{\delta-}$. Альдегиды и кетоны легко вступают в реакции нуклеофильного присоединения водорода, гидросульфита натрия, циановодорода. Альдегиды, помимо того, могут присоединять спирты, образуя ацетали. Альдегиды и кетоны вступают в реакции нуклеофильного замещения атома кислорода карбонильной группы. Для альдегидов, в отличие от кетонов, характерны реакции полимеризации. Большое значение имеют реакции конденсации альдегидов и кетонов (альдольная, кротоновая). Альдегиды и кетоны окисляются с образованием кислот. Альдегиды окисляются легко, кетоны – только сильными окислителями с разрывом углеродной цепи. В результате поляризации карбонильной группы сильно повышается подвижность водорода у α -углеродного атома. Он может быть легко замещен на галоген.

Опыт 1. Получение уксусного альдегида окислением этанола.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки с газоотводными трубками.
2. Пробирки.
3. Раствор $K_2Cr_2O_7$ (5 %).
4. Этанол.
5. Фарфор битый.
6. Раствор H_2SO_4 (20 %).

Ход работы. В пробирку наливают 3-4 мл раствора дихромата калия, приливают 1 мл разбавленной серной кислоты, затем добавляют 2 мл этилового спирта и бросают 2-3 кусочка битого фарфора. Пробирку встряхивают, закрывают пробкой с газоотводной трубкой. Конец трубки опускают в пробирку, содержащую 3-4 мл дистиллированной воды (приемник) так, чтобы конец трубки был слегка погружен в воду. Осторожно нагревают пробирку со смесью растворов дихромата калия, серной кислоты, эта-

нола (примерно 5 минут) до заметного увеличения количества жидкости в приемнике. Затем вынимают конец газоотводной трубки из приемника и только после этого прекращают нагревание. Продукт реакции в приемнике оставляют до следующих опытов.

Опыт 2. Окисление альдегидов и кетонов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор NaOH (10 %).
3. Раствор CuSO₄ (1 %).
4. Раствор уксусного альдегида, полученного в предыдущем опыте.
5. Аммиачный раствор оксида серебра (Ag₂O).
6. Ацетон.

Ход работы.

а) Окисление альдегидов соединениями серебра.

В пробирку наливают 3-4 мл раствора NaOH и слегка подогревают на пламени горелки, затем раствор выливают в раковину и споласкивают пробирку дистиллированной водой. Наливают в неё 1 мл аммиачного раствора оксида серебра и добавляют 1 мл раствора уксусного альдегида, полученного в предыдущем опыте. Нагревают реакцию смесь на водяной бане. При этом альдегид окисляется в уксусную кислоту, а оксид серебра восстанавливается до металлического серебра, который осаждается на стенках пробирки в виде зеркального слоя («серебряного зеркала»).

б) Окисление кетонов соединениями серебра.

Во вторую пробирку наливают 0,5 мл аммиачного раствора оксида серебра, добавляют 3-4 капли ацетона и нагревают на водяной бане. Образование зеркального слоя не происходит.

в) Окисление альдегидов соединениями меди(II).

В пробирку наливают 1 мл щелочи и добавляют по каплям раствор медного купороса до образования осадка. К полученному осадку приливают 1 мл уксусного альдегида, полученного в опыте 1, и нагревают смесь на водяной бане. При этом уксусный альдегид окисляется в уксусную кислоту, а оксид меди (II) восстанавливается до оксида меди(I) красного цвета.

Опыт 3. Замещение атомов водорода у α-углеродных атомов кетонов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор йода в растворе йодида калия (2 % + 5 %).
3. Ацетон.
4. Раствор NaOH (10 %).

Ход работы. К 1 мл раствора йода в йодиде калия прибавляют 2 капли ацетона и 1-2 мл воды. Выдерживают реакцию смесь 3-4 минуты. После этого добавляют по каплям раствор NaOH. Из раствора выделяются желтые кристаллы йодоформа (CH₃I) с резким запахом.

Вопросы для самопроверки

1. Какие соединения относят к классу альдегидов и кетонов?
2. В чем различие в строении альдегидов и кетонов?
3. Какие реакции характерны для альдегидов?
4. Перечислить реакции, характерные для кетонов.
5. В чем состоит различие химических свойств альдегидов и кетонов?
6. С помощью каких реакций можно отличить ацетон от изомерного ему пропионового альдегида?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 3-метилпентаналь; 2-метилпентен-3-аль; 2,2,3-триметилгептанон-4.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия масляного альдегида со следующими веществами: водородом, гидросульфитом натрия, аммиаком, этанолом, пятихлористым фосфором, гидразином, аммиачным раствором гидроксида серебра.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: бутан → хлорбутан → бутанол-1 → бутаналь → бутанол-1 → бутен-1 → бутанол-2 → бутанон-2.

В а р и а н т II

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: гексанон-3; 4-оксибутаналь, бензальдегид.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия бензальдегида со следующими веществами: водородом, гидросульфитом натрия, пятихлористым фосфором, аммиачным раствором гидроксида серебра.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропан → пропен → пропанол-2 → пропанон.

В а р и а н т III

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропианаль; 1-бромпропанон; 3-метилбутен-2-аль.
2. Укажите, в какие реакции, характерные для пропанала, не вступает пропанон.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: ацетилен → бензол → метилбензол → бензальдегид → бензойная кислота.

В а р и а н т IV

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 2-метилбутанон; метабромбензальдегид; ортохлорбензальдегид.

2. Напишите уравнение реакции ацетона с гидросульфитом натрия, циановодородной кислотой, пятихлористым фосфором, гидроксиламином, концентрированным раствором перманганата калия.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан → ацетилен → этаналь → 3-оксибутаналь (кротоновый альдегид) → бутаналь.

В а р и а н т VI

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 4-метилгексанон-2; 2-метилпропаналь; пропиаль.

2. Напишите уравнение реакции 4-метилгексанона-2 с гидросульфитом натрия, циановодородной (синильной) кислотой, пятихлористым фосфором, гидроксиламином.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропан → пропен → изопропиловый спирт → пропанон.

В а р и а н т VI

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: пентен-3-он-2; гексин-3-он-2; бутен-2-аль.

2. Напишите уравнение реакции бутанона с циановодородной кислотой, гидразином, пятихлористым фосфором.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропан → 2-хлорпропан → пропанол-2 → пропанон.

В а р и а н т VII

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: 3-метилбутаналь, гексанон-2, метилфенилкетон.

2. Напишите уравнение реакции ацетофенона с циановодородной кислотой, гидразином, гидросульфитом натрия, пятихлористым фосфором.

3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: изопропилбензол (кумол) → пропанон-2 → гидразон.

Лабораторная работа № 5 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОВ

Углеводами называются природные полиоксикарбонильные соединения и их производные. В зависимости от поведения в реакциях гидролиза углеводы подразделяются на:

1. Моносахариды (монозы), не способные гидролизоваться.
2. Олигосахариды: при гидролизе образуют от двух до десяти остатков моносахаридов.
3. Полисахариды: при гидролизе дают свыше десяти остатков моносахаридов.

Моносахариды

Большинство моносахаридов отвечает общей формуле $C_nH_{2n}O_n$. По числу углеродных атомов в молекуле монозы подразделяются на триозы (3), тетрозы (4), пентозы (5), гексозы (6) и т.д. В зависимости от характера карбонила моносахариды делятся на альдозы (альдегидоспирты) и кетозы (кетоспирты). Монозы могут существовать в виде нескольких таутомерных форм: открытых, обладающих карбонильной группой, или циклических – полуацетальных.

α - и β -формы являются по отношению друг к другу диастереомерами и называются аномерами, они различаются лишь конфигурацией гликозидного атома углерода (C_1 – у альдоз, C_2 – у кетоз). Моносахариды являются соединениями с двойственной реакционной способностью. Они вступают во все реакции, характерные для оксосоединений (восстановление, окисление, замещение атома кислорода карбонильной группой) и в то же время вступают в реакции, свойственные спиртам: образование простых и сложных эфиров, замещение водорода гидроксила на металл (сахараты).

Дисахариды. Полисахариды

Дисахариды являются важнейшими представителями олигосахаридов. Дисахарид может быть образован из двух одинаковых или разных остатков моносахаридов. Дисахариды делятся на восстанавливающие и невосстанавливающие. Невосстанавливающие не содержат полуацетальный гидроксил, поэтому не восстанавливают гидроксид меди, аммиачного комплекса серебра, не реагируют с фенилгидразином (сахароза, трегалоза).

Восстанавливающие дисахариды (мальтоза, целлюлоза, лактоза) содержат полуацетальный гидроксил, поэтому проявляют восстанавливающие свойства.

Высокомолекулярные полисахариды делятся на гомополисахариды, состоящие из остатков одного моносахарида (крахмал, целлюлоза, гликоген), и гетерополисахариды, состоящие из остатков разных моносахаридов (инулин, гепарин, гиалуроновая кислота).

Полисахариды в большинстве своем нерастворимы в воде, те же, кото-

рые растворяются в воде, дают при растворении гели. Полисахариды практически не обладают восстанавливающими свойствами, но дают все реакции, характерные для гидроксильных групп.

Строение полисахаридов может быть установлено посредством реакции гидролиза. Макромолекулы полисахаридов при этом распадаются на молекулы меньшего размера, вплоть до моносахаридов.

Опыт 1. Взаимодействие моносахаридов с гидроксидом меди(II).

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор глюкозы (3 %).
3. Раствор фруктозы (3 %).
4. Раствор NaOH (10 %).
5. Раствор CuSO₄ (1 %).

Ход работы. В две пробирки внести по 2 мл растворов глюкозы и фруктозы, добавить 1 мл раствора NaOH, а затем 6-7 капель (не больше!) раствора CuSO₄ и взболтать. Жидкость окрашивается в интенсивно-синий цвет. Содержимое пробирок нагреть на пламени горелки.

Объяснить наблюдаемые явления.

Опыт 2. Взаимодействие глюкозы с аммиачным раствором оксида серебра.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор глюкозы (3 %).
3. Аммиачный раствор оксида серебра (Ag₂O).
4. Раствор NaOH (10 %).

Ход работы. В пробирку наливают 3-4 мл раствора NaOH и слегка подогревают на пламени горелки, затем раствор выливают в раковину и споласкивают пробирку дистиллированной водой. Наливают в нее 2-3 мл раствора глюкозы и такое же количество аммиачного раствора оксида серебра. Нагревают пробирку на водяной бане. Выпадает металлическое серебро, осаждающееся на стенках пробирки в виде зеркального слоя (реакция «серебряного зеркала»).

Опыт 3. Гидролиз сахарозы.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор сахарозы 1 %.
3. Раствор H₂SO₄ (20 %).
4. Раствор NaOH (10 %).
5. Раствор CuSO₄ (1 %).

Ход работы. В пробирку налить 2 мл раствора сахарозы и прибавить 3 капли раствора серной кислоты. Пробирку нагреть на кипящей водяной бане в течение 10 мин, охладить, добавить 2 мл раствора NaOH и 6-7 ка-

пель (не больше!) раствора CuSO_4 , взболтать. Содержимое пробирок нагреть на пламени горелки. Выпадает оранжево-красный осадок оксида меди(I).

Объясните наблюдаемое явление. Сравните с результатом опыта №1.

Опыт 4. *Проба Селиванова на фруктозу.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Реактив Селиванова (20 мл дистиллированной воды + 50 мл концентрированной соляной кислоты + 0,05 г резорцина).
3. Раствор фруктозы (1 %).

Селиванов Ф.Ф. обнаружил, что кетозы при нагревании с резорцином и соляной кислотой образуют вещество, окрашенное в вишнево-красный цвет. Этот метод выявления кетозы (фруктозы) в растворах получил название пробы Селиванова. Обычно применяется для определения фруктозы в растительных соках и жидкостях животного происхождения.

Ход работы. В пробирку наливают 2-3 мл 1 % раствора фруктозы и равное количество реактива Селиванова. Реакционную смесь нагревают на водяной бане. Через несколько минут появляется вишнево-красное окрашивание.

Опыт 6. *Кислотный гидролиз крахмала.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Колбы объемом 100 мл.
3. Раствор крахмального клейстера (1 %).
4. Раствор H_2SO_4 (20 %).
5. Раствор йода в растворе йодида калия (2 % + 5 %).
6. Раствор CuSO_4 (1 %).
7. Раствор NaOH (10 %).
8. Фенолфталеин.

Ход работы. В колбу на 100 мл налить 40-50 мл крахмального клейстера и 1 мл раствора H_2SO_4 . Налить в пробирку 1 мл этой смеси, прибавить каплю раствора йода и наблюдать возникающую окраску (пробирку с пробкой сохраняют до конца опыта). Раствор в колбе помещают на 15-20 минут в кипящую водяную баню. Через каждые 2-3 минуты отливать в пробирки по 1 мл жидкости, быстро охлаждать в стакане с холодной водой, после добавления 1 капли раствора йода наблюдать изменение окраски. Последовательные пробы показывают изменение окраски в реакции с йодом вследствие все более глубокого гидролиза крахмала.

После того как окраска йода при его действии совершенно перестанет изменяться, нагреть смесь еще в течение 2-3 минуты в колбе, охладить, после чего взять 3 мл раствора, нейтрализовать в присутствии 1 капли фенолфталеина раствором NaOH до малиновой окраски, затем добавить еще 1 мл NaOH и 6-7 капель раствора CuSO_4 . Содержимое пробирки нагреть на пламени горелки.

