

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»

ХИМИЯ

Практическое руководство
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 1-74 02 01 Агрономия

В 3 частях

Часть 2

Органическая химия

Барановичи
БарГУ
2018

УДК 54(072)
ББК 24я73
Х46

Разработала
Т. В. Дейхина

Рецензенты:

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры аграрных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» *Д. С. Мороз*,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой оборудования и автоматизации производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» *И. А. Богданович*

Х46

Химия : практ. рук. по выполнению лаб. работ для студентов специальности 1-74 02 01 Агрономия : в 3 ч. / разраб. Т. В. Дейхина ; М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2018. — Ч. 2 : Органическая химия. — 56 с. — 70 экз.

ISBN 978-985-498-805-4.

Содержит теоретическое обоснование наиболее важных разделов органической химии: «Углеводороды», «Кислородсодержащие органические соединения», «Углеводы», «Азотсодержащие органические соединения», «Гетероциклические соединения», сведения об основных методах очистки и разделения веществ, а также методику проведения лабораторных работ, контрольные вопросы и упражнения к ним.

Предназначено для студентов инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет».

Рис. 9.

УДК 54(072)
ББК 24я73

ISBN 978-985-498-600-5
ISBN 978-985-498-805-4 (Часть 2)

© БарГУ, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Химическая подготовка современного специалиста сельскохозяйственного производства заключается не только в накоплении фактических сведений о свойствах различных материалов и запоминании существующих рекомендаций, но и в формировании мышления, способного решать вопросы качества, надежности и многообразные частные физико-химические проблемы.

Важной составной частью процесса изучения общей химии является лабораторный практикум, предназначение которого — научить студента общим приемам научной деятельности, т. е. планированию эксперимента, его проведению и обсуждению результатов с получением требующихся закономерностей и выводов. Важнейшей целью лабораторных работ является не только подтверждение экспериментом истинности теоретических положений, обсуждавшихся на лекциях и в учебнике, но и самостоятельное получение новых знаний.

Главное назначение данного руководства — помочь студентам более глубоко понять теоретические основы органической химии на примерах выполнения конкретных лабораторных работ, выработать навыки самостоятельного выполнения химических экспериментов и обобщения фактов. Правильно поставленный эксперимент позволяет проследить закономерности химических процессов, исследовать влияние различных факторов на то или другое явление, запомнить свойства веществ, а также способствовать выработке методологии химического мышления.

В руководстве кратко изложены теоретические разделы курса и даны подробные методические рекомендации по выполнению 12 лабораторных работ. Все работы могут выполняться небольшими группами студентов (2—5 человек).

Для лучшего усвоения материала и более глубокого понимания сущности и результатов проводимых исследований в конце каждой работы приведены контрольные вопросы и упражнения, требующие в ряде случаев дополнительной самостоятельной работы студентов.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. Перед началом проведения лабораторных работ по химии студент должен пройти инструктаж по технике безопасности, изучить действующую инструкцию по работе в данной лаборатории и расписаться в специальном журнале.

2. Работать необходимо тщательно, аккуратно, без лишней торопливости; в лаборатории соблюдать тишину.

3. Работать следует всегда на одном и том же месте, в рабочем халате и с чистым полотенцем.

4. До начала выполнения работы следует прочитать соответствующее описание, подготовить посуду и оборудование, выяснить все непонятные вопросы и только после этого приступать к эксперименту.

5. При работе необходимо точно соблюдать порядок и последовательность операций, а также все меры предосторожности.

6. Рабочее место следует содержать в чистоте и порядке, не загромождать его ненужными предметами. Методические указания, книги и конспекты во время выполнения работы надо оберегать от попадания на них воды, химических реактивов. Категорически запрещается использовать книги в качестве подставок для склянок с реактивами и пр.

7. Перед уходом из лаборатории необходимо привести рабочее место в порядок (вымыть посуду, выключить воду, электронагревательные приборы). Проверка состояния рабочего места проводится дежурным по лаборатории.

8. При пользовании реактивами рекомендуется придерживаться следующих правил:

- реактивы общего пользования, а также склянки с концентрированными растворами кислот и щелочей не уносить на рабочее место;
- перед использованием реактива внимательно изучить этикетку на склянке: кроме названия (или формулы), на ней должно быть указание о чистоте реактива (технический (т.), чистый (ч.), чистый для анализа (ч. д. а.), химически чистый (х. ч.)). Этикетки на склянках с растворами должны содержать указания о концентрации раствора. Если на склянке с реактивом нет этикетки или подписи, пользоваться им нельзя;
- если указания о дозировке реактивов отсутствуют, то надо брать реактивы в возможно меньшем количестве;

- неизрасходованные реактивы нельзя выливать или высыпать обратно в ту посуду, из которой они были взяты. Следует помещать их (по указанию преподавателя) в специальные склянки-сборники или мусорницы. Остатки растворов, содержащие серебро, бром и йод, необходимо выливать в специальные банки, находящиеся в вытяжных шкафах;
- все склянки с растворами следует держать закрытыми и открывать их только на время употребления; закрывая склянки, не путать пробки во избежание загрязнения реактивов;
- сухие реактивы брать чистым и сухим шпателем или специальной ложечкой; нельзя использовать металлический шпатель для отбора веществ, взаимодействующих с материалом шпателя;
- если реактив отбирают пипеткой, то нельзя той же пипеткой, не вымыв ее, брать реактив из другой склянки.

9. Проведение всех лабораторных работ возможно только после согласования с преподавателем.

Во время лабораторных работ необходимо внимательно следить за ходом опытов и замечать все изменения. Запись наблюдений и уравнений делать сразу же после опыта в лабораторном журнале.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Во избежание несчастных случаев необходимо обязательно соблюдать правила техники безопасности.

1. Все работы с ядовитыми, сильно и неприятно пахнущими веществами, с концентрированными растворами кислот и щелочей проводить в вытяжном шкафу.

2. Опыты с легковоспламеняющимися веществами проводить вдали от огня.

3. Нюхать вещества, не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью, а направляя к себе пары или газы лёгким движением руки. Сильные яды нюхать нельзя!

4. Со всеми веществами в лаборатории следует обращаться как с более или менее ядовитыми; не следует принимать пищу в лаборатории.

5. При наливании реактивов не наклоняться над сосудом, чтобы брызги не попали на лицо или одежду.

6. При работе с твёрдыми щелочами (дробление крупных кусков, приготовление смесей для сплавления и т. д.) обязательно надевать

защитные очки. Брать щёлочь только щипцами или пинцетом. Растворять щёлочи следует путём постепенного прибавления их к заранее рассчитанному объёму воды.

7. При растворении концентрированных кислот, особенно серной, осторожно вливать небольшими порциями кислоту в воду.

СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Выполнение лабораторных работ сопровождается отчётом на листах формата А4 или в отдельной тетради. Все записи должны производиться начисто чернилами из черновиков.

Отчёт должен состоять из следующих частей:

- 1) титульный лист с указанием номера работы и её названия;
- 2) цель работы;
- 3) применяемое оборудование и материалы, рисунок или схема прибора, если пользовались прибором;
- 4) краткое описание работы, содержащее условия проведения опыта, качественные признаки реакций;
- 5) уравнения всех протекавших реакций;
- 6) записи количественных результатов наблюдений (желательно в форме таблицы);
- 7) расчёты, если работа носит количественный характер. Вычисления приводятся в развёрнутом виде, а полученная величина округляется до разумной точности;
- 8) выводы по работе;
- 9) ответы на контрольные вопросы и упражнения, указанные преподавателем.

После окончания всех записей отчёт должен быть подписан студентом.

МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1 Общие теоретические сведения

Для того чтобы изучить органическое вещество, необходимо его получить, а затем выделить в чистом виде. В лаборатории органической химии чаще всего приходится сталкиваться с жидкими и твёрдыми веществами.

Для отделения твёрдых частиц от жидкости можно слить (декантировать) жидкость с осадка. Жидкость при этом полностью отделить от осадка нельзя, и для получения чистого осадка используется фильтрование или центрифугирование.

Фильтрование. При отделении нерастворимых примесей от маточного раствора суспензию пропускают через коническую воронку с вложенным в неё смоченным бумажным фильтром, который не должен выступать за края воронки. Уровень жидкости при фильтровании должен быть ниже краев фильтра.

Часто для отделения осадка от фильтрата используют фильтрование при уменьшенном давлении.

При фильтровании в присутствии сильных щелочей, кислот, ангидридов и окислителей, которые разрушают обычную фильтровальную бумагу, применяют пористые стеклянные фильтры с различным диаметром пор [1].

Центрифугирование. Когда необходимо без потерь отделить малые количества осадка или если последний забивает поры фильтра, вместо фильтрования применяют центрифугирование. Суспензию помещают в центрифужные стаканы, уравнивают их по массе и помещают в седиментационные центрифуги со скоростью вращения 2 000—3 000 об / мин. После центрифугирования надосадочную жидкость сливают, осадок взмучивают с небольшим объемом растворителя и повторно центрифугируют. После окончания процесса растворитель отбрасывают, его остатки удаляют кусочками фильтровальной бумаги, а осадок подсушивают на воздухе [1].