Вопросы для самопроверки

1. Какие органические соединения называются углеводами?
2. По какому принципу осуществляется классификация углеводов?
3. Чем отличается по строению глюкоза от фруктозы?
4. С помощью каких реакций можно доказать наличие в молекуле глюкозы: а) альдегидной группы; б) гидроксильных групп?
5. Чем отличается по строению циклическая форма глюкозы от нециклической?
6. Чем отличаются по строению восстанавливающие дисахариды от невосстанавливающих?
7. Какие моносахариды образуются при гидролизе сахарозы, мальтозы, целлобиозы?
8. Чем отличается строение крахмала от строения клетчатки?
9. Какова роль углеводов в биосфере?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы: альдопентозы; альдогексозы; кетогексозы.
2. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы.
3. Напишите уравнение реакции окисления мальтозы.

В а р и а н т II

1. Напишите уравнения реакций образования глюкозидов при действии метанола в присутствии хлороводорода на α -, D-глюкопиранозу; β -, D-фруктофуранозу.
2. Напишите уравнение реакции гидролиза трегалозы.
3. Напишите уравнение реакции окисления целлобиозы.

В а р и а н т III

1. Напишите уравнения реакций восстановления водородом рибозы, глюкозы, фруктозы.
2. Напишите уравнение реакции гидролиза мальтозы.
3. Напишите схему реакции нитрования целлюлозы.

В а р и а н т IV

1. Напишите уравнения реакций взаимодействия синильной кислоты с глюкозой, рибозой, мальтозой.
2. Чем отличается по строению клетчатка от крахмала? Напишите структурные формулы фрагментов молекул клетчатки и крахмала.
3. Напишите уравнение реакции получения пентаацетилглюкозы.

В а р и а н т V

1. Напишите уравнения реакций окисления оксидом серебра рибозы, глюкозы, мальтозы.
2. Напишите уравнение гидролиза целлюлозы.
3. Напишите уравнение реакций образования глюкозида при действии метанола в присутствии хлороводорода на мальтозу.

В а р и а н т VI

1. Напишите уравнения реакции взаимодействия рибозы с гидроксидом меди.
2. Напишите уравнение получения триацетата целлюлозы.
3. Напишите уравнение реакции получения сахарозы.

В а р и а н т VII

1. Напишите уравнения реакции взаимодействия глюкозы с циановодородной (синильной) кислотой.
2. Напишите уравнение гидролиза крахмала.
3. Напишите уравнение реакций образования метилглюкозидов из глюкозы и фруктозы и метанола в присутствии хлороводорода.

5. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

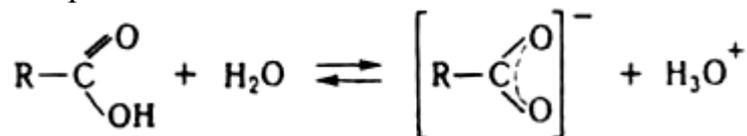
Лабораторная работа № 5 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Карбоновыми кислотами называются производные углеводородов, у которых один или несколько атомов водорода замещены на карбоксильную группу –COOH.

По числу карбоксильных групп различают одноосновные, двухосновные и т.д. карбоновые кислоты.

По характеру углеводородного радикала различают насыщенные, ненасыщенные, ароматические, гетероциклические кислоты.

Карбоновые кислоты обладают кислой реакцией, в водных растворах диссоциируют с образованием мезомерного аниона, стабилизированного делокализацией заряда.



Карбоновые кислоты являются более сильными кислотами, чем спирты.

Положительный мезомерный эффект гидроксильной группы значительно больше, чем отрицательный индуктивный. В результате увеличивается полярность двойной связи C=O и значительно ослабляется связь O–H в гидроксильной группе, что облегчает диссоциацию и приводит к увеличению кислотности. Карбоновые кислоты вступают в реакции с металлами, основными оксидами, гидроксидами, солями, образованными более слабыми кислотами (например угольной), образуя соли.

Карбоновые кислоты вступают в реакции с нуклеофильными реагентами, замещая гидроксил карбоксила, с образованием галогенангидридов, ангидридов, амидов кислот, сложных эфиров.

Вследствие электроноакцепторного действия карбоксила атомы водорода α -углеродного атома обладают большой подвижностью и вступают в реакции замещения. Карбоновые кислоты, как правило, устойчивы к действию окислителей, легко окисляются лишь муравьиная кислота и кислоты, имеющие третичный углеродный атом. При действии энергичных окислителей окисляется атом углерода в β -положении с образованием β -оксикислот.

Опыт 1. Получение карбоновых кислот из солей методом вытеснения.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.

2. Карбонат натрия (Na_2CO_3).
3. Ацетат натрия (CH_3COONa)
4. Сукцинат натрия (янтарнокислый натрий – $\text{NaOOC}(\text{CH}_2)\text{COONa}$).
5. Раствор H_2SO_4 (20 %).

Ход работы. В три пробирки помещают по 1 г соли: в первую – ацетата натрия, во вторую – карбоната натрия, в третью – сукцината натрия. Затем в каждую пробирку добавляют по 2 мл H_2SO_4 . Образование уксусной кислоты обнаруживают по запаху при подогревании, угольной – по выделению углекислого газа, а выделение янтарной кислоты – по образованию мути или осадка (сразу или в течение 5-10 мин).

Опыт 2. Образование нерастворимых солей карбоновых кислот.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор бензоата натрия ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$) (1 %).
3. Раствор стеарата натрия ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$) (1 %).
4. Раствор AgNO_3 (конц.).

Ход работы. В две пробирки наливают по 1 мл растворов бензоата натрия и стеарата натрия. Добавляют в обе пробирки по 5-6 капель раствора нитрата серебра. Мгновенно выпадают объемистые белые осадки серебряных солей.

Опыт 3. Распад щавелевой кислоты при нагревании.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки с газоотводными трубками.
2. Пробирки.
3. Кристаллическая щавелевая кислота ($\text{HOOC-COOH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
4. Известковая вода ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

При нагревании щавелевая кислота теряет кристаллизационную воду, затем отцепляет углекислый газ (реакция декарбоксилирования) и превращается в муравьиную кислоту, которая, в свою очередь, распадается на воду и окись углерода.

Ход работы. В сухую пробирку помещают 1г щавелевой кислоты, закрывают пробкой с газоотводной трубкой, закрепляют в лапке штатива. Конец газоотводной трубки погружают в пробирку с известковой водой. Щавелевую кислоту нагревают в пламени газовой горелки.

Выделение углекислого газа определяют по помутнению известковой воды.

Вопросы для самопроверки

1. Какие органические вещества называются карбоновыми кислотами?
2. Как определить основность карбоновых кислот?
3. Почему карбоновые кислоты, содержащие карбонильную и гидроксильную группы, практически не проявляют свойства кетонов и спиртов?
4. Как влияет размер и характер радикала на силу карбоновых кислот?

5. Как влияет карбоксильная группа на реакционную способность углеводородного радикала?
6. Перечислите основные химические свойства карбоновых кислот.
7. Расскажите о применении низших карбоновых кислот как консервантов кормов и пищевых продуктов.
8. В чем состоит специфика свойств двухосновных кислот?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы следующих кислот: пропионовой, масляной, щавелевой, малоновой, адипиновой. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения реакций муравьиной кислоты с гидроксидом кальция, этанолом, аммиачным раствором гидроксида серебра.
3. Опишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: бутан → уксусная кислота → бромуксусная кислота.

В а р и а н т II

1. Напишите структурные формулы следующих кислот: валериановой, стеариновой, олеиновой, янтарной, фталевой. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения реакций образования из пропионовой кислоты её солей, ангидрида, хлорангидрида, сложного эфира с пропанолом-2, амида.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: ацетилен → бензол → циклогексан → адипиновая кислота → пентанон.

В а р и а н т III

1. Напишите структурные формулы следующих кислот: малеиновой, фумаровой, янтарной.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия уксусной кислоты с этанолом, гидроксидом натрия, пятихлористым фосфором, хлористым водородом.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: этан → этен → этанол → уксусная кислота → хлоруксусная кислота.

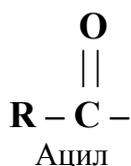
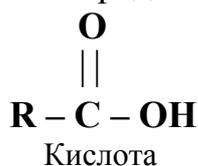
В а р и а н т IV

1. Напишите формулы 2,3-диметилмасляной кислоты, олеиновой кислоты, линолевой кислоты.
2. Напишите уравнения реакции взаимодействия масляной кислоты с гидроксидом натрия, этанолом, пятихлористым фосфором, аммиаком.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: бутан → уксусная кислота → ацетат кальция → ацетон → пропан.

Лабораторная работа № 6 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Под названием «производные кислоты» объединяют все классы органических веществ, которые могут быть получены из органических кислот в результате химических изменений в карбоксильной группе.

Остаток молекулы кислоты без гидроксильной группы называют кислотным радикалом или ацилом.



(R = CH₃-, C₂H₅-, и т.д.)

К производным кислот относятся: соли, галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды.

Опыт 1. *Получение изоамилацетата (уксусно-изоамилового эфира).*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Безводный ацетат натрия (CH₃COONa).
3. Изоамиловый спирт (3-метилбутанол-1).
4. H₂SO₄ (конц.)
5. Стаканы объемом на 100 мл.

Ход работы. В пробирку помещают 2 мл изоамилового спирта и 1 мл концентрированной серной кислоты. Затем добавляют 0,5 г безводного ацетата натрия. Смесь нагревают на кипящей водяной бане в течение 5-6 минут и выливают в стакан с 20-25 мл воды. Образовавшийся сложный эфир всплывает на поверхность, при этом ощущается характерный запах изоамилацетата (запах «грушевой эссенции»).

Опыт 2. *Омыление жиров щелочью в водно-спиртовом растворе.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Жир (маргарин).
3. Раствор NaOH (10 %).
4. Раствор NaCl (насыщ.).
5. Этанол.

Ход работы. В пробирку помещают 0,5 г жира, 1 мл этанола и 5 мл раствора NaOH, затем тщательно перемешивают смесь стеклянной палочкой и нагревают пробирку на кипящей водяной бане. Смесь быстро делается однородной, и через 5-6 минут омыление заканчивается. Берут пробу на полноту омыления, для чего отливают несколько капель смеси в пробирку, добавляют 5-6 мл горячей дистиллированной воды и встряхивают. Если проба растворяется в воде нацело, не выделяя капель жира, омыление

(гидролиз) можно считать законченным. В противном случае реакционную смесь вновь нагревают на водяной бане в течение нескольких минут, после чего вновь проверяют полноту гидролиза.

К полученной густой горячей жидкости при перемешивании прибавляют горячий насыщенный раствор хлорида натрия. Раствор мутнеет, и выделяется слой мыла, всплывающий на поверхность. При охлаждении реакционной смеси слой мыла затвердевает.

Опыт 3. Выделение жирных кислот из мыла.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Мыло.
3. Раствор H_2SO_4 (20 %).

Ход работы. Растворяют при нагревании 0,5-1 г мыла в горячей дистиллированной воде. К полученному раствору приливают 2 мл раствора H_2SO_4 , встряхивают и ставят в кипящую водяную баню на 10-15 минут. Выделяющиеся жирные кислоты (стеариновая, пальмитиновая, линолевая и др.) всплывают в виде прозрачного маслянистого слоя.

Опыт 4. Гидролиз мыла.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Мыло.
3. Дистиллированная вода.
4. Фенолфталеин.
5. Спирт этиловый

Ход работы. Около 0,2 г твердого мыла растворить в 5 мл этилового спирта, затем добавить 2 капли фенолфталеина. Затем осторожно по стенке влить эту жидкость в другую пробирку с 3-5 мл воды и наблюдать изменение окраски на границе двух слоев.

Опыт 5. Открытие непредельных жирных кислот в маслах.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Растительное масло.
3. Раствор $KMnO_4$ (1 %).
4. Бромная вода ($Br_2 + H_2O$, насыщенная).
5. Раствор Na_2CO_3 (1 %).

Жидкие растительные масла содержат главным образом глицериды ненасыщенных жирных кислот: олеиновой ($C_{17}H_{35}COOH$), линолевой ($C_{17}H_{33}COOH$), линоленовой ($C_{17}H_{29}COOH$).

Открытие их в жирах может быть осуществлено обычными качественными реакциями на двойную связь.

Ход работы. В пробирку наливают 2-3 мл бромной воды и добавляют 3-4 капли растительного масла. При встряхивании за счет присоединения брома по двойным связям раствор обесцвечивается. Реакцию можно

осуществить и количественно, чем пользуются для определения степени непереносимости жира – важной характеристики его свойств.

В другую пробирку наливают 2-3 мл раствора перманганата калия, добавляют 2-3 капли раствора соды (Na_2CO_3), 3-4 капли растительного масла и сильно встряхивают. Наблюдается исчезновение малиновой окраски реактива.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под названием «производные карбоновых кислот»?
2. Какие классы органических соединений относятся к производным карбоновых кислот?
3. Что такое жиры?
4. Чем различаются по строению животные и растительные жиры?
5. Как из жидкого жира получить твердый?
6. Что такое мыло?
7. С помощью какой реакции из жира получают мыло?
8. Что называется восками? Какова их биологическая роль?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы солей, галогенангидридов, ангидридов, амидов, сложных эфиров уксусной и масляной кислот.
2. Напишите реакции, протекающие при действии воды на: хлорангидрид пропионовой кислоты; бромангидрид масляной кислоты; бензойный ангидрид; фталевый ангидрид.
3. Напишите уравнения реакций гидролиза триглицеридов: трипальмитина, олеодистеарина.