Перегонка. Простая и фракционная перегонки используются для смешивающихся жидкостей. Простую перегонку применяют для разделения жидкостей, кипящих при температурах, отличающихся

не менее чем на 60—80°C, или если основное вещество необходимо отделить от нелетучих примесей. Фракционную перегонку (ректификацию) используют для разделения жидкостей с близкими температурами кипения. Если вещество имеет низкую термическую устойчивость, то проводят перегонку в вакууме (под уменьшенным давлением).

Кристаллизация. Из смеси твёрдых веществ компоненты часто выделяют методом кристаллизации, основанным на различной растворимости в растворителе компонентов смеси. Обычно смеси нагревают с растворителем (или смесью растворителей), который лучше растворяет целевые соединения, чем другие компоненты. В качестве растворителей при кристаллизации применяют воду, этанол, бензол, толуол, ацетон, диэтиловый эфир, ледяную уксусную кислоту, хлороформ, этилацетат и др.

Возгонка (сублимация). Твёрдые вещества можно выделить и очистить возгонкой (сублимацией). Возгонка — процесс очистки твёрдых веществ, при котором кристаллическое вещество, нагретое ниже его температуры плавления, переходит в парообразное состояние (минуя жидкое), а затем оседает на холодной поверхности в виде кристаллов.

Экстракция. Для очистки веществ от примесей и для разделения смеси веществ часто применяют метод экстрагирования (извлечения). В зависимости от агрегатного состояния выделяемого вещества его можно экстрагировать как из смеси твёрдых веществ, так и из растворов. Для экстракции органических соединений из водных растворов часто применяют диэтиловый и петролейный эфиры, бензин, бензол, хлороформ. При этом выбирают такой растворитель, в котором лучше растворяется экстрагируемое вещество или который легче удалить из вытяжки.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: конические колбы, стеклянная воронка, воронка Бюхнера, колба Бунзена, складчатый фильтр, фильтровальная бумага, делительная воронка, два стакана на 50 мл, стеклянная палочка, фильтровальная бумага; неочищенная бензойная кислота; кристаллический йод; дистиллированная вода; хлороформ; ацетон (80%), петролейный эфир; сухие или свежие листья крапивы.

Опыт 1 Кристаллизация бензойной кислоты

Небольшое количество (около 1 г) загрязненной бензойной кислоты растворите в 30—50 мл кипящей воды в открытой колбе или химическом стакане. Полученный горячий раствор быстро

отфильтруйте через складчатый фильтр, помещённый в стеклянную воронку. Собранный в стакан или коническую колбу фильтрат охладите ледяной водой при перемешивании. Выделяются белые кристаллы бензойной кислоты. Через 30 мин осадок отфильтруйте на воронке Бюхнера с использованием водоструйного насоса и высушите при 60°C ($T_{\text{пл}} = 122^{\circ}\text{C}$).

Опыт 2 Экстракция

2.1 Экстракция йода

Водный раствор йода (20 мл) налейте в делительную воронку, закрепленную в лапке штатива, добавьте 5 мл хлороформа (экстрагент), закройте воронку пробкой. Воронка должна быть заполнена не более чем на две трети. Закрытую воронку осторожно взбалтывайте, прочно удерживая пробку и кран. Затем переверните краном вверх и спустите избыточное давление. Операцию повторите 2—3 раза. Далее энергично встряхивайте смесь в воронке в течение 1—2 мин.

Закрепите воронку в штативе, оставьте до расслаивания смеси. Отметьте изменение окраски слоя хлороформа. Нижний слой отстоявшейся смеси при открытой пробке слейте через кран, верхний слой — через верхнее отверстие. Экстракцию повторите ещё 2—3 раза новыми порциями хлороформа до прекращения изменения цвета экстрагента.

2.2 Экстракция хлорофилла

В химический стакан поместите 10 г измельченных листьев, прибавьте 10 мл ацетона. Дайте смеси настояться в течение 15 мин, затем отфильтруйте, отжимая остаток.

Фильтрат перенесите в коническую колбу с притертой пробкой. Обработку оставшихся на фильтре листьев повторите ещё 3 раза, используя новые порции ацетона. Объединенный ацетоновый экстракт перелейте в делительную воронку, добавьте 30 мл петролейного эфира, затем дистиллированной воды в таком количестве, чтобы наступило четкое разделение слоёв. Далее энергично встряхивайте смесь в воронке в течение 1—2 мин. Закрепите воронку в штативе, оставьте до расслаивания смеси. Отметьте изменение окраски слоя петролейного эфира. Нижний окрашенный слой петролейного эфира слейте через нижний кран, верхний водно-ацетоновый слой — через верхнее отверстие.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Перечислите основные методы выделения, очистки и контроля степени чистоты органических соединений.
2. Какие этапы включает в себя процесс кристаллизации?
3. Дайте определение процессам декантации, фильтрования, центрифугирования.
4. Какие этапы включает в себя процесс экстракции?
5. Предложите способ разделения твёрдой смеси, состоящей из песка, хлорида натрия, бензойной кислоты.

Лабораторная работа 2

АЛКАНЫ. ЦИКЛОАЛКАНЫ. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

1 Общие теоретические сведения

Алканы. Предельными углеводородами (алканами) называются соединения, состоящие из атомов углерода и водорода, соединённых между собой только σ -связями, и не содержащие циклов. В алканах атомы углерода находятся в степени гибридизации sp^3 .

Простейшим соединением этого класса является метан — углеводород, содержащий один атом углерода и четыре атома водорода [2]. Общая формула: C_nH_{2n+2} , $n \geq 1$.

Изомерия и номенклатура. Возможна только изомерия цепи. Первые три члена гомологического ряда алканов изомеров не имеют.

Формирование названия углеводорода начинается с определения главной цепи — самой длинной цепочки атомов углерода в молекуле или самой сложной (с максимальным числом разветвлений). Атомам главной цепи присваивают номера. Нумерация начинается с того конца, к которому ближе стоит заместитель. Если разные заместители находятся на равном расстоянии от обоих концов цепи, то нумерацию определяет заместитель по алфавитному признаку. Называя соединение, сначала перечисляют заместители в алфавитном порядке, причем перед названием радикала ставят цифру, соответствующую номеру углеродного атома главной цепи, при котором находится данный радикал. После этого называют углеводород, соответствующий главной цепи углеродных атомов, отделяя слово от цифр дефисом (рис. 2.1).

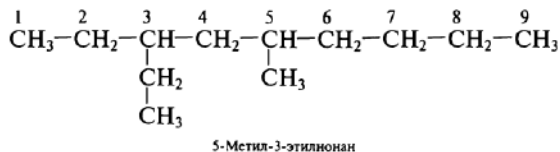


Рисунок 2.1 — Пример названия алкана [3]

Если углеводород содержит несколько одинаковых радикалов, то число их обозначают греческим числительным (ди, три, тетра и т. д.) и ставят перед названием этих радикалов, а их положение указывают, как обычно, цифрами, причем цифры разделяют запятыми, располагают в порядке их возрастания и ставят перед названием данных радикалов, отделяя их от него дефисом [2].

Физические свойства. Четыре первых члена гомологического ряда, начиная с метана, — газообразные вещества. Начиная с пентана и выше нормальные углеводороды представляют собой жидкости. Температура плавления нормальных углеводородов в гомологическом ряду увеличивается медленно. Начиная с углеводорода $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$, высшие гомологи при обычной температуре — твёрдые вещества. Температура кипения у всех разветвлённых алканов ниже, чем у нормальных алканов, притом тем ниже, чем более разветвлена углеродная цепь молекулы [2].

Методы получения. Природные источники: нефть, природный газ, уголь (каменноугольная смола). Лабораторные методы: гидрирование ненасыщенных углеводородов (катализаторы — платина, палладий, никель); восстановление галогенопроизводных алканов (катализатор — палладий); гидролиз магнийорганических веществ; реакция Вюрца; электролиз растворов солей карбоновых кислот (реакция Кольбе); термическое разложение солей карбоновых кислот.

Химические свойства. Алканы — малореакционноспособные соединения, что определяется высокой прочностью связей С-С и С-Н. Они инертны в отношении большинства реагентов и вступают в реакции только в жестких условиях. Вступают в реакции замещения (галогенирование, нитрование, сульфирование), окисления (полного и неполного); термического превращения (крекинг, дегидрирование, дегидроциклизация, изомеризация).

Циклоалканы. Циклоалканы (алициклические углеводороды) — это вещества, молекулы которых содержат циклы, состоящие из атомов углерода в sp^3 -гибридизации. Общая формула: C_nH_{2n} , $n \geq 3$.

Изомерия и номенклатура. Возможны структурная (по размеру цикла, по взаимному положению заместителей, по строению заместителей), пространственная и межклассовая изомерия.

Циклоалканы называют в соответствии с общими правилами систематической номенклатуры: главной считают цепь углеродных атомов, формирующую цикл; перед названием главной цепи добавляют приставку цикло-. Направление отсчета в цикле выбирают в соответствии со старшинством заместителей так, чтобы они получили возможно меньшие номера [3].

Физические свойства. Циклоалканы имеют более высокие температуры кипения, плавления, большую плотность по сравнению с нециклическими аналогами.

Методы получения. Природный источник — нефть. Лабораторные методы: дегидроциклизация алканов; дегалогенирование дигалогенпроизводных; гидрирование бензола и его гомологов.

Химические свойства. Неустойчивостью малых циклов объясняется способность циклопропана и циклобутана к реакциям присоединения, которые сопровождаются раскрытием цикла. Для циклоалканов, молекулы которых содержат пять и более атомов углерода, характерны реакции замещения, которые протекают в тех же условиях, что и реакции для алканов (по свободнорадикальному механизму) [4].

Галогенопроизводные углеводородов. Галогенопроизводные углеводородов — это органические молекулы, полученные путем замещения в углеводородах одного или нескольких атомов водорода атомами галогенов.

Изомерия и номенклатура. Изомерия галогенопроизводных зависит от строения углеродного скелета и положений атомов галогенов в цепи. Названия галогенопроизводных по систематической номенклатуре строятся из названий соответствующих им предельных углеводородов добавлением названия галогена с цифрой, указывающей его положение в цепи.

Физические свойства. Физические свойства галогенопроизводных зависят от природы галогена, состава и строения углеводородного радикала. При обычных условиях фтористые метил, этил, пропил и бутил, хлористые метил и этил, бромистый метил являются газами. Все остальные галогеналкилы — жидкости, высшие представители —

твёрдые вещества. Низшие галогеналкилы обладают сладковатым запахом. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях и сами являются растворителями. Галогеналкилы обладают значительной полярностью [5].

Методы получения. Моногалогенопроизводные получают из предельных углеводородов реакцией замещения, из олефинов — присоединением галогеноводородов, из спиртов — реакцией с галогеноводородами и галогенидами фосфора. Полигалогенопроизводные обычно получают из углеводородов или из кислородсодержащих соединений.

Химические свойства. Галогеналкилы — один из наиболее реакционноспособных классов органических соединений. С их помощью вводят в различные органические соединения алкильные радикалы, т. е. они являются алкилирующими реагентами. Наиболее характерны для них реакции нуклеофильного замещения (SN), а также отщепления (E) [5].

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пинцет, пробирки, конические колбы, держатель для пробирок; медная проволока; хлороформ; концентрированные кислоты: соляная, серная, азотная; раствор перманганата калия (1%-й), пентан (гексан, гептан); этиловый спирт; кристаллическая соль KBr ; дистиллированная вода.

Опыт 1 Отношение жидких алканов к окислителям

1.1 Окисление перманганатом калия

К 1 мл жидкого алкана добавьте 0,5 мл раствора перманганата калия. Содержимое пробирки встряхивайте в течение минуты. Отметьте наблюдаемые изменения. Напишите соответствующие уравнения реакций.

1.2 Отношение к серной и азотной кислотам

В две пробирки налейте по 1 мл жидкого алкана. В каждую пробирку добавьте по 4 капли концентрированной кислоты (серной и азотной). Смесь встряхивайте в течение 1—2 мин. О протекании реакции судят по следующим признакам: разогревание смеси, исчезновение слоя углеводорода, изменение окраски. Напишите соответствующие уравнения реакций.

Опыт 2 Проба Бейльштейна на галогены

Медную проволоку диаметром 1—2 мм с петлёй на конце прокалите в бесцветной части пламени спиртовки до прекращения окрашивания

пламени. После охлаждения проволоки нанесите на неё 2—3 капли хлороформа (CHCl_3) и снова внесите её в пламя спиртовки. При внесении в пламя галоген из разлагающегося вещества соединяется с медью, образуя соль одновалентной меди Cu_2Cl_2 . Эта соль даёт ярко-зелёный или синевато-зелёный цвет пламени. Появление этой окраски указывает на присутствие в соединении галогенов. Для очистки проволоку смачивают соляной кислотой и снова прокаливают. Следует сделать контрольный опыт, опуская проволоку в заведомо не содержащую галоген жидкость (дистиллированная вода, спирт).

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие вещества относятся к алканам, циклоалканам, галогенопроизводным углеводородов? Приведите общую формулу гомологического ряда алканов, циклоалканов.
2. Укажите вид изомерии и основы номенклатуры у алканов, циклоалканов, галогенопроизводных углеводородов. Приведите примеры.
3. Перечислите способы получения алканов, циклоалканов, галогенопроизводных углеводородов из природного сырья и в лаборатории. Напишите соответствующие уравнения реакций.
4. Опишите физические свойства алканов, циклоалканов, галогенопроизводных углеводородов.
5. Перечислите химические свойства алканов, циклоалканов, галогенопроизводных углеводородов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
6. Напишите структурные формулы всех алканов с молекулярной формулой C_6H_{14} и назовите их по международной номенклатуре.
7. При сгорании органического вещества массой 0,8 г образовались оксид углерода (IV) массой 2,2 г и вода массой 1,8 г. Плотность паров этого вещества по водороду равна 8. Установите формулу вещества.

Лабораторная работа 3

АЛКЕНЫ. ДИЕНЫ. АЛКИНЫ

1 Общие теоретические сведения

Алкены. Алкены (этиленовые углеводороды, олефины) — ненасыщенные алифатические углеводороды, содержащие одну двойную связь $\text{C}=\text{C}$. Атомы углерода, между которыми имеется двойная связь, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Общая формула: C_nH_{2n} , $n \geq 2$.

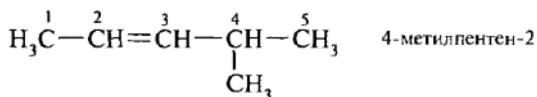


Рисунок 3.1 — Пример названия алкена [7]

Изомерия и номенклатура. Для алкенов возможны четыре типа изомерии: изомерия углеродной цепи, изомерия положения двойной связи, цис-транс-изомерия и межклассовая изомерия.

Систематическое название строят, принимая за главную самую длинную цепь, содержащую двойную связь. Цепь нумеруют со стороны, к которой ближе расположена двойная связь, и называют углеводород соответствующей длины, изменяя в названии алкана окончание -ан на -ен: этан — этен, пропан — пропен [3]. Положение двойной связи в цепи отражается номером атома углерода (рис. 3.1).

Физические свойства. В гомологическом ряду этилена первые три члена — газообразные вещества, начиная с пентена — жидкости, высшие гомологи — твёрдые кристаллические тела [6].

Методы получения. Из природных источников — крекинг нефти. Лабораторные методы: дегидрирование алканов; дегидратация спиртов; дегидрогалогенирование галогенопроизводных; гидрирование алкинов; дегалогенирование вицинальных дигалогенидов.

Химические свойства. Как ненасыщенные соединения этиленовые углеводороды значительно более реакционноспособны, нежели алканы. Наиболее характерными для них являются реакции присоединения электрофильного и радикального характера, а также полимеризации и окисления [3]. Реакции электрофильного присоединения подчиняются правилу Марковникова: «В реакциях электрофильного присоединения электрофил (частица с незаполненной орбиталью) присоединяется к более гидрированному атому углерода, а нуклеофил (частица с неподелённой парой электронов) — к менее гидрированному».

Алкины. Алкины (ацетиленовые углеводороды) — углеводороды, содержащие тройную связь между атомами углерода. Атомы углерода при тройной связи находятся в состоянии *sp*-гибридизации. Общая формула: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, $n \geq 2$.

Изомерия и номенклатура. Существуют три типа изомерии алкинов: изомерия положения тройной связи, изомерия цепи и межклассовая изомерия.

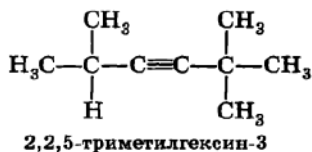


Рисунок 3.2 — Пример названия алкина [2]

Названия алкинов образуются от названий соответствующих алканов заменой суффикса -ан на -ин; положение тройной связи указывается арабскими цифрами (рис. 3.2).

Физические свойства. Температуры кипения и плавления алкинов закономерно повышаются при увеличении молекулярной массы соединений. Алкины имеют специфический запах. Они лучше растворяются в воде, чем алканы и алкены.

Методы получения. Природные источники: нефть и природный газ. Лабораторные методы: действие воды на карбид кальция, дегидрогалогенирование дигалогенопроизводных.

Химические свойства. Алкины относятся к непредельным соединениям и вступают в реакции присоединения, как и алкены (гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация). Так как тройная связь содержит две реакционные π -связи, алкины вступают в эти реакции в две ступени. Также для них характерны реакции ди- и тримеризации и окисления.

Алкадиены. Алкадиены (диеновые углеводороды) — это углеводороды, в молекулах которых между атомами углерода имеются две двойные связи. Общая формула: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, $n \geq 3$.

Изомерия и номенклатура. Для алкадиенов характерны изомерия углеродного скелета, изомерия положения кратных связей, цис-транс-изомерия и межклассовая изомерия.

Диеновые углеводороды по систематической номенклатуре называются так же, как и этиленовые углеводороды, только вместо суффикса -ен ставится суффикс -диен (так как двойных связей две). Положение двойных связей, как обычно, показывают цифрами [5].

Физические свойства. Дивинил при обычных условиях — газ. Изопрен и другие простейшие алкадиены — жидкости. Высшие диены — твёрдые вещества. Алкадиены почти не растворяются в воде, растворяются в неполярных растворителях.