В а р и а н т II

1. Напишите уравнения реакций валериановой кислоты с гидроксидом кальция, метанолом, хлором, аммиаком, пятихлористым фосфором.
2. Напишите уравнения реакций, протекающих при нагревании с водным раствором NaOH метилацетата, бутилпропионата, хлористого ацетила.
3. Напишите формулу всех изомерных триглицеридов, содержащих остаток пальмитиновой кислоты и 2 остатка стеариновой кислоты.

В а р и а н т III

1. Напишите уравнения реакций гидролиза метилформиата, изоамилацетата, фталевого ангидрида, ацетамида.
2. Напишите уравнения реакций гидролиза триглицеридов: тристеарина, олеопальмитостеарина.

3. Напишите формулу всех изомерных триглицеридов, содержащих 1 остаток стеариновой, 1 остаток линолевой и 1 остаток пальмитиновой кислоты.

В а р и а н т IV

1. Напишите уравнения реакций образования этилацетата, ацетамида, ангидрида янтарной кислоты, динатриевой соли глутаровой кислоты.

2. Напишите уравнения реакций гидролиза триглицеридов: триолеина, диолеостеарина.

3. Напишите уравнения реакций, отражающих следующие превращения: пропан \rightarrow пропен \rightarrow глицерин \rightarrow олеопальмитосеарин.

6. АЗОТОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

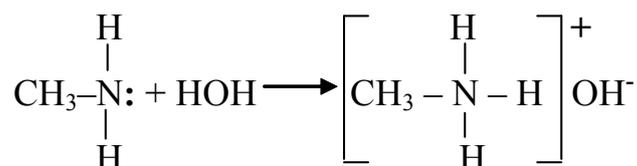
Лабораторная работа № 7 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОВ, АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКОВ

Амины

Амины – это производные аммиака, в котором один или более атомов водорода замещены на углеводородный радикал.

В зависимости от того, сколько атомов водорода замещено радикалами, различают амины – первичные $R-NH_2$, вторичные R_2-NH , третичные R_3-N . Кроме того, возможно образование четвертичных аммониевых оснований, которые также можно формально представить как продукт замещения атомов водорода в катионе аммония на углеводородный радикал.

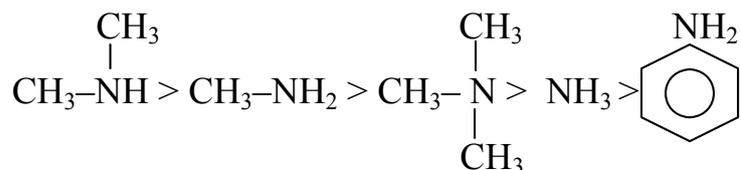
Являясь органическими производными аммиака, амины сохраняют его главные химические особенности. В частности, амины проявляют основные свойства:



Метиламин

Гидроксид метиламмония

Основность аминов тем выше, чем больше электронная плотность на атоме азота. Вследствие этого амины можно расположить в порядке возрастания основности:



Важнейшими реакциями аминов являются алкилирование, ацилирование и реакция с азотной кислотой, которая позволяет различать первичные, вторичные и третичные амины.

Опыт 1. Основные свойства аминов.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор анилина гидрохлорида (или анилина сульфата) (5 %).
3. Бромная вода ($\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$, насыщенная).
4. Фенолфталеин.
5. Раствор NaOH (10 %).

Ход работы.

- а) Разложение соли анилина.

В пробирку с раствором анилина гидрохлорида (или анилина сульфата) прибавляют одну каплю фенолфталеина, а затем по каплям раствор NaOH до возникновения помутнения за счет начавшегося выделения анилина. Если опыт выполнен правильно, то при этом малиновая окраска фенолфталеина не появляется и раствор остается бесцветным.

в) Действие брома на анилин.

В пробирку помещают одну каплю анилина, добавляют 3 мл воды, встряхивают и добавляют понемногу бромную воду. Наблюдаются обесцвечивание бромной воды и образование белого осадка 2,4,6-триброманилина.

Напишите все реакции последовательного бромирования анилина с введением в ядро одного, двух и трех атомов брома.

Опыт 3. Окисление анилина.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор анилина гидрохлорида (или анилина сульфата) (5 %).
3. Раствор $K_2Cr_2O_7$ (5 %).
4. Раствор H_2SO_4 (20 %).

Ход работы. В пробирку наливают 0,5 мл раствора гидрохлорида анилина (или анилина сульфата), добавляют 2 мл воды и встряхивают. Затем добавляют 3 мл раствора $K_2Cr_2O_7$ и 1 мл раствора H_2SO_4 . Полученную смесь перемешивают стеклянной палочкой. При этом анилин окисляется и образуется вначале зеленая масса, затем происходит посинение и, наконец, смесь становится черной, называется «черный анилин». Эта краска применяется для окраски кожи и тканей.

Опыт 4. Цветная реакция солей анилина с лигнином.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Разные сорта бумаги (газета, писчая бумага, ватман, фильтровальная бумага).
3. Раствор анилина гидрохлорида (или анилина сульфата) (5 %).
4. Разбавленная соляная кислота.

Ход работы. Каплю раствора анилина гидрохлорида (или анилина сульфата) помещают на кусочек газетной бумаги, которая всегда содержит много лигнина (инкрустирующего вещества древесины). Немедленно появляется желто-оранжевое пятно. Помещают каплю раствора на образцы другой бумаги. Чем лучше сорт бумаги, тем меньше в ней лигнина, тем слабее будет окраска пятна. На фильтровальной бумаге, которая представляет собой почти чистую клетчатку и не содержит лигнина, окрашивание совсем не получается.

Аминокислоты и белки

Аминокислоты являются важными производными карбоновых кислот, в которых один или более атомов водорода углеводородного радикала замещены на аминогруппу. В зависимости от положения аминогруппы относительно карбоксильной группы различают α -, β -, γ - и т. д. аминокислоты.

Своеобразие аминокислот определяется тем, что в них имеются две функциональные группы: аминогруппа – с основными свойствами и карбоксильная – с кислотными свойствами. Причем кислотные свойства α -аминокислот выражены значительно сильнее, чем у незамещенных карбоновых кислот, а основные свойства выражены слабее, чем в алифатических аминах.

Таким образом, аминокислоты – амфотерные соединения, что проявляется в реакциях образования солей как с кислотами, так и со щелочами. Аминокислоты могут давать как реакции, характерные для карбоновых кислот, так и реакции, свойственные аминам. Кроме этих двух групп свойств, для аминов характерны специфические свойства, которые зависят от степени удаленности аминогруппы от карбоксила.

Важнейшими из аминокислот являются α -аминокислоты, так как они являются составными частями белков и участвуют в важнейших биологических процессах. Молекулы α -аминокислот в белках связаны по амидному типу. Эту связь называют пептидной, а полимерные соединения, образованные из остатков α -аминокислот, – полипептидами.

Белки – это природные высокомолекулярные соединения, состоящие из множества остатков α -аминокислот, соединенных пептидной связью.

В организации молекул белков различают несколько уровней: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Вторичная, третичная и четвертичная структуры легко нарушаются при самых различных воздействиях: нагревании, действии кислот, солей тяжелых металлов и т.д. При нарушениях такого рода исчезают свойства природного белка – происходит его денатурация. Иногда эти превращения обратимы. Это говорит о том, что на свойства белковой молекулы прежде всего влияет первичная структура, а именно последовательность соединения различных аминокислот в молекуле белка.

Существует ряд реакций, позволяющих определить качественный состав белков:

- биуретовая – на пептидную связь;
- ксантопротеиновая и реакция Миллона – на ароматические и гетероциклические аминокислоты;
- реакция Фоля, определяющая серосодержащие аминокислоты.

Белки растворяются в различных растворителях – в воде, растворах солей, в щелочах, кислотах, спирте. При определенных условиях белки способны выпадать в осадок, причем осаждение может быть обратимое (выса-

ливание) и необратимое. Способность белков осаждаться при определенных условиях используется для их обнаружения и разделения.

Опыт 1. *Аминные свойства аминокислот.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор аминокислоты (10 %).
3. Раствор нитрита натрия (NaNO_2 , 10 %).
4. Уксусная кислота (конц.).

Подобно первичным аминам аминокислоты реагируют с азотистой кислотой с выделением газообразного азота.

Ход работы. В пробирку наливают 2-3 мл раствора аминокислоты, прибавляют 2-3 мл раствора нитрита натрия и 1-2 капли концентрированной уксусной кислоты. При этом происходят диазотирование аминной группы, распад диазосоединения с образованием оксикислоты и выделением азота в виде пузырьков газа.

Опыт 2. *Образование солей аминокислот.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор аминокислоты (10 %).
3. Раствор CuSO_4 (1 %).
4. Раствор NaOH (10 %).

α -аминокислоты легко образуют комплексные соли тяжелых металлов при взаимодействии с гидроксидом меди. Эта комплексная соль не разрушается при действии щелочи с образованием гидроксида меди, что свойственно обычным солям меди.

Ход работы. В пробирку налить 2-3 мл раствора аминокислоты, добавить 4-5 капель раствора NaOH и 3-4 капли раствора CuSO_4 . Смесь нагреть в течение 3-4 мин на кипящей водяной бане. Образуется медная комплексная соль аминокислоты (хелат), и раствор окрашивается в интенсивно-синий цвет.

Опыт 3. *Денатурация белков.*

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
 2. Раствор белка (белок одного куриного яйца + 200 мл воды).
 3. Уксусная кислота (конц.).
 4. Раствор NaOH (10 %).
 5. Раствор CuSO_4 (1 %).
 6. Раствор FeCl_3 (1 %).
- а) Тепловая денатурация.

При нагревании большинство белков денатурируется. Их молекулы принимают форму беспорядочного клубка, нарушается вторичная, третичная и четвертичная структуры. При этом уменьшается растворимость белков, возрастает вязкость их растворов, исчезает ряд характерных свойств,

образуется плотный осадок. Наиболее плотно свертываются белки при нагревании их растворов в слабокислой среде, хуже – в нейтральной, а в щелочной свертывания совсем не наблюдается. Тепловая денатурация белков необратима.

Ход работы. В три пробирки наливают по 2 мл раствора белка. В первую пробирку добавляют 1-2 капли раствора уксусной кислоты, во вторую – 6-7 капель раствора едкого натра, в третью – 6-7 капель воды. Затем содержимое всех трех пробирок нагревают на спиртовках до кипения. Наблюдают процесс свертывания белка.

б) Денатурация солями металлов.

Соли тяжелых металлов осаждают белки из растворов, образуя с ними нерастворимые в воде солеобразные соединения. Осаждение происходит очень полно. Прибавление избытка соли ведет к растворению образовавшегося осадка. Это объясняется адсорбцией ионов металлов на белковой молекуле, приводящей к ее электрической заряженности и повышению растворимости.

Ход работы. В две пробирки наливают по 2 мл раствора белка. В первую пробирку наливают по каплям раствор CuSO_4 , во вторую – раствор FeCl_3 до образования осадка. Прибавление избытка растворов солей ведет к растворению осадка.

Опыт 4. Цветные качественные реакции на белки.

Посуда и реактивы:

1. Пробирки.
2. Раствор белка.
3. HNO_3 (конц.).
4. Раствор аммиака (25 %).
5. Раствор NaOH (10 %).
6. Раствор CuSO_4 (1 %).

а) Ксантопротеиновая реакция.

Эта реакция обнаруживает в белке аминокислоты с ароматическими ядрами (фенилаланин, тирозин, триптофан). Жёлтое окрашивание появляется в результате нитрования бензольных ядер азотной кислотой с образованием желтых полинитросоединений.

Ход работы. В пробирку наливают 2 мл раствора белка и добавляют 1 мл концентрированной азотной кислоты. Появляется мутный осадок (частичная денатурация белка). Пробирку нагревают. Появляется желтая окраска. Добавляют в пробирку концентрированный раствор аммиака. Желтый цвет постепенно переходит в оранжевый.

б) Биуретовая реакция.

Биуретовая реакция обнаруживает наличие в молекуле белка пептидных группировок.

Х о д р а б о т ы . В пробирку налить 1 мл раствора белка, 1 мл раствора NaOH, 5 капель раствора CuSO₄. При встряхивании жидкость окрашивается в ярко-фиолетовый цвет.

Вопросы для самопроверки

1. Какие органические соединения называются аминами?
2. Что лежит в основе классификации аминов?
3. Какой вид изомерии характерен для аминов?
4. Приведите пример первичного, вторичного и третичного аминов.
5. Какая функциональная группировка определяет основные свойства аминов?
6. Почему амины являются органическими основаниями?
7. Сравнить основные свойства первичных, вторичных, третичных аминов с основными свойствами аммиака.
8. Какая реакция позволит отличить первичный амин от вторичного и от третичного аминов?
9. Дать определение аминокислотам.
10. Как классифицируют аминокислоты?
11. Какими химическими свойствами обладают аминокислоты?
12. Перечислить свойства карбоксильной группы.
13. Перечислить свойства аминогруппы.
14. Как ведут себя при нагревании α -, β -, γ -аминокислоты?
15. Какова биологическая роль α -аминокислот?
16. Дать определение белкам.

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: аланин, 2-аминобутановая кислота, орнитин.
2. Напишите уравнения реакций глицина с соляной кислотой, азотистой кислотой, этанолом, аммиаком.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: бутан \rightarrow уксусная кислота \rightarrow 2-хлоруксусная кислота \rightarrow глицин.