Методы получения. Способы получения алкадиенов в большинстве случаев не отличаются от способов получения алкенов, только соответствующие реакции необходимо проводить дважды или в качестве исходного вещества применять соединения, уже содержащие двойную связь.

Химические свойства. Для алкадиенов, как и для алкенов, характерны реакции присоединения, окисления, полимеризации. Во всех реакциях могут участвовать как одна, так и две связи $C=C$. Отличительной способностью реакций присоединения к сопряженным алкадиенам $-C^1=C^2-C^3=C^4-$ при мольном соотношении реагентов 1:1 является то, что эти реакции идут по двум направлениям, образуя продукты 1,2-присоединения, как и алкены, и 1,4-присоединения [4].

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: штатив, спиртовка, пробирки, конические колбы, пробки, газоотводные трубки, стеклянная лопатка, фарфоровая чашка; бромная вода; фенолфталеин; бензин или керосин; концентрированные кислоты: серная, азотная; раствор перманганата калия (1%-й); этиловый спирт; дистиллированная вода; карбид кальция; каучук или резина; песок.

Опыт 1 Получение и изучение свойств этилена

В сухую пробирку поместите две стеклянные лопатки сухого песка, налейте 1 мл этанола и осторожно 3 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 , закройте пробкой с газоотводной трубкой. Зажмите пробирку немного наклонно в лапке штатива. Смесь осторожно нагревайте, не допуская сильных толчков реакционной смеси. Конец газоотводной трубки поочередно внесите в растворы перманганата калия $KMnO_4$ и бромной воды. Пропускание газа проводите в течение 20—30 с. После этого газоотводную трубку переверните вверх и подожгите газ у конца газоотводной трубки.

В качестве чего при получении этилена используется песок? Какова роль концентрированной серной кислоты в реакции получения этилена? Ответ подтвердите уравнениями реакций. Как изменяется окраска растворов перманганата калия и бромной воды при пропускании через них этилена? К какому гомологическому ряду относится этилен? Напишите уравнения проведенных реакций. Каков цвет пламени при горении этилена? Почему? Напишите уравнение реакции горения.

Опыт 2 Получение и изучение свойств ацетилена

В пробирку налейте 2—3 мл воды, бросьте небольшой кусочек карбида кальция CaC_2 и сразу же закройте пробкой с газоотводной трубкой. Полученный ацетилен пропускайте через заранее приготовленные растворы: подкисленного серной кислотой раствора перманганата калия, бромной воды. После проведения опыта в пробирку, в которой получали ацетилен, добавьте каплю фенолфталеина.

Составьте уравнение реакции получения ацетилена с использованием структурных формул. Объясните обесцвечивание раствора перманганата калия при пропускании ацетилена. Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, принимая, что конечными продуктами являются оксид углерода (IV), сульфат марганца (II), сульфат калия и вода. Объясните, почему происходит обесцвечивание бромной воды при пропускании ацетилена. Напишите уравнение реакции.

Опыт 3 Горение ацетилена

В фарфоровую чашку в вытяжном шкафу налейте 3—5 мл воды и бросьте в неё маленький кусочек карбида кальция. К чашке осторожно поднесите горящую спичку. Отметьте характер горения ацетилена. В чашку добавьте несколько капель фенолфталеина. Что вы наблюдаете при горении ацетилена? Объясните. Напишите уравнение реакции горения ацетилена на воздухе. Какие наблюдения вы отметили после добавления в чашку для получения ацетилена индикатора? Почему?

Опыт 4 Отношение жидких алкенов к кислотам-окислителям

В две пробирки налейте по 1 мл жидкого алкена (непредельные углеводороды содержатся в бензине и керосине). В каждую пробирку добавьте по 4 капли концентрированной кислоты (серной и азотной). Смесь встряхивайте в течение 1—2 мин. О протекании реакции можно судить по следующим признакам: разогревание смеси, исчезновение слоя углеводорода, изменение окраски. Напишите соответствующие уравнения реакций, считая, что в них участвует гексен-1.

Опыт 5 Получение и изучение свойств диеновых углеводородов

В пробирку с газоотводной трубкой поместите 2—3 г каучука (при отсутствии каучука можно воспользоваться обычной резиновой трубкой), зажмите пробирку немного наклонно в лапке штатива и постепенно нагревайте. Наблюдайте разложение каучука с выделением

газообразных продуктов. Напишите уравнения реакции деполимеризации бутадиенового и изопренового каучука.

Конец газоотводной трубки поочередно внесите в щелочной раствор перманганата калия и насыщенный раствор бромной воды. Пропускание газа проводите в течение 20—30 с. Как изменяется окраска растворов перманганата калия и бромной воды при пропускании через них продуктов деполимеризации? Напишите соответствующие уравнения реакций.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие вещества относятся к алкенам, алкинам, алкадиенам? Приведите общую формулу гомологического ряда алкенов, алкинов, алкадиенов.
2. Укажите вид изомерии и основы номенклатуры у алкенов, алкинов, диенов. Приведите примеры.
3. Перечислите способы получения алкенов, алкинов, диенов из природного сырья и в лаборатории. Напишите соответствующие уравнения реакций.
4. Опишите физические свойства алкенов, алкинов, диенов.
5. Перечислите химические свойства алкенов, алкинов, диенов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
6. Сформулируйте правило В. В. Марковникова. Напишите соответствующее уравнение реакции.
7. Напишите структурные формулы всех алкенов с молекулярной формулой C_7H_{14} и назовите их по международной номенклатуре.
8. Смесь этана и ацетилена объемом 250 дм^3 (н. у.) присоединяет водород объемом 268 дм^3 , причем ацетилен гидрируется полностью. Какова объемная доля ацетилена в смеси?

Лабораторная работа 4

АРЕНЫ

1 Общие теоретические сведения

Аренами (ароматическими углеводородами) называются углеводороды, содержащие в молекуле циклогексатриеновый, бензольный цикл. Их классифицируют в зависимости от числа циклов в молекуле и способа соединения циклов. Самыми простыми являются моноциклические арены — бензол, его гомологи и производные, которые

называются аренами ряда бензола [4]. В бензоле все атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Общая формула: C_nH_{2n-6} .

Изомерия и номенклатура. Для гомологов бензола характерна изомерия положения нескольких заместителей.

Основой названия ароматического углеводорода с небольшими заместителями является слово «бензол». Атомы в ароматическом кольце нумеруют, начиная от старшего заместителя к младшему. Если заместители одинаковы, то нумерацию проводят по самому короткому пути. По старой, но до сих пор часто используемой номенклатуре положения 2 и 6 называют *орто*-положениями, 4 — *пара*-, а 3 и 5 — *мета*- (рис. 4.1) [4].

Физические свойства. Бензол и его простейшие гомологи в обычных условиях — весьма токсичные жидкости с характерным неприятным запахом. Они плохо растворяются в воде, но хорошо — в органических растворителях.

Методы получения. Природные источники: нефть и каменноугольная смола. Лабораторные методы: сплавление солей ароматических кислот со щелочами; тримеризация ацетилена; дегидрирование циклогексана; каталитическая дегидроциклизация алканов; синтез Вюрца—Фиттинга; синтез Фриделя—Крафтса.

Химические свойства. Несмотря на то, что по химическому составу бензол и его гомологи являются непредельными соединениями, их непредельный характер не проявляется в типичных реакциях. Для них в основном характерны реакции замещения (нитрование, сульфирование, замещение на галогены, алкилирование, ацилирование). Реакции присоединения не характерны для ароматических соединений. Случаи, когда они все же осуществляются, требуют особых, часто жёстких условий и идут с трудом.

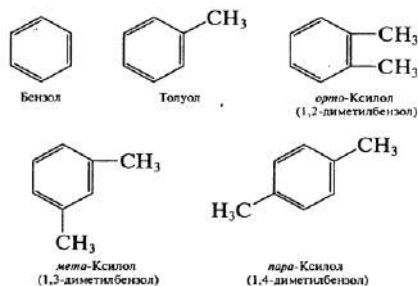


Рисунок 4.1 — Бензол и его гомологи [3]

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пробирки, пробки, газоотводные трубки, фарфоровая чашка, держатель для пробирок, водяная баня; бромная вода; концентрированные кислоты: серная, азотная, соляная; растворы: серной кислоты (1M), перманганата калия (1%-й); хлорид алюминия; бензол, толуол, нафталин, антрацен, хлороформ; дистиллированная вода.

Опыт 1 Горение бензола

Опыт проводится в вытяжном шкафу.

В фарфоровую чашечку внесите несколько капель бензола и осторожно зажгите его. Обратите внимание на наличие или отсутствие копоти при горении. Напишите уравнение протекающей реакции.

Опыт 2 Нитрование ароматических углеводородов

Внесите в две сухие пробирки по 5 капель концентрированной азотной кислоты и по 7 капель концентрированной серной кислоты. В третью сухую пробирку внесите 5 капель только концентрированной азотной кислоты. Добавьте в первую пробирку 5 капель бензола, во вторую — 5 капель толуола, в третью — несколько кристалликов нафталина. Встряхните все пробирки и поместите их на 3—4 мин в водяную баню, нагретую до 50—60°C. Охладите пробирки до комнатной температуры и налейте в них воду до половины пробирки. В какой пробирке образуется больше маслянистого продукта жёлтого цвета с запахом горького миндаля?

На основании правила ориентации в бензольном ядре объясните, какой из углеводородов легче вступает в реакцию замещения, какие изомеры образуются. Как идет реакция нитрования нафталина по сравнению с бензолом, какой изомер получается? Напишите уравнения реакций нитрования бензола, толуола, нафталина.

Опыт 3 Окисление ароматических углеводородов

Поместите в каждую из трёх пробирок по 3 капли раствора перманганата калия KMnO_4 и по 1 капле раствора серной кислоты H_2SO_4 , перемешайте растворы. Внесите в первую пробирку 4 капли толуола, во вторую — 4 капли бензола, в третью — несколько кристалликов нафталина. Встряхните пробирки и оставьте на 1—2 мин. Изменяется ли в пробирках окраска перманганата калия? Как относится к действию слабых окислителей бензольное ядро и боковая

цепь? Как окисляется нафталин по сравнению с бензолом? Напишите уравнения реакций окисления бензола, толуола и нафталина. Укажите, какие используются реагенты и условия в каждой реакции.

Опыт 4 Качественный функциональный анализ. Реакции на бензольное кольцо

К 1—2 мл высушенного хлороформа прибавьте 2—3 капли толуола (нафталина, антрацена), тщательно перемешайте и пробирку слегка наклоните, чтобы мочить стенки. Добавьте 0,5 г хлорида алюминия $AlCl_3$ таким образом, чтобы часть порошка попала на стенки пробирки. Обратите внимание на окраску порошка на стенке и на цвет раствора. В реакции с толуолом возникает красно-оранжевая окраска, с нафталином — синяя, с антраценом — зелёная.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения относят к ароматическим углеводородам (аренам)? Приведите их общую формулу.
2. Рассмотрите классификацию аренов. Приведите примеры каждого класса.
3. Охарактеризуйте изомерию и номенклатуру в аренах.
4. Охарактеризуйте электронное строение и тип гибридизации атомов углерода в молекуле бензола.
5. Что называют ароматическими системами? Сформулируйте правило Хюккеля.
6. Перечислите способы получения аренов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
7. Опишите физические свойства аренов.
8. Перечислите химические свойства аренов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
9. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме превращений: оксид кальция → карбид кальция → ацетилен → бензол → толуол → 2,4,6-трихлортолуол. Укажите условия протекания реакций.
10. При бромировании бензола в присутствии катализатора получен газ, который с избытком нитрата серебра (I) даёт 4,7 г осадка. Какая масса бензола вступила в реакцию, какая масса бромбензола получена?

СПИРТЫ. ФЕНОЛЫ. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

1 Общие теоретические сведения

Спирты. Спирты (алкоголи, алканола) — это производные углеводородов, содержащие в молекуле одну или несколько гидроксильных групп $-OH$ у насыщенных атомов углерода. Общая формула: $R-(OH)_n$.

Изомерия и номенклатура. Для спиртов возможны изомерия цепи, изомерия положения функциональной группы $-OH$ и межклассовая изомерия.

В соответствии с номенклатурой ИЮПАК исходят из названия соответствующего предельного углеводорода с добавлением окончания $-ол$ (в случае двухатомных спиртов — $-диол$, трёхатомных — $-триол$). Цифра указывает на номер углеродного атома, при котором находится OH -группа. При наличии в соединении более старших функций гидроксильная группа обозначается префиксом гидрокси- (в русском языке часто используется префикс окси-). В качестве основной цепи выбирается наиболее длинная неразветвленная цепь углеродных атомов, в состав которой входит атом углерода, связанный с гидроксильной группой; если соединение является ненасыщенным, то в эту цепь включается также и кратная связь [2].

Физические свойства. Низшие спирты — бесцветные жидкости с характерным запахом, жгучи на вкус, выше C_{10} — твёрдые вещества почти без запаха. Растворимость в воде убывает по мере возрастания молекулярной массы.

Методы получения. Из природных источников — брожение сахаристых веществ. Лабораторные методы: из галогенопроизводных; гидратация алкенов, из альдегидов и кетонов (восстановлением или взаимодействием с реактивами Гриньяра).

Химические свойства. Химические свойства спиртов обусловлены присутствием реакционноспособной гидроксильной группы $-OH$. Реакции с участием этой группы проходят с разрывом связи $O-H$ или $C-O$: образование алколюлятов со щелочами; образование простых и сложных эфиров; гидрогалогенирование; дегидратация; полное и неполное окисление.

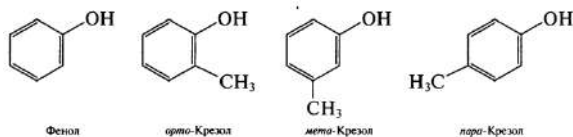


Рисунок 5.1 — Фенол и его метильные гомологи [3]

Фенолы. Фенолы — это производные ароматических углеводов, содержащие одну или несколько гидроксильных групп $-OH$ у атомов углерода бензольного кольца. В зависимости от числа гидроксильных групп фенолы разделяются по атомности: одноатомные, двухатомные для бензола — до шестиатомных. Общая формула: $Ar-(OH)_n$.

Изомерия и номенклатура. Для фенолов характерна изомерия положения нескольких заместителей (рис. 5.1).

Называют фенолы либо тривиальными названиями, либо как производные углеводов.

Физические свойства. Фенолы — обычно кристаллические вещества, трудно растворимые в воде. Летучи с парами воды. Обладают характерным запахом. Являются антисептиками, очень ядовиты. При попадании на кожу вызывают ожоги. С водой образуют кристаллогидраты с более низкой температурой плавления, чем исходный фенол [5].

Методы получения. Природный источник — каменноугольная смола. Лабораторные методы: сплавление ароматических солей сульфокислот со щелочами; гидролиз галогенбензолов; гидролиз солей диазония; окислительное декарбоксилирование карбоновых кислот; кумольный синтез.

Химические свойства. У фенолов очень реакционноспособны как гидроксильная группа, так и ароматическое ядро. Фенолы проявляют значительно большую кислотность, чем спирты или вода, однако как кислоты они слабее, чем угольная и карбоновые кислоты.

Простые эфиры. Простыми эфирами называются продукты замещения атома водорода в гидроксиле спирта радикалом. Общая формула: $R-O-R_1$.

Изомерия и номенклатура. Изомерия эфиров зависит от изомерии радикалов, которые могут иметь прямую или разветвленную цепь [4]. Также эфиры изомерны спиртам.

Называют простые эфиры, как правило, добавляя слово «эфир» к названиям алкильных радикалов, связанных с атомом кислорода.

В систематической номенклатуре эфир рассматривают как соответствующий углеводород (отвечающий условиям главной цепи), в котором атом водорода замещен на алкоксильную группу с указанием её положения [3]. Например: $C_2H_5-O-CH_2-CH_2-CH_3$ — этилпропиловый эфир, или 1-этоксипропан.

Физические свойства. Два первых представителя эфиров, метиловый и метилэтиловый, при обычных условиях — газы. Все остальные простые эфиры — жидкости, которые кипят при температурах, значительно более низких, чем соответствующие спирты. Эфиры плохо растворимы в воде, их плотность ниже единицы, они обладают характерным приятным запахом [5].

Методы получения. Дегидратация спиртов; взаимодействие галогенопроизводных с алкоголями.

Химические свойства. Образование солей оксония; разложение (серной кислотой, галогеноводородами, щелочными металлами).

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пробирки, держатель для пробирок, водяная баня; фильтровальная бумага; спирты: этиловый, изопропиловый; глицерин; фенол, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол; фенолфталеин; натрий металлический; бромная вода; безводный сульфат меди (II); концентрированная серная кислота; растворы: гидроксида натрия (10%-й), сульфата меди (II) (1M), бихромата калия (0,5M), хлорида железа (III) (2%-й).

Опыт 1 Качественный функциональный анализ. Реакции на гидроксильную группу

1.1 Обнаружение одноатомных спиртов

К 3—5 каплям раствора дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ прибавьте 2—3 капли концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . К полученному подкисленному раствору добавьте 5—6 капель этилового спирта C_2H_5OH . Как изменилась окраска раствора? О появлении каких ионов в растворе говорит эта окраска? Обратите внимание на появление специфического яблочного запаха, характерного для уксусного альдегида CH_3CHO . Напишите уравнение протекающей реакции.

1.2 Обнаружение многоатомных спиртов

В пробирку налейте 0,5 мл раствора сульфата меди (II) $CuSO_4$ и 1 мл раствора гидроксида натрия $NaOH$; к выпавшему при этом

голубому осадку добавьте несколько капель глицерина. Цвет раствора при этом меняется от голубого до темно-синего, что подтверждает наличие нескольких гидроксильных групп, расположенных у соседних атомов углерода. Напишите уравнения протекающих реакций. На основании полученных наблюдений сделайте вывод о подвижности атома водорода в функциональной группе в многоатомных спиртах. С каким эффектом это связано?

1.3 Обнаружение фенолов и их производных

К 2 мл спиртового раствора исследуемого фенола добавьте 3—4 капли раствора хлорида железа (III) FeCl_3 . В присутствии фенольного гидроксида сразу же появляется интенсивное окрашивание: для фенола — фиолетовое, пирокатехина — зелёное, быстро переходящее в жёлтое из-за окисления до хинона, пирогаллола — красное.