В а р и а н т II

1. Напишите структурные формулы изомеров аминов состава C₅H₁₃N. Назовите их.
2. Напишите уравнения реакций диметиламина с водой, серной кислотой, азотистой кислотой, уксусным ангидридом.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан \rightarrow хлорметан-1 \rightarrow этан \rightarrow хлорэтан \rightarrow этанол \rightarrow диэтиламин.

В а р и а н т III

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: валин, лейцин, 2-аминопентановая кислота.
2. Напишите уравнения реакций аланина с соляной кислотой, азотистой кислотой, этанолом, аммиаком.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: пропанол-1 → пропаналь → пропановая кислота → 2-хлорпропановая кислота → аланин → дикетопиперазин.

В а р и а н т IV

1. Напишите уравнения реакций гидролиза аланилглицина, аланилаланина.
2. Напишите структурные формулы всех трипептидов, в состав которых входят остатки молекул глицина, аланина, валина.
3. Напишите уравнения реакций, характеризующих амфотерный характер аминокислот.

В а р и а н т V

1. Напишите структурные формулы всех изомеров аминов (ароматических) состава C_7H_9N . Назовите их.
2. Напишите уравнения реакций 1-аминобутана с водой, соляной кислотой, азотистой кислотой, уксусным ангидридом.
3. Напишите схемы реакций, отражающих следующие превращения: метан → ацетилен → бензол → нитробензол → анилин → диметиламинобензол.

В а р и а н т VI

1. Напишите уравнения реакции гидролиза: аланилглицилсерина, глицилфенилаланилаланина.
2. Объясните, почему в водных растворах в присутствии минеральных кислот аминокислоты перемещаются к катоду, в присутствии щелочей – к аноду.
3. Что такое «вторичная структура» белковой молекулы? Что такое α -спираль Полинга?

В а р и а н т VII

1. В каких реакциях обнаруживается различие между первичными, вторичными и третичными аминами. Напишите их уравнения.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия метиламина с серной кислотой, соляной кислотой, водой, хлористым ацетилом, хлороформом, гидроксидом натрия.
3. Напишите схему реакций, отражающих следующие превращения: этан → этен → этанол → этиламин → диэтиламин → хлорид диэтиламмония.

7. ПОЛИМЕРЫ

Лабораторная работа № 8 СИНТЕЗ, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ

Высокомолекулярными органическими соединениями (ВМС) называют вещества, в состав молекулы которых входят сотни и тысячи отдельных атомов, связанных друг с другом химическими связями. Следовательно, каждая молекула полимера представляет собой гигантское образование, имеющее молекулярную массу, измеряемую десятками и сотнями тысяч атомных единиц массы (а.е.м.). Вследствие большого размера молекул их называют макромолекулами.

Особенностью химического строения макромолекул ВМС является множество повторяющихся звеньев одного или нескольких типов, называемое элементарным звеном. Число, показывающее, сколько раз в макромолекуле повторяется элементарное звено, называется степенью полимеризации (СП) и обозначается символом n .

По происхождению полимеры подразделяются на:

- природные (натуральные), которые существуют в природе (крахмал, целлюлоза, лигнин, казеин, каучук, белки и др.);
- искусственные, получаемые из природных полимеров путем их химической обработки (вискозный, ацетатный шелк, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), карбоксиметалкрахмал (КМК), эфиры целлюлозы и др.);
- синтетические, которые получают путем химического синтеза (полиэтилен, поливинилхлорид, полиамиды и др.).

Высокомолекулярные вещества синтезируют с помощью реакций полимеризации и поликонденсации.

Полимеризация – процесс получения высокомолекулярных соединений, при котором макромолекула образуется путем последовательного присоединения молекул низкомолекулярного вещества – мономера – к растущему активному центру; процесс полимеризации представляет собой цепную реакцию, в результате которой получают полимеры с большой молекулярной массой.

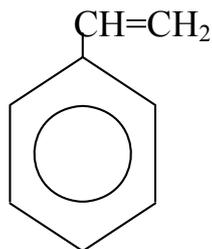
Примером реакции полимеризации может служить образование полиэтилена из этилена. Эта реакция протекает по следующей схеме:



В этой схеме n – степень полимеризации, т. е. число молекул мономера (число структурных единиц), объединенных в молекулу полимера.

В образовании полимеров могут принимать участие не только алкены или гомологи ацетиленов, но и ароматические углеводороды с ненасыщенной связью в боковой цепи. Таким углеводородом является, например,

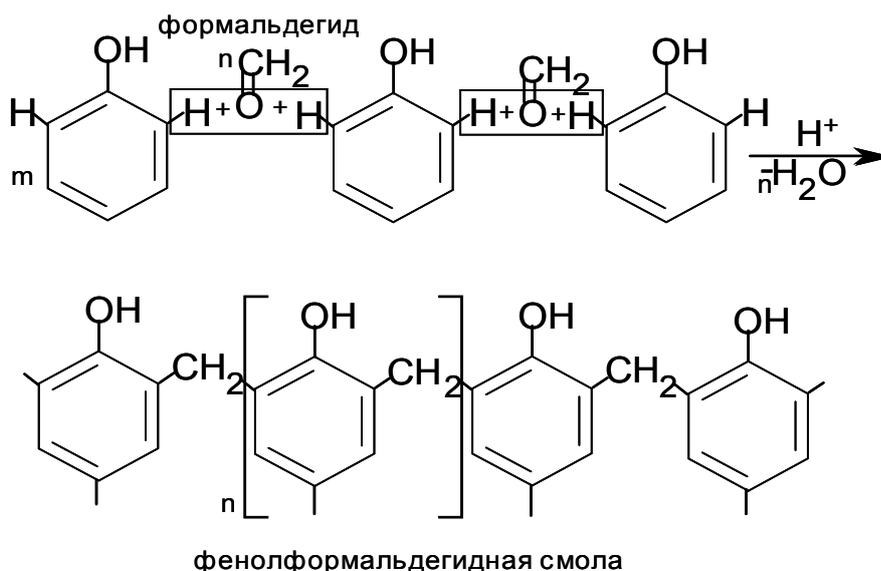
стирол:



Стирол – бесцветная жидкость, кипящая при 145,2 °С, нерастворимая в воде.

Поликонденсация – процесс получения высокомолекулярных соединений, при котором образование макромолекул сопровождается выделением низкомолекулярных веществ, например воды. При поликонденсации элементный состав полимера не совпадает с элементным составом исходных веществ.

Примером реакции поликонденсации может служить получение полиформальдегидной смолы из фенола и формальдегида, которое сопровождается выделением воды. Эта реакция протекает по следующей схеме:

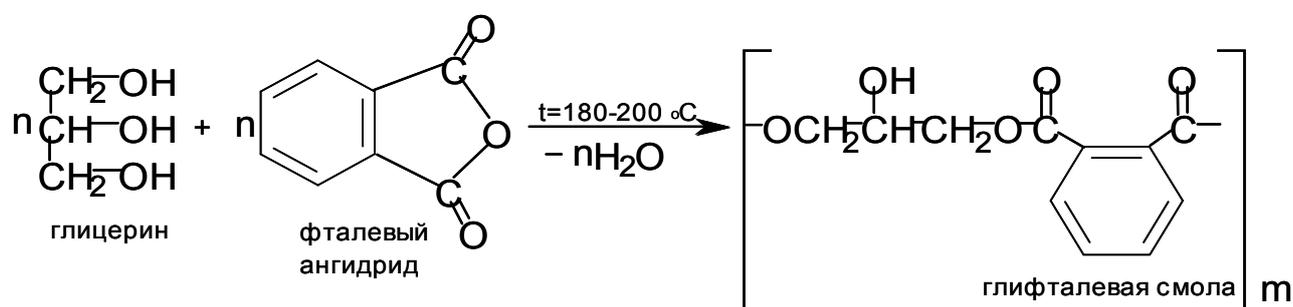


Реакция поликонденсации, как и все реакции конденсации, является обратимой. Для максимального превращения исходных веществ в полимер из системы необходимо удалить низкомолекулярный продукт реакции. Поликонденсация – типичная ступенчатая реакция, в результате которой получают полимеры с малой молекулярной массой – олигомеры.

Олигомеры – молекулярно-однородные вещества с низкой молекулярной массой, которые являются гомологами полимера. Каждое высокомолекулярное вещество в действительности представляет собой смесь полимергомологов, то есть макромолекул различной длины. Значение молекулярной массы таких веществ является усредненной величиной.

Продукты поликонденсации обычно называют смолами. Они представляют собой смеси легкорастворимых и плавких олигомерных соединений, которые при дальнейшем нагревании не подвергаются дополнительной конденсации, однако могут отверждаться (сшиваться) в соответствующих условиях. Отверждение смол может осуществляться либо при действии кислотных катализаторов, либо в присутствии бифункциональных сшивающих агентов. Олигомерные смолы превращаются при этом в сетчатые, разветвленные нерастворимые полимеры с большой молекулярной массой.

Фталевый ангидрид с гликолями, глицерином или пентаэритритом образует полифталаты – алкидные смолы. В реакции с глицерином получают глифталевые смолы:



Алкидные смолы часто модифицируют добавлением других компонентов, например ненасыщенных жирных кислот и их эфиров. Так получают высыхающие алкидные смолы.

Алкидные смолы широко используются для изготовления лаков и красок и в качестве связующего в производстве линолеума.

Опыт 1. Получение глифталевой смолы.

Посуда и реактивы:

1. Песчаная баня.
2. Фарфоровый стакан.
3. Часовое стекло.
4. Глицерин.
5. Термометр.
6. Фталевый ангидрид.

Ход работы. В фарфоровый стакан поместите 22,0 г фталевого ангидрида и 13,3 г безводного глицерина и прикройте его часовым стеклом. Смесь быстро нагрейте на воздушной или песчаной бане до температуры 180 °С и поддерживайте эту температуру в течение двух часов. Затем реакционную смесь нагрейте до 200-220 °С и нагревание продолжайте до образования полимера, труднорастворимого в ацетоне.

В процессе синтеза отберите пробы реакционной смеси. Первую пробу отберите тотчас же после расплавления фталевого ангидрида, следующие пробы – через 15, 30, 45 мин и через 1, 2 часа. Фталевый ангидрид при на-

гревании возгоняется и кристаллизуется на холодных стенках воронки. Его необходимо счищать в реакционный сосуд и тщательно перемешать реакционную смесь. Работу следует проводить в вытяжном шкафу.

Опыт 2. Определение молекулярной массы полистирола или полиметилметакрилата вискозиметрическим методом.

Вискозиметрический метод не требует специального оборудования и не связан с большой затратой времени, поэтому он представляется наиболее удобным в повседневной практике. Однако этот метод не является абсолютным и может быть применен только для таких систем полимер – растворитель, для которых уже определены константы, входящие в эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между характеристической вязкостью раствора и молекулярной массой полимера. Значения этих констант определяют экспериментально на основании абсолютных методов.

Метод основан на уравнении Марка – Куна – Хаувинка:

$$[\eta] = KM^\alpha,$$

где M – молекулярная масса полимера;

K и α – константы, значения которых для отдельных систем полимер – растворитель приведены в табл. 1;

$[\eta]$ – характеристическая вязкость, являющаяся предельным значением приведенной вязкости при бесконечном разбавлении раствора,

$$[\eta] = \lim(\ln \eta_{уд}/C) \text{ с } \rightarrow 0.$$

Удельную вязкость $\eta_{уд}$ можно рассматривать как относительное приращение вязкости растворителя при растворении в нем полимера:

$$[\eta] = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{\eta}{\eta_0} - 1 = \eta_{отн} - 1, \quad (1)$$

где η – вязкость раствора;

η_0 – вязкость растворителя;

$\eta_{отн}$ – относительная вязкость раствора.

Т а б л и ц а 1

Вискозиметрические константы для некоторых полимеров

Полимер	Растворитель	Температура	$K \cdot 10^4$	α
Полистирол	Толуол	25°C	1,70	0,69
Полиметилметакрилат	Ацетон	30°C	0,77	0,70

Таким образом, определение молекулярной массы полимера сводится к измерению относительной вязкости его раствора при нескольких концентрациях и нахождению предельного значения приведенной вязкости. По-

следнее очень удобно сделать методом экстраполяции, построив графическую зависимость $\eta_{\text{уд}}/C = f(C)$ (рис. 1).

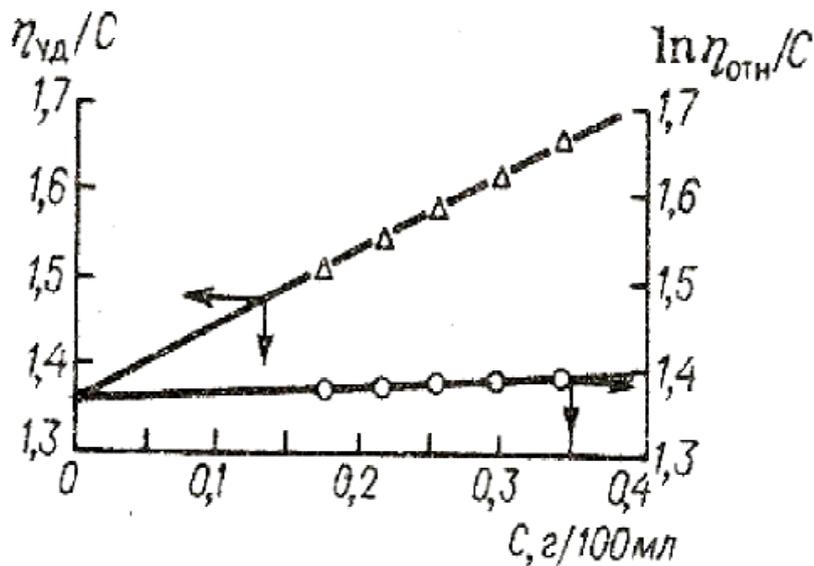


Рис.1. График зависимости $\eta_{\text{уд}}/C = f(C)$

Характеристическая вязкость может быть описана также следующим уравнением:

$$[\eta] = \lim(\ln \eta_{\text{отн}}/C) \text{ с } \rightarrow 0. \quad (2)$$

В этом случае для экстраполяции строят графическую зависимость $\ln \eta_{\text{отн}}/C = f(C)$ (см. рис.1). Так как прямые, проведенные через найденные точки, в этом случае имеют меньший наклон, то результат экстраполяции следует считать более надежным.