1.4 Цветные реакции многоатомных фенолов с гидроксидом натрия

На полоску фильтровальной бумаги (10×3 см) нанесите через равные промежутки по 1 капле растворов пирокатехина, резорцина, гидрохинона и пирогаллола. В центр каждого из полученных пятен поместите по 1 капле раствора гидроксида натрия NaOH . Пятно пирокатехина мгновенно окрашивается в зелёный цвет, пятно пирогаллола — в темно-коричневый. Гидрохинон образует жёлтое пятно с зелёной каемкой по периферии. Резорцин только через некоторое время образует слабо выраженное кольцо коричневого цвета. Зелёное пятно пирокатехина постепенно желтеет вследствие его окисления до о-хинона. Напишите уравнения реакций окисления пирокатехина, резорцина, гидрохинона и пирогаллола. Полученные хроматограммы приложите к отчёту по работе.

Опыт 2 Обнаружение воды в спиртах и обезвоживание спиртов

В две пробирки помещают по 0,5 г безводного сульфата меди (II) CuSO_4 и добавляют по 1 мл этилового и изопропилового спиртов. Содержимое пробирок взбалтывают и дают отстояться. Сульфат меди (II) окрашивается в голубой цвет. Напишите соответствующее уравнение реакции. Для чего можно использовать данную реакцию? Какие ещё реагенты можно для этого применять? Как их называют? Можно ли для обезвоживания использовать концентрированную серную кислоту?

Опыт 3 Образование и гидролиз алкоголятов

Поместите в сухую пробирку кусочек металлического натрия (размером со спичечную головку) и добавьте 10—15 капель обезвоженного

этилового спирта. Если натрий не полностью растворился, то добавьте ещё несколько капель этилового спирта. Если разогревание приводит к вскипанию спирта, то смесь охлаждают в стакане с холодной водой. После полного растворения натрия в спирте добавьте в пробирку 5—8 капель воды и каплю фенолфталеина. Выделяется ли газ? Какой? Какой цвет приобретает раствор в пробирке? Какая среда обнаруживается с помощью индикатора фенолфталеина? Какое свойство проявляют спирты в реакции с металлами? Какова сила спиртов как кислот, если образующиеся алкоголяты подвергаются гидролизу с образованием щелочной среды? Напишите уравнение реакции этанола с натрием, а затем уравнение реакции гидролиза образующегося алкоголята.

Опыт 4 Получение диэтилового эфира

В сухую пробирку внесите по 0,5 мл этилового спирта и концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Смесь осторожно подогрейте до образования бурого раствора и к ещё горячей смеси очень осторожно прилейте ещё 0,5 мл этилового спирта. Напишите уравнение реакции и укажите тип реакции. По какому признаку можно определить диэтиловый эфир? Через какие промежуточные стадии протекает реакция? Почему реакцию проводят при незначительном нагревании? Какие побочные продукты могут образоваться в данной реакции? Имеет ли влияние на состав продуктов реакции соотношение этилового спирта и серной кислоты?

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения относятся к спиртам, фенолам, простым эфирам? Приведите их общие формулы.
2. Рассмотрите классификацию спиртов и фенолов. Приведите примеры.
3. Охарактеризуйте виды изомерии и основы номенклатуры для спиртов, фенолов, простых эфиров.
4. Перечислите способы получения спиртов, фенолов, простых эфиров в лаборатории и из природного сырья. Напишите соответствующие уравнения реакций.
5. Опишите физические свойства спиртов, фенолов, простых эфиров.
6. Перечислите химические свойства спиртов, фенолов, простых эфиров. Напишите соответствующие уравнения реакций.
7. Объясните, почему фенолы обладают кислотными свойствами.
8. Напишите возможные изомеры спирта состава C_4H_9OH и дайте им названия.
9. Какой объем водорода (н. у.) можно получить при взаимодействии металлического натрия массой 2,3 г и метанола массой 40 г?

Лабораторная работа 6

АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

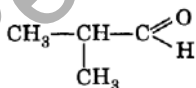
1 Общие теоретические сведения

Оксосоединения — это производные углеводородов, содержащие в молекуле карбонильную группу >C=O . Причем две валентности атома углерода карбонила могут быть заняты алкильными радикалами R-CO-R' — кетоны или алкильным радикалом и атомом водорода R-CO-H — альдегиды. Кетоны и альдегиды называют также карбонильными соединениями. Общая формула: $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$.

Изомерия и номенклатура. Структурная изомерия альдегидов обусловлена только строением углеводородного радикала. Изомерия кетонов связана как со строением углеродного скелета, так и с положением карбонильной группы в цепи.

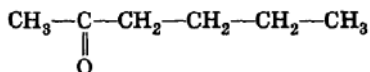
По систематической номенклатуре названия рассматриваемых альдегидов производятся от соответствующих алканов с добавлением суффикса -аль. Нумерация главной цепи начинается с атома углерода карбонильной группы (рис. 6.1).

Для названия кетонов часто используют рациональную номенклатуру: в названии в алфавитном порядке перечисляются радикалы, связанные с функциональной группой, и добавляется слово «кетон». По систематической номенклатуре к названию соответствующего алкана добавляют суффикс -он и цифру, указывающую положение кетогруппы в главной цепи. Цепь нумеруют с конца, к которому ближе расположена карбонильная группа (рис. 6.2) [3].



2-метилпропаналь

Рисунок 6.1 — Пример названия альдегида [2]



метилбутилкетон (гексанон-2)

Рисунок 6.2 — Пример названия кетона [2]

Физические свойства. В обычных условиях формальдегид — газообразное вещество с резким удушливым запахом. Остальные альдегиды и кетоны — сильно пахнущие бесцветные жидкости или твёрдые вещества. Высшие альдегиды обладают цветочными запахами и широко применяются в парфюмерии [3].

Методы получения. Исходными соединениями для синтеза альдегидов и кетонов могут служить непредельные углеводороды, диалкогоеноалканы, спирты и карбоновые кислоты.

Химические свойства. Вступают в реакции присоединения, замещения карбонильного кислорода, окисления, дисмутации (окисления-восстановления — Тищенко—Канницаро), восстановления, конденсации.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пробка с газоотводной трубкой, пробирки, стакан, держатель для пробирок; растворы: аммиака (25%-й), гидроксида натрия (10%-й), сульфата меди (II) (1%-й), нитрата серебра (0,2M), формальдегида (40%-й); бензальдегид; ацетон; обезвоженный ацетат натрия.

Опыт 1 Получение ацетона из ацетата натрия

В сухую пробирку насыпьте обезвоженный ацетат натрия (высота слоя равна 8—10 мм) и закройте пробкой с газоотводной трубкой. Конец трубки поместите в пробирку с 1 мл воды. Приёмную пробирку охлаждайте в стаканчике с холодной водой. Соль нагревайте на пламени спиртовки. Напишите уравнение получения ацетона. К какому типу относится данная реакция? По каким характерным признакам можно доказать образование ацетона? Какова растворимость ацетона в воде?

Опыт 2 Реакция альдегидов и кетонов с гидроксидом диамина серебра (I)

В три чистые обезжиренные пробирки внесите по 2 капли раствора нитрата серебра и по 3—4 капли концентрированного раствора аммиака (до полного растворения осадка оксида серебра (I)). После этого добавьте по 2 капли в первую пробирку — раствора формальдегида, во вторую — бензальдегида, в третью — ацетона. Содержимое пробирок осторожно нагрейте в пламени спиртовки. Какое комплексное соединение серебра образуется при взаимодействии

нитрата серебра с избытком аммиака? Как называется этот реактив? Отметьте изменения, происходящие в пробирках. Объясните происходящие процессы. Является ли данная реакция качественной на альдегиды и кетоны? Напишите уравнения соответствующих реакций. Как ещё называют данную реакцию?

Опыт 4 Окисление альдегидов гидроксидом меди (II)

В две пробирки поместите по 0,5 мл раствора гидроксида натрия, добавьте по 0,5 мл воды и 2—3 капли раствора сульфата меди (II). В первую пробирку прилейте 2 капли раствора формальдегида, во вторую — 2 капли бензальдегида. Верхнюю часть пробирок прогревайте в пламени спиртовки и наблюдайте изменение окраски раствора в процессе нагрева. Опишите наблюдаемые процессы и составьте соответствующие уравнения реакций. Что общего между реакциями взаимодействия альдегидов с гидроксидом меди (II) и раствором гидроксида диамминсеребра (I)?

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что называют оксосоединениями? Приведите электронное строение оксогруппы.
2. Какие соединения относятся к альдегидам, кетонам? Напишите их общую формулу.
3. Укажите виды изомерии для альдегидов и кетонов. Приведите примеры.
4. Охарактеризуйте основы номенклатуры для альдегидов и кетонов.
5. Укажите способы получения альдегидов и кетонов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
6. Перечислите химические свойства альдегидов и кетонов. Напишите соответствующие уравнения реакций.
7. Охарактеризуйте различия в реакционной способности альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения.
8. Определите формулу насыщенного альдегида, если известно, что в реакции «серебряного зеркала» с 0,725 г альдегида получено серебро массой 2,7 г.

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

1 Общие теоретические сведения

Карбоновые кислоты — производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на карбоксильную группу $-\text{COOH}$. Общая формула: $\text{R}-(\text{COOH})_n$.

Изомерия и номенклатура. Для насыщенных кислот характерны изомерия цепи и межклассовая изомерия. У ненасыщенных монокарбоновых кислот имеется третий вид изомерии: цис-транс-изомерия.

Название кислоты производят от названия соответствующего (с тем же числом атомов углерода) углеводорода с добавлением окончания $-\text{овая}$ и слова «кислота». Нумерацию цепи всегда начинают с атома углерода карбоксильной группы, поэтому в названиях положение группы $-\text{COOH}$ не указывают. Широко используются также тривиальные названия кислот.

Физические свойства. Первые четыре представителя ряда карбоновых кислот — подвижные жидкости, смешивающиеся с водой во всех отношениях. Кислоты, в молекуле которых содержится от пяти до девяти атомов углерода (а также изомаляновая кислота), — маслянистые жидкости, растворимость их в воде невелика. Высшие кислоты (от C_{10}) — твёрдые тела, практически нерастворимы в воде, при перегонке в обычных условиях они разлагаются. Муравьиная, уксусная и пропионовая кислоты имеют острый запах; средние члены ряда обладают неприятным запахом, высшие кислоты запаха не имеют [2]. Все дикарбоновые кислоты представляют собой твёрдые кристаллические вещества, растворимые в воде.

Методы получения. Карбоновые кислоты получают при окислении различных углеводородов и их кислородсодержащих производных.

Химические свойства. Взаимодействуют с металлами, оксидами и гидроксидами металлов с образованием солей; образуют ангидриды, галогенангидриды, галогенкислоты, сложные эфиры.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: пробирки, спиртовка, водяная баня, пробки, газоотводные трубки, лучина; кислоты: уксусная, муравьиная, бензойная, щавелевая, олеиновая; растворы индикаторов: лакмуса, метилового оранжевого, фенолфталеина; бромная

вода; растворы: гидроксида натрия (10%-й), сульфата меди (II) (1*M*), хлорида железа (III) (2%-й), соляной кислоты (2*M*), серной кислоты (1*M*), нитрата серебра (0,2*M*), аммиака (5%-й), перманганата калия (1%-й), ацетата натрия (0,1*M*), хлорида кальция (0,1*M*), нитрата (ацетата) свинца (0,1*M*); мыло; безводный карбонат натрия; дистиллированная вода.

Опыт 1 **Кислотные свойства карбоновых кислот**

В три пробирки налейте по 0,5 мл водных растворов карбоновых кислот: муравьиной, уксусной, щавелевой. В первую пробирку добавьте каплю метилового оранжевого, во вторую — каплю лакмуса, в третью — каплю фенолфталеина. Как меняется окраска различных индикаторов в растворах кислот?

В пробирку поместите несколько крупинок карбоната натрия Na_2CO_3 и добавьте 1—2 мл раствора уксусной кислоты. К отверстию пробирки поднесите горящую лучину.

В пробирку поместите несколько кристаллов бензойной кислоты и прибавьте 0,5 мл раствора гидроксида натрия NaOH . Содержимое пробирки встряхивайте до растворения кристаллов. К полученному раствору добавьте по каплям раствор соляной кислоты HCl до выпадения осадка.

Опишите наблюдаемые явления. Напишите соответствующие уравнения реакций. Сделайте вывод о растворимости ароматических кислот и их натриевых солей в воде.

Опыт 2 **Восстановительные свойства муравьиной кислоты**

В тщательно вымытую пробирку налейте 1 мл раствора нитрата серебра AgNO_3 и по каплям добавьте раствор аммиака NH_3 до растворения первоначально образовавшегося осадка. Затем добавьте 1 мл муравьиной кислоты и нагревайте реакционную смесь на водяной бане при температуре 50—60°C в течение нескольких минут. Отметьте наблюдаемые изменения и напишите уравнения протекающих реакций. Проведите аналогичный опыт, используя вместо муравьиной кислоты уксусную. Объясните наблюдаемые различия.

Опыт 3 **Определение неопределенности олеиновой кислоты**

В две пробирки налейте по 1 мл олеиновой кислоты. В одну пробирку прилейте немного бромной воды, в другую — раствор перманганата калия KMnO_4 . Пробирки встряхивайте в течение 1 мин. Как изменяется окраска растворов перманганата калия и бромной воды? Напишите уравнения протекающих реакций.

Опыт 4 Соли органических кислот

4.1 В пробирку внесите 1—2 мл раствора ацетата натрия CH_3COONa и 1—2 мл раствора нитрата серебра AgNO_3 и встряхните пробирку. Отметьте наблюдаемые изменения и напишите уравнение протекающей реакции.

4.2 В одну пробирку поместите 1—2 мл раствора ацетата натрия CH_3COONa , а в другую — 1—2 мл раствора уксусной кислоты. В обе пробирки добавьте по 1—2 мл раствора хлорида железа (III) FeCl_3 . Объясните, почему в одном случае наблюдаются изменения, а в другом нет. Напишите уравнения протекающей реакции в молекулярной и ионной форме.

Опыт 5 Получение и свойства высших жирных кислот

В пробирку налейте 2—3 мл раствора мыла, добавьте 2—3 капли раствора соляной кислоты HCl и взболтайте. Чем объясняется выпадение хлопьевидного осадка? Составьте уравнение протекающей реакции. Добавьте к осадку раствор гидроксида натрия NaOH . Что наблюдается? Напишите уравнение протекающей реакции.

Опыт 6 Образование нерастворимых солей жирных кислот

В две пробирки налейте по 0,5 мл раствора мыла и добавьте по 2—3 капли в одну пробирку — раствор хлорида кальция CaCl_2 , в другую — раствор нитрата (ацетата) свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). В третьей пробирке к 0,5 мл раствора мыла прилейте 2 мл раствора сульфата меди (II) CuSO_4 . Раствор с голубым осадком нагрейте до кипения. Что образуется при добавлении растворов солей кальция и свинца к раствору мыла? Напишите уравнения образования нерастворимых солей жирных кислот и назовите их. Что образуется при взаимодействии мыла с сульфатом меди (II)? Напишите уравнение реакции.

Опыт 7 Гидролиз спиртового раствора мыла

Поместите в пробирку крупинку мыла и добавьте 1 каплю спиртового раствора фенолфталеина. Покраснения не наблюдается. Это подтверждает, что мыло является смесью солей высших жирных кислот и не содержит свободной щелочи. Добавьте в пробирку 5—10 капель дистиллированной воды, по мере прибавления воды происходит гидролиз и появляется розовое окрашивание. Объясните наблюдаемые явления. Напишите уравнение гидролиза.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения относят к карбоновым кислотам? Приведите их общую формулу.
2. Рассмотрите классификацию и виды изомерии карбоновых кислот. Приведите примеры.
3. Перечислите способы получения карбоновых кислот из природных источников и лабораторными методами. Напишите соответствующие уравнения реакций.
4. Опишите физические свойства карбоновых кислот.
5. Перечислите химические свойства карбоновых кислот. Напишите соответствующие уравнения реакций.
6. Укажите особенности в химических свойствах муравьиной кислоты в сравнении с остальными карбоновыми кислотами.
7. Сколько изомерных одноосновных карбоновых кислот соответствует формуле $C_6H_{12}O_2$? Напишите структурные формулы этих кислот и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
8. При обработке 20 г смеси олеиновой и пальмитиновой кислот избытком бромной воды получено 13,26 г продуктов бромирования. Найдите массы кислот в исходной смеси.

Лабораторная работа 8

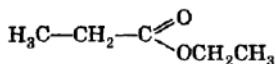
СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ. ЛИПИДЫ

1 Общие теоретические сведения

Сложные эфиры. Сложным эфиром карбоновой кислоты называют продукт замещения гидроксильной группы кислоты на остаток спирта RO-. Общая формула: $RCOOR_1$.

Изомерия и номенклатура. Для сложных эфиров характерны изомерия цепи, изомерия положения функциональной группы и межклассовая изомерия.

Название создается следующим образом: вначале указывается группа R_1 (алкильный радикал, входивший в состав спирта), присоединенная к кислоте, затем — название кислоты с суффиксом -ат (рис. 8.1).



этиловый эфир
пропионовой кислоты
(этилпропионат)

Рисунок 8.1 — Пример названия сложного эфира [2]

Физические свойства. Простейшие по составу сложные эфиры карбоновых кислот — бесцветные легкокипящие жидкости с фруктовым запахом; высшие сложные эфиры — воскообразные вещества. Все сложные эфиры плохо растворяются в воде [4].

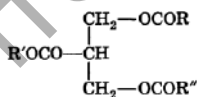
Методы получения. Природные источники: жиры и масла. Лабораторные методы: реакция этерификации; из солей серебра и галогенопроизводных углеводов; из хлорангидридов кислот и спиртов; из ангидридов кислот и спиртов.

Химические свойства. Подвергаются гидролизу, вступают в реакции переэтерификации, сложноэфирной конденсации, восстановления.