Посуда и реактивы:

- 1) вискозиметр Оствальда или Уббелоде;
- 2) раствор полистирола в толуоле с концентрацией 1 г/100 мл;
- 3) толуол;
- 4) раствор полиметиметакрилата в ацетоне с концентрацией 1 г/100 мл;
- 5) ацетон.

Определение молекулярной массы полимера начинают с приготовления растворов заданной концентрации разбавлением исходного раствора с концентрацией 1 г/100 мл в соответствии с табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Соотношение реактивов

Объем исходного раствора полимера, мл	2	5	15	20
Объем добавленного растворителя, мл	18	15	5	0
Концентрация раствора, г/100 мл	0,10	0,25	0,75	1,0

В тщательно высушенный вискозиметр Оствальда залить через широкую трубку 10 мл растворителя. Необходимо всегда заливать определенный одинаковый объем растворителя или раствора, так как высота столба жидкости, создающего давление, зависит от объема исследуемой жидкости. После 10-минутного ожидания капилляр и измерительный шарик промыть растворителем. Затем определить не менее чем 3 раза время истечения растворителя t (с) и взять среднее значение, причем отсчеты по секундомеру не должны различаться более чем на 0,2 с.

Аналогично измеряют время истечения растворов. Для этого следует вылить растворитель через широкое колено и заполнить вискозиметр раствором меньшей концентрации. Определить время истечения раствора t . По уравнениям (1), (2) рассчитывают относительную, удельную и приведенную вязкости. Результаты измерений и расчетов представляют в виде табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты измерений и расчетов

Концентрация раствора, С,	Время истечения, t, с				$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{уд}}/C$
	1	2	3	Ср.			
0,1							
0,25							
0,75							
1,0							

На основании экспериментальных данных, а также используя константы из табл. 1, рассчитывают молекулярную массу полимера по формуле

$$[\eta] = KM^a$$

О п ы т 2. Термическое разложение полимера при обычном горении

Метод основан на визуальном наблюдении за поведением образца при внесении его в пламя горелки. При легком воспламенении образца его сразу удаляют из пламени; если он плавится и сжигается, его держат в огне до воспламенения, но не более 10 секунд. Воспламенившийся материал наблюдают вне пламени горелки, определяют запах продуктов горения, а по запаху устанавливают тип полимера по следующей схеме и таблице 2.

Вискозный шелк – легко загорается и горит вне пламени горелки. Зола легкая, бесцветная, запах жженой бумаги.

Ацетатный шелк – загорается с заметным предварительным плавлением. Горит медленно и вне пламени горелки. Образуется твердый темный шарик. Запах уксусной кислоты.

Капрон – плавится, образуя янтарный шарик. Загорается не сразу, горит быстро и вне пламени горелки, при этом плавится и тухнет. Запах жженого рога.

Лавсан – не горит, плавится с образованием твердого неровного шарика. Хлорин – плавится и обугливается, вне пламени не горит, запах хлора.

Поведение полимеров при горении

Отношение к нагреванию	Цвет пламени	Запах	Возможное вещество
Плавится легко, загорается, не обугливается	Почти несветящееся	Горелого парафина (свечи)	Полиэтилен или его гомолог
Плавится с разложением, горит только в пламени горелки, обугливается	Коптящее, зеленое (у основания), после гашения белый дым	Резкий запах хлороводорода	Поливинилхлорид
Плавится, горит и вне пламени горелки, обугливается	Пламя большое, копящее, яркое	Сладковатый, цветочный запах	Полистирол
Не горит, сохраняет форму, частично обугливается	–	Запах формальдегида и аммиака	Карбамидоформальдегидная смола
То же	–	Сильный запах рыбы и формальдегида	Меламиноформальдегидная смола
То же	–	Запах фенола и формальдегида	Фенолоформальдегидная смола
Загорается не сразу, горит вне пламени горелки, не обугливается	Среднее пламя, светящееся с потрескиванием	Запах эфирный, сладковатый, цветочно-плодовый	Полиметилметакрилат

Посуда и реактивы:

1. Спиртовка.
2. Образцы полимеров.

Х о д р а б о т ы . Образцы полимеров поджечь от пламени спиртовки в вытяжном шкафу. По отношению к нагреванию, цвету пламени и запаху охарактеризовать полимеры и указать возможное вещество. Все данные перенести в пустую таблицу, аналогичную табл. 4.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается особенность растворения полимеров?
2. Что такое осадитель и как количественно определить растворимость полимера?
3. Какие растворители используются при растворении полимеров: полиамида, полистирола, полиметилметакрилата, поливинилхлорида, фенолоформальдегидного полимера?
4. Перечислите особенности горения полимерных волокон: хлорина, капрона, лавсана.
5. Назовите порядок анализа полимеров при горении.
6. Чем определяется горючесть полимеров?

7. Укажите характерные признаки при горении полимеров: полистирола, поливинилхлорида, меламина, формальдегидного полимера.

8. Проведите идентификацию по горению полимеров: полиамида, полиметилметакрилата, карбамидного, фенолоформальдегидного полимеров.

9. На чем основан пиролиз полимеров и как его использовать для идентификации полимеров?

10. Перечислите методы определения азота, серы, галогенов в полимерах.

11. Перечислите полимеры, содержащие галогены, азот и серу.

12. Какие полимеры дают реакцию на фенол?

13. Какие полимеры идентифицируют по карбамиду?

14. Какие полимеры дают реакцию на альдегиды?

Домашние задания

В а р и а н т I

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере природных целлюлозных волокон.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (полиэтилен, полипропилен)?

3. Приведите примеры органических, неорганических и элементарно-органических ВМС.

4. Общие представления о реакции полимеризации.

5. Сущность реакции поликонденсации, ее отличие от реакции полимеризации.

В а р и а н т II

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере целлюлозы.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (фенолоформальдегидная смола, глифталевая смола)?

3. Приведите классификацию карбоцепных полимеров. Охарактеризуйте область их применения.

4. Ступенчатая полимеризация.

5. Механизм реакции поликонденсации.

В а р и а н т III

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере полипропилена.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (поливинилхлорид, тефлон (тетрафторэтилен))?

3. Приведите классификацию гетероцепных полимеров. Охарактеризуйте область их применения.

4. Общие понятия цепной полимеризации.

5. Гомополиконденсация.

В а р и а н т IV

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере динитроцеллюлозы.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (полистирол, полиметакрилат)?

3. Приведите классификацию полимеров по форме макромолекул, а также примеры полимеров, различающихся по форме макромолекулярной цепи.

4. Механизм радикальной полимеризации.

5. Гетерополиконденсация.

В а р и а н т V

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере ацетатного шелка.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (полиэфирное, вискозное, шелковое волокна)?

3. Образование регулярных и нерегулярных ВМС. Синдиотактические, изотактические и атактические полимеры.

4. Механизм катионной полимеризации.

5. Линейная поликонденсация.

В а р и а н т VI

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере полиэфирных волокон.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (хлопковое, полиэфирное, полиамидное (капрон) волокна)?

3. Гомополимеры и сополимеры. Типы сополимеров.

4. Механизм анионной полимеризации.

5. Поликонденсация на примере фенолформальдегидной смолы.

В а р и а н т VII

1. Особенности химического строения полимеров. Понятия: макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации, мономер. Рассмотреть на примере полипропилена.

2. Признаки, положенные в основу классификации полимеров. По каким признакам они различаются и какие признаки у них общие (полиэфирное, вязкое, шелковое волокна)?

3. Физические состояния полимеров: агрегатное, фазовое, релаксационное.

4. Полимеризация на примере поливинилхлорида.

5. Особенности синтеза сополимеров. Примеры сополимеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Человек живет в мире органических соединений, и сам является частью этого мира. Материальную основу всех известных нам форм жизни составляют функционирование и превращения органических соединений.

Очень легко проследить гносеологические цепочки, связывающие органическую химию как фундаментальную науку с такими прикладными областями, как технология, переработка и использование природного органического сырья (нефть, газ, уголь, природные полимеры), химия и технология синтетических полимеров, лекарственных веществ, красителей, моющих и душистых веществ и т.д.

Современная строительная индустрия в наше время находится на подъеме. Строить современные сооружения можно только из материалов, отвечающих требованиям сегодняшнего дня. На инженера-технолога по производству строительных материалов возложены большие задачи – дать современной промышленности строительных материалов не только качественные цемент, керамику, стекло, но и принципиально новые материалы. Не менее сложная и ответственная задача по сохранению живой природы возложена на инженера по защите окружающей среды. В этом огромную роль может сыграть органическая химия.

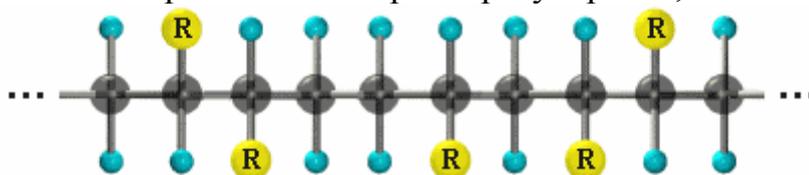
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артеменко, А.И. Органическая химия [Текст]: учебник для вузов / А.И. Артеменко. – М.: Высшая школа, 2000 – 559 с.
2. Нейланд, О.Я. Органическая химия [Текст]: учебник для вузов / О.Я. Нейланд. – М.: Высшая школа, 1988 – 750 с.
3. Баранова, А.Г. Лабораторный практикум по органической химии [Текст]: учеб. пособие. / А.Г. Баранова, О.Я. Беляева, В.Д. Мальков, И.А. Шентенкова. – Пенза: Изд-во ПГАСА, 2002. – 123 с.
4. Марковцева, О.В. Органическая химия [Текст]: методические указания / О.В. Марковцева, В.А. Вихрева. – Пенза: Изд-во ПГСХА, 2002. – 72 с.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

АКЦЕПТОР ЭЛЕКТРОНА – соединение, к которому может быть перенесен электрон.

АТАКТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ – если боковые заместители в макромолекулах располагаются в беспорядке относительно плоскости основной цепи, то такой полимер является стереонерегулярным, или атактическим.



АЛКИДНЫЕ СМОЛЫ – продукты взаимодействия многоосновных кислот, многоатомных спиртов и одноосновных высших жирных кислот. Последние вводят в реакцию в виде индивидуальных органических соединений или в составе растительных масел. Широко распространены алкидные смолы, получаемые из фталевой кислоты и глицерина или пентаэритрита.

АНИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – ионная полимеризация, при которой концевое звено растущей цепи несет полный или частичный отрицательный заряд. Иницируется анионная полимеризация сильными основаниями, донорами электронов, электрическим током и ионизирующими излучениями. В промышленности анионную полимеризацию применяют главным образом для синтеза эластомерных материалов непрерывной полимеризацией в растворе. Методами анионной полимеризации синтезируют также полиэтиленоксид, полиформальдегид, полисилоксаны. Основные достоинства анионной полимеризации – легкость управления, возможность получения почти всех гомо- и сополимеров бутадиена на одном и том же оборудовании при минимальных изменениях технологического процесса, высокая чистота получаемых продуктов.

БИОПОЛИМЕРЫ – высокомолекулярные природные соединения – белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, а также их производные. Являются структурной основой живых организмов и играют определяющую роль в процессах жизнедеятельности.

ВИСКОЗА – раствор ксантогената целлюлозы в разбавленном водном растворе NaOH. Качество вискозы определяется её составом, вязкостью, зрелостью, фильтруемостью и прозрачностью.

ВОЛОКНА СИНТЕТИЧЕСКИЕ – химические волокна, формируемые из синтетических полимеров. В промышленности для получения синтетических волокон применяют полиамиды, полиэфиры, полиакрилонитрил, полиолефины, поливинилхлорид, поливиниловый спирт.

Производство синтетических волокон складывается из следующих стадий:

1) приготовление прядильного расплава или раствора с последующим удалением из него примесей и пузырьков воздуха;

2) формование волокна из раствора (расплава) с последующим вытягиванием в пластичном состоянии и термофиксацией;

3) отделка сформированных волокон (обработка различными реагентами, замасливание, сушка, кручение, упаковка).

ВУЛКАНИЗАЦИЯ – технологический процесс резинового производства, при котором каучук превращается в резину. Сущность процесса вулканизации – соединение макромолекул каучука поперечными связями в пространственную вулканизационную сетку. Количество поперечных связей, образующихся при вулканизации, определяет степень сшивания каучука, или степень вулканизации.

ГАЗОФАЗНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – способ проведения полимеризации, при котором мономер находится в газовой фазе, а продукт реакции образует твердую дисперсную или жидкую фазу.

ГЕТЕРОГЕННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – полимеризация на гетерогенных катализаторах или инициаторах. Механизм такой полимеризации может быть радикальным, ионным или координационно-ионным, в зависимости от природы возбудителя. Особенность – протекание актов роста цепи в адсорбционных слоях или на поверхности возбудителя.

ГЕТЕРОЦЕПНЫЕ ПОЛИМЕРЫ – полимеры, макромолекулы которых содержат в основной цепи разнородные атомы.

ГИДРИРОВАНИЕ – присоединение водорода к молекуле.

ГИДРАТАЦИЯ – присоединение воды к молекуле.

ГОМОЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ – реакции, идущие с участием частиц с неспаренным электроном – свободным радикалом.

ДЕЛОКАЛИЗОВАННАЯ СВЯЗЬ – связь, электронная пара которой рассредоточена между несколькими (более 2) ядрами атомов (подобие металлической связи).

Такая делокализация (рассредоточение) электронов характерна для сопряженных π -связей, т.е. кратных связей, чередующихся с одинарными.

Сопряженная система



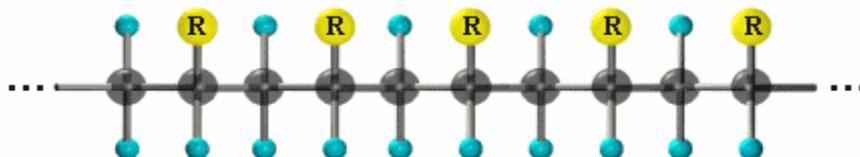
делокализованные π -связи

Несопряженная система



локализованные π -связи

ИЗОТАКТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ – это такие полимеры, где заместители R в основной цепи макромолекул находятся по одну сторону от плоскости цепи.



ИНДУКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ (полярный эффект) – смещение электронной плотности химической связи по σ -связям. Является разновидностью эффекта поля.

Понятие об индуктивном эффекте было введено К. Ингольдом, им же были введены обозначения:

+I – эффект в случае повышения заместителем электронной плотности;

–I – эффект в случае понижения заместителем электронной плотности

В качестве вещества сравнения берут незамещённое соединение, то есть нулевой индуктивный эффект принимается для атома водорода.

Характерной особенностью индуктивного эффекта по сравнению с мезомерным эффектом является его быстрое затухание по цепочке связей.

Среди наиболее характерных +I-групп можно выделить: алкильные группы, металлы, металлоидные группы (борные, фосфорные и пр.); среди наиболее характерных групп с –I-эффектом выделяются заряженные группы (из-за эффекта поля), такие, как триалкиламмониевые, диалкилсульфониевые и др. соли, нитрогруппа, гидроксигруппа, алкоксигруппа, аминогруппа, галогены и т. п.

Фактически эффект обусловлен в первую очередь атомом, с которым непосредственно связан исходный атом углерода, и определяется, таким образом, разницей электроотрицательностей атомов.

ИНИЦИИРОВАНИЕ – реакция или процесс, генерирующий свободные радикалы, которые затем участвуют в цепной реакции.

ИОН-РАДИКАЛ – радикал, имеющий электрический заряд. Положительно заряженный радикал называют «катион-радикал», отрицательно заряженный радикал – «анион-радикал».

ИЮПАК (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC) – Международный союз теоретической и прикладной химии.

ИОНИЗАЦИЯ – генерация одного или нескольких ионов. Может происходить при потере электрона нейтральной молекулой за счет мономолекулярного гетеролиза на два или несколько ионов.

КАТИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – ионная полимеризация, в которой растущий конец полимерной цепи несет положительный заряд. К этой полимеризации способны: олефины, ароматические соединения с ненасыщенной боковой цепью, алифатические альдегиды и тиоальдегиды, виниловые эфиры и тиоэфиры, кетены, нитрилы, диазоалканы, цианамиды, изоцианаты, напряженные циклоалканы, гетероциклические простые и сложные эфиры, ацетали, амиды, амины, сульфиды, дисульфиды, силоксаны, иминоэфиры.

КАУЧУКИ СИНТЕТИЧЕСКИЕ (СК) – эластичные синтетические полимеры, которые могут быть переработаны в резину. СК общего назначения (напр., изопреновые, бутадиеновые) применяют в тех же резиновых изделиях, что и натуральный каучук; СК специального назначения - в изделиях, которые должны обладать масло- и бензостойкостью (напр., бутадиен-нитрильные каучуки), тепло- и морозостойкостью (напр., кремнийорганические каучуки) или другими свойствами, отсутствующими у нату-

рального каучука. Из СК изготавливают изделия ок. 50 тыс. наименований; крупнейший потребитель – шинная промышленность.

КАЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ – позволяет установить, из каких химических элементов состоит анализируемое соединение, какие ионы, группы атомов или молекул входят в его состав.

КООРДИНАЦИОННО-ИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – ионная полимеризация, при которой встраиванию очередной молекулы мономера в полимерную цепь предшествует ее координация с компонентами растущего конца цепи (активного центра). Наиболее типична для процессов, развивающихся под действием катализаторов, содержащих переходные металлы. По координационно-ионному механизму способно полимеризоваться большинство известных ненасыщенных и гетероциклических мономеров. Для некоторых из них (напр., для пропилена и высших α -олефинов, циклич. олефинов) это единственный способ образования высокомолекулярных полимеров.

КРЕКИНГ – высокотемпературная переработка нефти и её фракций с целью получения, как правило, продуктов меньшей молекулярной массы – моторных топлив, смазочных масел и т.п., а также сырья для химической и нефтехимической промышленности. Крекинг протекает с разрывом связей С–С и образованием свободных радикалов или карбанионов. Одновременно с разрывом связей С–С происходят дегидрирование, изомеризация, полимеризация и конденсация как промежуточных, так и исходных веществ.

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ (силиконы) – синтетические полимеры, в молекулах которых содержатся атомы кремния и углерода. Большое значение в промышленности имеют полиорганосилоксаны (полисилоксаны), основная молекулярная цепь которых построена из чередующихся атомов кремния и кислорода, а атомы углерода входят в состав боковых (обрамляющих) групп, связанных с атомом кремния: $\text{HO}[-\text{Si}(\text{R}, \text{R}')-\text{O}-\text{Si}(\text{R}, \text{R}')-\text{O}-]_n\text{H}$ (R, R' – органические радикалы, например CH_3-). В зависимости от молекулярной массы кремнийорганические полимеры – вязкие бесцветные жидкости (кремнийорганические жидкости), твердые эластичные вещества (кремнийорганические каучуки) или хрупкие продукты (кремнийорганические пластики). Наиболее важные свойства кремнийорганических полимеров – хорошие диэлектрические характеристики, высокая термостойкость, гидрофобность, физиологическая инертность; некоторые каучуки морозостойки.

ЛИПОФИЛЬНЫЙ – термин применяется к молекулам (или их частям), имеющим склонность растворяться в жироподобных растворителях (например, углеводороды).

МАКРОМОЛЕКУЛА (от греч. makros – большой и молекула) – молекула полимера. Макромолекулы имеют цепное строение: состоят из одинаковых или различных структурных единиц – составных звеньев, представляющих собой атомы или группы атомов, соединенные друг с другом ко-

валентными связями в линейные последовательности. Последовательность соединенных друг с другом атомов, образующих собственно цепь, называется хребтом цепи или цепью главных валентностей, а заместители у этих атомов – боковыми группами. Макромолекулы могут иметь линейное или разветвленное строение. В разветвленных макромолекулах различают основную и боковые цепи. Основные характеристики макромолекул – химическое строение, длина цепи (степень полимеризации, относительная молекулярная масса) и гибкость.

МЕЗОМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ (эффект сопряжения, резонансный эффект) – вид взаимного влияния атомов в молекуле или ионе, заключающийся в статической поляризации сопряженной системы связей. Обусловлен смещением р-электронов сопряженных связей или неподеленных пар в сторону атомов с недостроенной до октета электронной оболочкой. Электронное смещение (обозначается изогнутой стрелкой) приводит к появлению частичных электрических зарядов на концах сопряженной цепи. Положительным мезомерным эффектом (+ M) обладают электронодонорные группы, способные к частичной или полной передаче пары электронов в общую сопряженную систему. Электроноакцепторные группы, поляризующие сопряженную систему в противоположном направлении, характеризуются отрицательным мезомерным эффектом (–M): + M – эффект уменьшается:



МЕТАЛЛОПОЛИМЕРЫ – металлонаполненные полимеры или пористые металлы, пропитанные полимерными композициями. Наполнителями служат порошки, волокна и ленты, получаемые практически из любых металлов или сплавов, в частности: железа, меди, никеля, серебра, золота, олова, алюминия, кобальта, свинца, цинка, хрома, титана, вольфрама, висмута, кадмия, циркония, молибдена.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА ПОЛИМЕРА – средняя статистическая величина относительных молекулярных масс макромолекул, составляющих полимер. Определяется видом молекулярно-массового распределения и способом усреднения, то есть принципом, лежащим в основе метода определения молекулярной массы.

МОНОМЕР – вещество, каждая молекула которого может образовать одно или несколько составных или повторяющихся составных звеньев.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ – полимеры с неорганической (не содержащей атомов углерода) главной цепью макромолекулы. Боковые (обрамляющие) группы – обычно тоже неорганические; однако полимеры с органическими боковыми группами часто также относят к н. п. (строгого деления по этому признаку нет).

НУКЛЕОФИЛЬНЫЕ РЕАГЕНТЫ – частицы с электронодонорными свойствами, которые образуют связь со своим партнером в реакции (электрофилом), отдавая неподеленную электронную пару или оба связывающих электрона полярной связи.

ОЛИГОМЕРЫ – полимеры сравнительно небольшой молекулярной массы, занимающие по размеру молекул область между мономерами и высокомолекулярными соединениями. К олигомерам относятся многие синтетические смолы – полиэфирные, эпоксидные, фенолоальдегидные, алкидные.

ПИРОЛИЗ – термолиз, обычно связанный с действием высокой температуры.

ПЛАСТИФИКАТОРЫ – специальным образом подобранные компоненты, способные ослаблять межмолекулярное взаимодействие в полимерах и снижать температуру стеклования. Введение пластификаторов улучшает свойства изделий из полимеров.

ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ (пластмассы – пластики) – материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные приобретать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения. Помимо полимера, могут содержать наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, пигменты и другие компоненты.

ПОЛИМЕР ГЕТЕРОЦЕПНОЙ – полимер, основная цепь которого построена из атомов различных элементов.

ПОЛИМЕР ГОМОЦЕПНОЙ – полимер, основная цепь которого построена из атомов одного элемента. Под основной цепью полимера понимают такую последовательность химически связанных атомов, которая имеет существенно большую длину, чем длина боковых ответвлений.

ПОЛИМЕР КАРБОЦЕПНОЙ – гомоцепной полимер, основная цепь которого построена из атомов углерода.

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – метод синтеза полимеров, при котором взаимодействие молекул мономера (или мономеров) не сопровождается обычно выделением побочных низкомолекулярных соединений. Используется в промышленности для получения полиолефинов, полистирола, полиакрилатов, большинства каучуков.

ПРАВИЛО ХЮККЕЛЯ – моноциклические системы тригонально гибридованных атомов, которые содержат $(4n+2)$ р-электронов (где n – всегда положительное число) и всегда проявляют ароматический характер.

РАДИКАЛ – молекула, имеющая неспаренный электрон. Парамагнитные ионы обычно рассматривают как радикалы.

РАДИКАЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ – полимеризация, в которой активные центры роста представляют собой свободные радикалы, возможна для большинства виниловых, винилиденовых, диеновых мономеров, а также для некоторых напряженных циклических соединений. Радикальная полимеризация – один из основных промышленных методов, которым по-

лучают более половины производимых в мире полимеров, в т.ч. полиэтилен (высокого давления), полистирол, сополимеры этилена и стирола с различными полярными мономерами, поливинилхлорид, полиакрилаты и полиметакрилаты, ряд синтетических каучуков и водорастворимых карбоцепных полиэлектролитов.

РЕАКЦИЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ – реакция, приводящая к одному продукту из двух или трех реагирующих молекул. В результате образуется две связи.

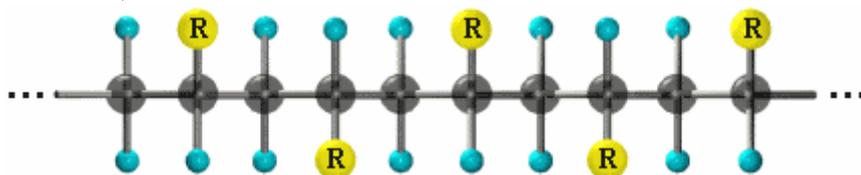
РЕАКЦИЯ КОНДЕНСАЦИИ – реакция с участием двух или нескольких реагентов, в которой образование основного продукта сопровождается образованием воды или других (аммиак, этанол, сероводород) простых соединений.

РЕАКЦИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ – элементарная или многостадийная реакция, в которой один атом или группа замещается другим атомом или группой.

РЕАКЦИЯ С ПЕРЕНОСОМ ПРОТОНА – химическая реакция, главной особенностью которой является межмолекулярный или внутримолекулярный перенос протона от одного реакционного центра к другому.

РЕАКЦИЯ ЭЛИМИНИРОВАНИЯ – реакция, обратная реакции присоединения.

СИНДИОТАКТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ – это такие полимеры, у которых заместители R расположены строго очередно по одну и другую стороны от плоскости цепи.



СОЛЬВАТАЦИЯ – любое стабилизирующее взаимодействие растворенного вещества с растворителем или аналогичное взаимодействие с растворителем отдельных групп нерастворимого вещества (ионные группы в ионно-обменных смолах). Примерами такого взаимодействия являются обычные электростатические и вандерваальсовы силы, а также химически более специфические эффекты, такие, как образование водородной связи.

СТЕПЕНЬ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ – среднее число звеньев мономера, приходящееся на одну молекулу полимера.

СТЕРЕОРЕГУЛЯРНЫЕ ПОЛИМЕРЫ – полимеры, линейные молекулы которых состоят из звеньев, имеющих либо одинаковые, либо разные, но чередующиеся в соответствии с некоторой закономерностью пространственные конфигурации. К первому типу с. п. относятся, например, изотактические полимеры, 1,4-цис- и 1,4-трансполидиены (бутадиеновые каучуки, каучук натуральный), ко второму – синдиотактические полимеры. Стереорегулярность молекулы в ряде случаев является необходимым условием реализации кристаллического состояния полимера. С. п. часто об-

ладают лучшим комплексом механических свойств, чем соответствующие нестереорегулярные. К числу с. п. относятся, например, выпускаемые промышленностью изотактический полипропилен, синдиотактический поливинилхлорид, стереорегулярный бутадиеновый каучук, а также некоторые природные полимеры, например целлюлоза, каучук натуральный.

СРОДСТВО К ЭЛЕКТРОНУ – энергия, высвобождающаяся, когда дополнительный электрон присоединяется к молекуле. Измерение возможно в газовой фазе.

СРОДСТВО К ПРОТОНУ – энергия, высвобождающаяся в газофазной реакции между протоном и молекулой с образованием соответствующей сопряженной кислоты.

СТАДИЯ РЕАКЦИИ – одна или несколько (возможно экспериментально неразличимых) стадий реакции, протекающей с участием определяемого или предполагаемого промежуточного продукта.

ТАУТОМЕРИЯ – явление обратимой изомерии, при которой два или более изомера легко переходят друг в друга. При этом устанавливается таутомерное равновесие, и вещество одновременно содержит молекулы всех изомеров в определенном соотношении.

ТЕРМОЛИЗ – в нефтепереработке и нефтехимии общий термин для процессов химических превращений нефтяного сырья, осуществляемых при высоких температурах без применения катализаторов.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ – это совокупность известных методов исследования, используемых на практике для установления химического состава вещества. Он обычно проводится с целью определения качественного или количественного состава изучаемых соединений и подразделяется на качественный и количественный анализ, соответственно.

ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫЕ РЕАГЕНТЫ – частицы с электроноакцепторными свойствами, которые образуют связь со своим партнером в реакции (нуклеофилом), акцептируя оба электрона партнера.

ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ – мера способности атома или группы атомов притягивать электроны из других частей молекулы.

ПРИЛОЖЕНИЕ НОМЕКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Алканы

C_nH_{2n+2}	Название алкана
CH_4	метан
CH_3CH_3	этан
$CH_3CH_2CH_3$	пропан
$CH_3CH_2CH_2CH_3$	бутан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	пентан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	гексан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	гептан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	октан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	нонан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	декан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	ундекан
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	додекан

При отнятии от молекулы алкана одного водородного атома остается алкильная группа, или алкильный радикал. Название таких групп образуют из названий соответствующих алканов замещением суффикса **-ан** на **-ил**.

Алкильные группы

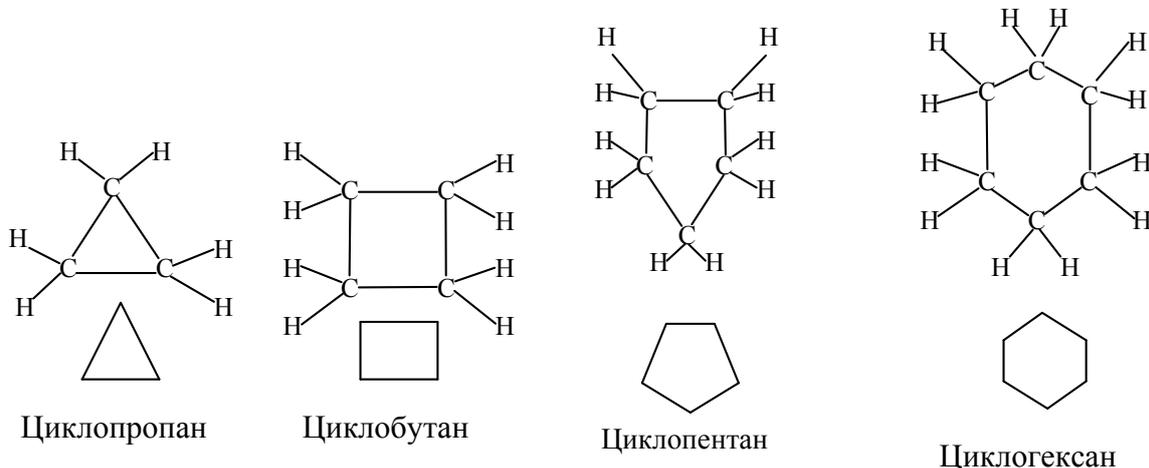
CH_3-	метил	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	бутил
CH_3-CH_2-	этил	$ \begin{array}{c} CH_3-C-CH_2- \\ \\ CH_3 \end{array} $	изобутил
$CH_3-CH_2-CH_2-$	пропил	$ \begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH- \\ \\ CH_3 \end{array} $	втор-бутил
$ \begin{array}{l} H_3C \diagdown \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad CH- \\ \quad \quad \quad / \\ H_3C \diagup \end{array} $	изпропил (втор-пропил)	$ \begin{array}{l} H_3C \diagdown \\ H_3C \diagup \quad \backslash \\ H_3C \diagup \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad CH- \end{array} $	трет-бутил

Продолжение приложения

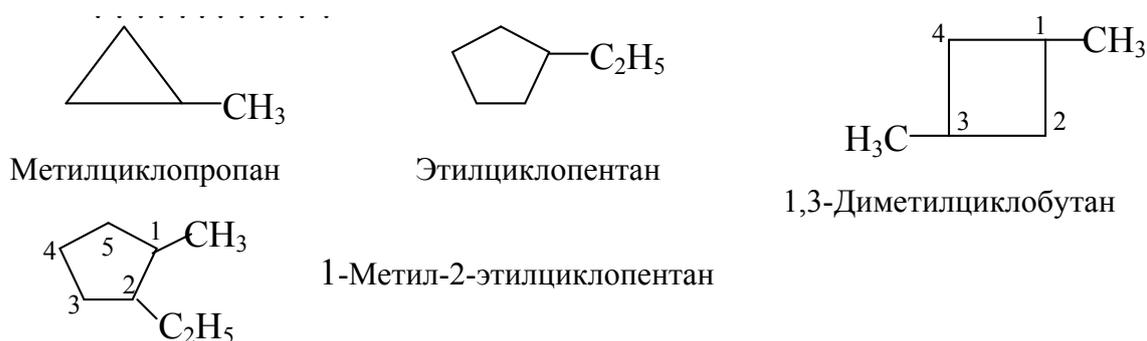
2. Циклоалканы

Циклоалканы подразделяются в зависимости от величины цикла, числа циклов и способа соединения циклов.

Названия моноциклических циклоалканов образуют от названий алканов с использованием префикса цикло-:



Из моноциклических циклоалканов образуют замещенные циклоалканы:



3. Алкены

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	этен	этилен (применяется и как систематическое название)
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	пропен	пропилен
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропен-1	изобутилен
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	бутен-1	α -бутен
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	бутен-2	β -бутилен
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	пентен-1	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	пентен-2	

Продолжение приложения

Группы, производные от алкенов, называют аналогично группам, производным от алканов. Окончание **-ен** изменяют на **-енил**.

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{CH}_2=\text{CH}-$	этинил	винил
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$	пропен-2-ил	аллил
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-$	пропен-1-ил	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}- \end{array}$	1-метилэтинил	изопрпенил

4. Алкадиены

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$	пропадиен-1,2	аллен
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	бутадиен-1,3	дивинил
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилбутадиен-1,3	изопрен
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	пентадиен-1,4	
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	гексадиен-1,5	

5. Алкины

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	этин, ацетилен	ацетилен
$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	пропин	метилацетилен
$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	бутин-1	этилацетилен
$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	бутин-2	диметилацетилен
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	пентин-1	пропилацетилен
$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	пентин-2	метилэтилацетилен
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3-метилбутин-1	изопропилацетилен

Названия остатков алкинов образуют, присоединяя суффикс **-ил**, следовательно, алкинил:

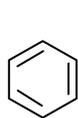
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-$ этинил

$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-$ пропинил-1

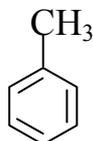
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-$ пропинил-2 (пропаргил)

Продолжение приложения
6. Арены

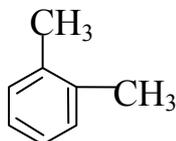
Согласно номенклатурным правилам ИЮПАК, названия аренов должны иметь суффикс **-ен**, и предполагается писать не бензол, а бензен.



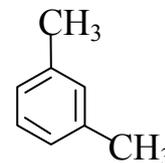
Бензол



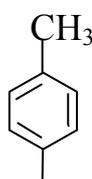
Толуол
(тоулен)



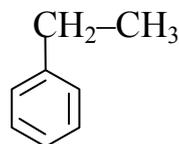
Ортоксилол
1,2-диметилбензол



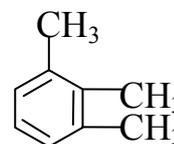
Метаксилол
1,3-диметилбензол



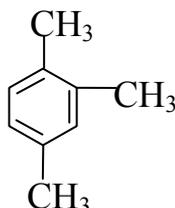
Параксилол
1,4-диметилбензол



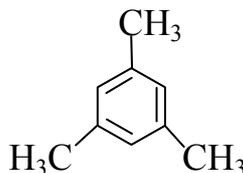
Этилбензол



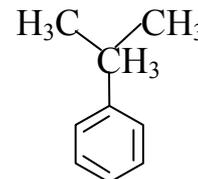
1,2,3-Триметилбензол



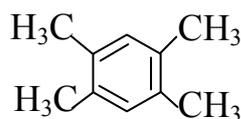
1,2,4-Триметилбензол
(псевдокумол)



1,3,5-Триметилбензол
(мезотелен)

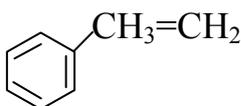


Кумол
изопропилбензол

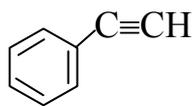


Дурол
(1,2,4,5-тетраметилбензол)

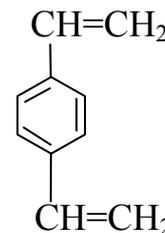
Арены бензольного ряда с ненасыщенными заместителями имеют названия:



Стирол
винилбензол
фенилэтилен



Этинилбензол,
фенилацетилен



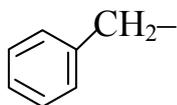
1,4-Дивинилбензол
(бензен)

Продолжение приложения

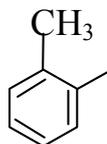
Названия остатков аренов образуют с помощью суффикса **-ил (-рил)**.
Для некоторых остатков аренов сохранились тривиальные названия:



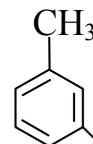
фенил-



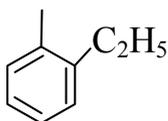
бензил-



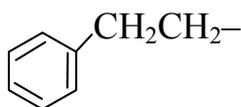
о-толил-



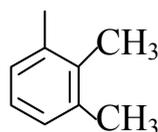
м-толил-



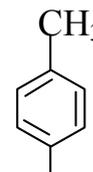
2-этилфенил-



фенэтил-

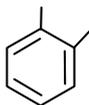


2,3-оксилил-

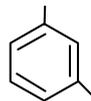


п-толил-

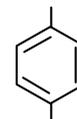
Названия двухвалентных остатков:



о-фенилен-



м-фенилен-



п-фенилен-

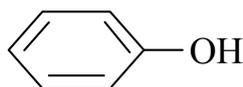
7. Алканолы (спирты)

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
CH_3OH	метанол	метиловый спирт
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	этанол	этиловый спирт
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	пропанол-1	пропиловый спирт
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3) \\ \\ \text{OH} \end{array}$	пропанол-2	изопропиловый спирт
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	бутанол-1	бутиловый спирт
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропанол-1	изобутиловый спирт
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3) \\ \\ \text{OH} \end{array}$	бутанол-2	<i>втор</i> -бутиловый спирт
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	пентанол-1	амиловый спирт
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3-метилбутанол-1	изоамиловый спирт

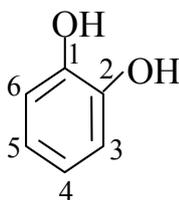
Продолжение приложения
Диолы, триолы и полиолы. (дВух-,трех- и полиатомные спирты)

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
HOCH_2OH	метандиол	
$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	этандиол-1,2	этиленгликоль
$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	бутандиол-1,4	1,4-бутиленгликоль
$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2\text{CHCH}_2\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	пропантриол-1,2,3	глицерин
$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2\text{CH}-\text{CHCH}_2\text{OH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	бутантетраол-1,2,3,4	эритрит

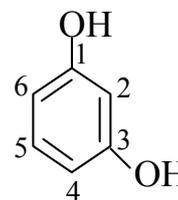
8. Фенолы



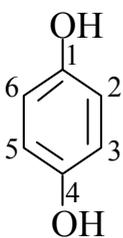
Гидроксibenзол
(фенол)



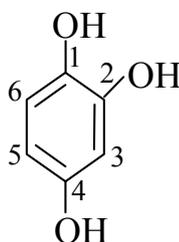
1,2-Дигидроксibenзол
(пирокатехин)



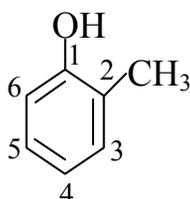
1,3-Дигидроксibenзол
(резорцин)



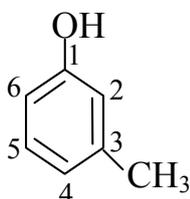
1,4-Дигидроксibenзол
(гидрохинон)



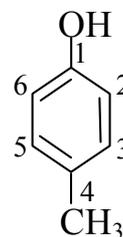
1,3,5-Тригидроксibenзол
(флороглуцин)



2-Метилфенол
(ортокрезол)



3-Метилфенол
(метакрезол)



4-Метилфенол
(паракрезол)

Продолжение приложения
9. Альдегиды

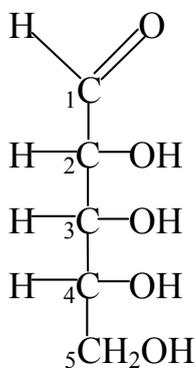
Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
	метаналь	формальдегид, альдегид муравьиной кислоты
	этаналь	ацетальдегид, альдегид уксусной кислоты
	пропаналь	пропионовый альдегид
	бутаналь	бутиральдегид, масляный альдегид
	пропеналь	акролеин
	бутен-2-аль	кротоновый альдегид
	бензальдегид	бензойный альдегид

10. Кетоны

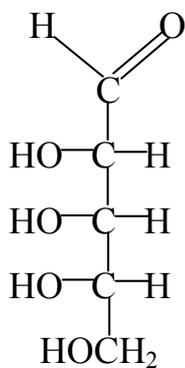
Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
	пропанон	ацетон, диметилкетон
	бутанон	метилэтилкетон
	гексанон-2	бутилметилкетон
	4-метилгексанон-2	
	циклогексанон	
	метилфенилкетон, ацетофенон	

Продолжение приложения
11. Углеводы
Моносахариды

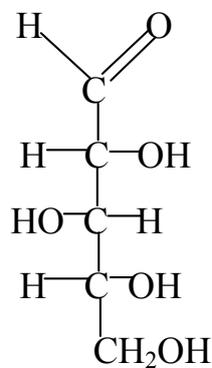
Пентозы



D-рибоза

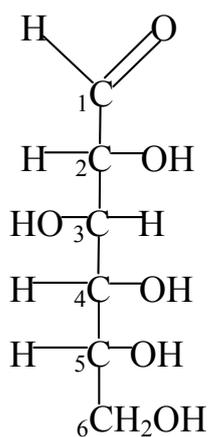


L-рибоза

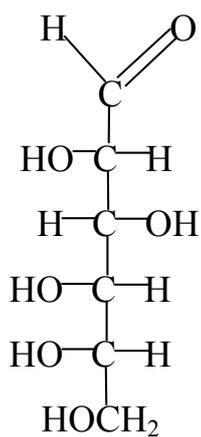


D-ксилоза

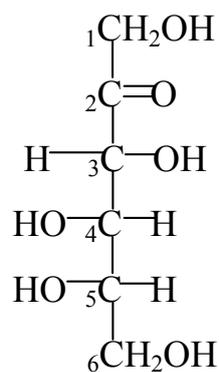
Гексозы



D-глюкоза

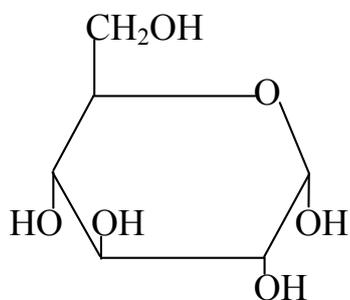


L-глюкоза

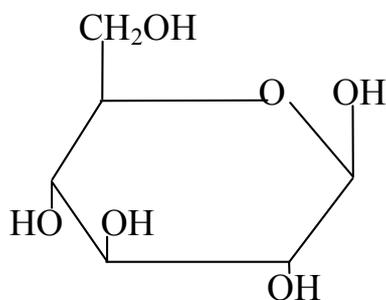


D-фруктоза

Циклическая форма:

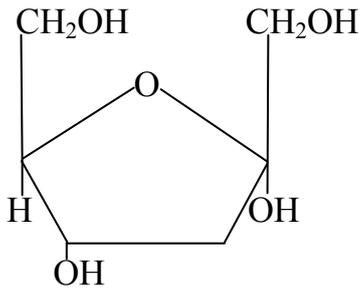


α -D-глюкоза



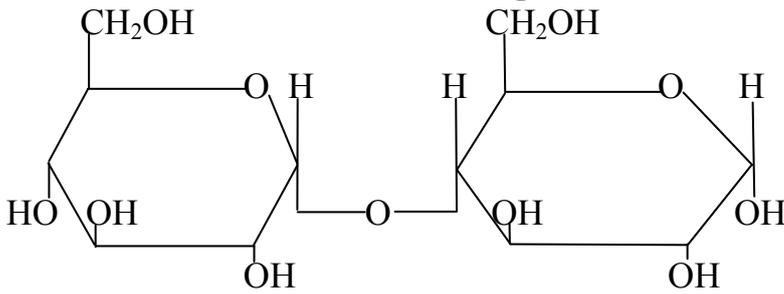
β -D-глюкоза

Продолжение приложения

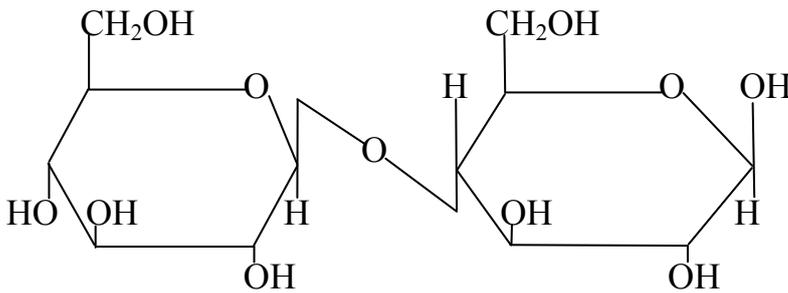


α -D-фруктоза

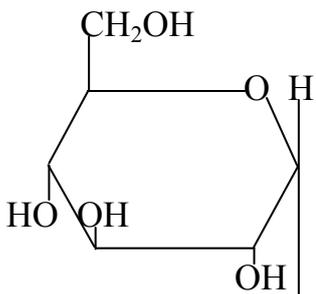
Дисахариды



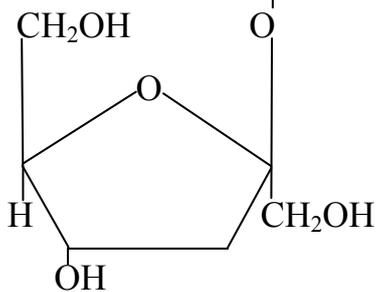
Мальтоза (солодовый сахар)



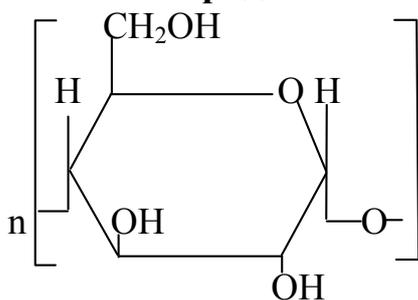
Целлобиоза (древесный сахар)



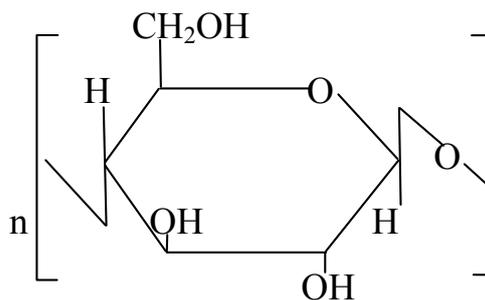
Сахароза (тростниковый сахар)



Полисахариды



Крахмал



Целлюлоза

12. Карбоновые кислоты

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
HCOOH	метановая	муравьиная
CH ₃ COOH	этановая	уксусная
CH ₃ CH ₂ COOH	пропановая	пропионовая
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	бутановая	маслянная
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ COOH	пентановая	валериановая
CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH (C ₁₅ H ₃₁ COOH)	гексадекановая	пальмитиновая
CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH (C ₁₇ H ₃₅ COOH)	октадекановая	стеариновая
CH ₂ =CHCOOH	пропеновая	акриловая
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропеновая	метакриловая
CH ₃ (CH ₂) ₇ HC=CH(CH ₂) ₇ COOH (C ₁₇ H ₃₃ COOH)	цисоктадецен-9- овая кислота	олеиновая
CH ₃ (CH ₂) ₃ (CH ₂ CH=CH ₂) ₂ (CH ₂) ₇ COOH (C ₁₇ H ₃₁ COOH)	октадека-9,12- диеновая	линолевая
CH ₃ (CH ₂ CH=CH ₂) ₃ (CH ₂) ₇ COOH (C ₁₇ H ₂₉ COOH)	октадека-9,12,15- триеновая	линоленовая
	бензолкарбоновая кислота	бензойная кислота

13. Двухосновные или дикарбоновые, кислоты

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
HOOC – COOH	этандиовая (дикарбоновая)	щавелевая
HOOC – CH ₂ – COOH	пропандиовая (метандикарбоновая)	малоновая
HOOC – (CH ₂) ₂ – COOH	бутандиовая	янтарная
HOOC – (CH ₂) ₃ – COOH	пентандиовая	глутаровая
HOOC – (CH ₂) ₄ – COOH	гександиовая	адипиновая
HOOC – (CH ₂) ₅ – COOH	гептандиовая	пимелиновая
HOOC – (CH ₂) ₆ – COOH	октандиовая	пробковая
HOOC – (CH ₂) ₇ – COOH	нонандиовая	азелаиновая
HOOC – (CH ₂) ₈ – COOH	декандиовая	себациновая

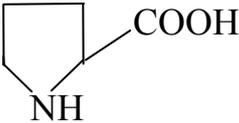
14. Амины

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
CH ₃ NH ₂	метанамин	метиламин
(CH ₃) ₂ NH	N-метилметанамин	диметиламин
(CH ₃) ₃ N	N,N-диметилметанамин	триметиламин
C ₆ H ₅ NH ₂	фениамин	анилин
C ₆ H ₅ NHCH ₃	N-метилфениламин	N-метиланилин
C ₆ H ₅ N(CH ₃) ₂	N,N-диметилфениламин	N,N-диметиланилин

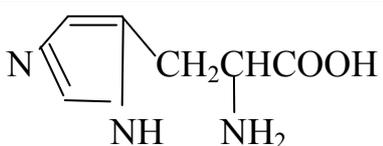
15. Аминокислоты

Формула	Сокращения	Название
1	2	3
<i>Нейтральные аминокислоты</i>		
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Gly	глицин
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ala	аланин
$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ser	серин
$\begin{array}{c} \text{HSCH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	CySH	цистеин

Продолжение приложения
Продолжение таблицы

1	2	3
$\begin{array}{c} \text{SCH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \\ \\ \text{SCH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CyS} \\ \\ \text{CyS} \end{array}$	цистин
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Thr	треонин*
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Met	метионин*
$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Val	валин*
$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Leu	лейцин*
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH-CH-COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Ileu	изолейцин*
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Phe	фенилаланин*
$\begin{array}{c} \text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Tyr	тирозин
$\begin{array}{c} \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Trp	триптофан*
	Pro	пролин

Окончание приложения
Окончание таблицы

1	2	3
<i>Кислые аминокислоты</i>		
$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Asp	аспарагино- вая кислота
$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Glu	глутамино- вая кислота
<i>Основные аминокислоты</i>		
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	Lys	лизин*
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{NH} \\ \diagup \\ \text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Arg	аргинин
	His	гистидин

Примечание. Звездочкой «*» обозначены незаменимые аминокислоты

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ	5
1. ПОРЯДОК РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	9
1.1. Правила оформления отчета по лабораторной работе и его защита.....	10
1.2. Техника безопасности проведения работ в химической лаборатории	11
1.3. Методика тушения некоторых видов пожаров в химических лабораториях.....	11
1.4. Очистка и подготовка химической посуды.....	12
2. УГЛЕВОДОРОДЫ.....	13
Лабораторная работа № 1 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ	13
3. ГИДРОКСИЛПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ	20
Лабораторная работа № 2 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПИРТОВ И ФЕНОЛОВ	20
4. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ	25
Лабораторная работа № 3 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ.....	25
Лабораторная работа № 5 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОВ	29
5. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ	34
Лабораторная работа № 5 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ	34
Лабораторная работа № 6 ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ.....	37
6. АЗОТОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	41
Лабораторная работа № 7 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОВ, АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКОВ	41
7. ПОЛИМЕРЫ	48
Лабораторная работа № 8 СИНТЕЗ, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	59
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....	60
П Р И Л О Ж Е Н И Е	
НОМЕКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	68

Учебное издание

Полубояринов Павел Аркадьевич

ХИМИЯ. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
Практикум

Редактор М.А. Сухова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 11.02.2015. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 4,77. Уч.-изд.л. 5,125. Тираж 80 экз.
Заказ № 56.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