Липиды. К липидам относятся жиры и жироподобные вещества растительного и животного происхождения. Обычно их разделяют на две подгруппы: простые липиды — жиры и сложные липиды, к которым относятся фосфатиды, цереброзиды и фосфосфингозиды.

Природные животные и растительные жиры (растительные жиры называются обычно маслами) состоят главным образом из глицеридов (сложные эфиры глицерина и различных органических кислот, в основном C_{10} — C_{18}). Жиры содержат две или три главные кислоты и некоторые другие кислоты в меньшем количестве. Так как спирт во всех природных жирах один и тот же — глицерин, наблюдаемые между жирами различия обусловлены исключительно органическими кислотами [2].

Общая формула жиров:



Изомерия и номенклатура. Жиры называют по радикалам высших жирных кислот с добавлением окончания -ин.

Физические свойства. Все жиры легче воды и в ней не растворяются. Хорошо растворяются в органических растворителях.

Химические свойства. Триацилглицерины обладают всеми свойствами сложных эфиров. Жиры, включающие непредельные карбоновые кислоты, проявляют также свойства непредельных соединений (реакции присоединения, окисления, полимеризации) [3].

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: пробирки, спиртовка, водяная баня, держатель для пробирок, стаканы, стеклянная палочка; спирты: этиловый, изоамиловый; обезвоженный

ацетат натрия; бензойная кислота; концентрированная серная кислота; растительное масло; диэтиловый эфир; бензин; ацетон; бромная вода; дистиллированная вода.

Опыт 1 Получение сложных эфиров карбоновых кислот

В сухую пробирку поместите немного порошка обезвоженного ацетата натрия (высота слоя 1—2 мм), 3 капли этилового спирта и 2 капли концентрированной серной кислоты. Осторожно нагрейте содержимое пробирки. Аналогично проведите опыт с изоамиловым спиртом. Для лучшего распознавания запаха эфира содержимое пробирки вылейте в стакан с водой, при этом примеси растворяются. Укусноизоамиловый эфир распределяется на поверхности воды.

Смешайте в сухой пробирке несколько кристаллов бензойной кислоты, 4 капли этилового спирта и 2 капли концентрированной серной кислоты. Осторожно нагрейте до кипения. Полученную бесцветную жидкость вылейте в стаканчик с водой. Часть бензойной кислоты, не вступившая в реакцию, выпадает в осадок.

Отметьте характерные запахи эфиров. Какова растворимость полученных эфиров в воде? Напишите уравнения синтезов эфиров. Как называется данная реакция? К какому классу органических веществ относятся продукты реакций? Назовите их по систематической номенклатуре. В качестве чего используется серная кислота в этих реакциях?

Опыт 2 Растворимость жиров

В пять пробирок поместите по 1—2 капли растительного масла или другого жира. Налейте в первую пробирку 1 мл диэтилового эфира, во вторую — 1 мл этилового спирта, в третью — 1 мл бензина, в четвертую — 1 мл воды, в пятую — 1 мл ацетона. Взболтайте содержимое пробирок и дайте им постоять. Отметьте, везде ли растворился жир. Какие вещества являются хорошими растворителями жиров?

Опыт 3 Определение неспределённости жиров

Внесите в пробирку 5 капель жидкого жира и добавьте при перемешивании по каплям диэтиловый эфир до растворения жира. Затем при встряхивании медленно по каплям добавьте бромную воду до образования устойчивой жёлтой окраски реакционной массы. Происходило ли обесцвечивание бромной воды в начальный период добавления её к жиру? Содержит ли исследуемый жир в своем составе неспределённые кислоты? Как это обнаружено? От чего зависит консистенция жира (жидкий, твёрдый, мягкий)? Какое свойство жира может характеризовать реакция с бромом? Напишите уравнение реакции триолеина с бромом. Формулу триглицерида приведите полностью в структурном виде.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения называют сложными эфирами, жирами? Приведите их общую формулу.
2. Укажите виды изомерии для сложных эфиров.
3. Перечислите способы получения сложных эфиров. Напишите соответствующие уравнения реакций.
4. Охарактеризуйте физические свойства сложных эфиров, жиров.
5. Перечислите химические свойства простых эфиров, жиров. Напишите соответствующие уравнения реакций.
6. Напишите уравнение реакции получения этилпропионата, а затем его кислотного и щелочного гидролиза.
7. Напишите уравнение реакции получения дипальмитино-олеина, затем его взаимодействия с бромной водой и омыления гидроксидом натрия.

Лабораторная работа 9

УГЛЕВОДЫ

1 Общие теоретические сведения

Углеводы — органические соединения, состав которых обычно выражается общей формулой $C_n(H_2O)_m$ (n и $m \geq 4$). Известны также соединения, относящиеся к углеводам, состав которых не соответствует общей формуле, например, сахар рамноза: $C_6H_{12}O_5$ [4].

Классификация. Углеводы принято делить на три класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды, которые по строению и свойствам подразделяются на ряд групп.

Моносахариды — это многоатомные альдегидо- и кетоспирты. По наличию альдегидной или кетонной группы их делят на альдозы и кетозы.

Олигосахариды содержат в своем составе от 2 до 10—20 остатков моноз. Некоторые из них проявляют свойства карбонильных соединений, характерные для моносахаридов (например, реакции окисления и восстановления). Одни называются восстанавливающими олигосахаридами; другие, не обладающие этими свойствами, — невосстанавливающими олигосахаридами.

Полисахариды содержат в своем составе от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч остатков моноз. Они могут быть построены из одного вида моносахаридов — гомополисахариды.

Полисахариды могут быть построены из остатков двух и более видов моносахаридов — гетерополисахариды [3].

Физические свойства. Моносахариды — бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и в диметилсульфоксиде, менее растворимые в спирте и уксусной кислоте, нерастворимые в неполярных органических растворителях. Многие моносахариды выделены в кристаллическом состоянии.

Олигосахариды представляют собой твёрдые вещества или некристаллизующиеся сиропы. Большинство из них растворимы в воде, низших спиртах и диметилсульфоксиде. С увеличением молекулярной массы растворимость в воде уменьшается.

Большие молекулярные массы накладывают существенный отпечаток на физические и химические свойства полисахаридов. Их растворы по своим параметрам резко отличаются от растворов низкомолекулярных соединений. Полисахариды, как правило, хорошо растворимы в воде, так как в связи с наличием большого числа гидроксильных групп являются сильнополярными соединениями [3].

Химические свойства. Моносахариды вступают во многие химические реакции, характерные для содержащихся в них функциональных групп. Как спирты они могут быть превращены в простые эфиры, реагируют с кислотами и их производными с образованием сложных эфиров. Как соединения, содержащие карбонильную группу, они могут легко окисляться и восстанавливаться, вступать в реакции нуклеофильного присоединения.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: пробирки, спиртовка, фарфоровая ступка с пестиком, стаканы (100 мл); асбестовая сетка, плитка; растворы глюкозы (5%-й), фруктозы (5%-й), лактозы (5%-й), сахарозы (5%-й), соляной кислоты (2*M* и концентрированный), серной кислоты (1*M* и концентрированный), гидроксида натрия (10%-й); аммиака (25%-й); нитрата серебра (0,2*M*); хлорида кальция (10%-й), сульфата меди (II) (10%-й), крахмала (1%-й); сахароза; вата (или фильтровальная бумага).

Опыт 1 Доказательство наличия гидроксильных групп в моно- и дисахаридах

К 1 мл раствора хлорида кальция CaCl_2 добавьте 0,5 мл раствора гидроксида натрия NaOH и прилейте раствор глюкозы до растворения первоначально образовавшегося осадка. Содержимое пробирки взболтайте.

В другой пробирке смешайте 1 мл раствора глюкозы, 1 мл раствора гидроксида натрия NaOH и 2 капли раствора сульфата меди (II) CuSO_4 . Содержимое пробирки взболтайте.

Аналогичные опыты проведите с раствором фруктозы, сахарозы и лактозы. Составьте уравнение образования сахарата кальция. Что наблюдаете при взаимодействии гидроксида меди (II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ с сахарами? Напишите соответствующие уравнения реакций.

Опыт 2 Окисление моно- и дисахаридов

2.1 Реакция «серебряного зеркала»

Поместите в чистую обезжиренную пробирку 1 каплю раствора нитрата серебра AgNO_3 , добавьте в неё 2 капли раствора гидроксида натрия NaOH и по каплям (3—4 капли) раствора аммиака NH_3 до растворения образующегося осадка оксида серебра (I). В полученный раствор внесите 1 каплю раствора глюкозы и осторожно нагрейте пробирку без кипячения до начала побурения раствора. Аналогичные опыты с гидроксидом диамминсеребра (I) проведите и с другими углеводами: фруктозой, сахарозой и лактозой. У каких углеводов отсутствует положительная реакция «серебряного зеркала» и почему? Какие из углеводов можно назвать восстанавливающими, а какие невосстанавливающими? Какую функциональную группу определяют данной реакцией?

2.2 Обугливание сахара концентрированной серной кислотой

В небольшой химический стакан поместите 10 г толченого сахара, смочите его водой и прибавьте равный объем концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Через непродолжительное время сахар начинает обугливаться и сильно вспучиваться за счет выделения газов (SO_2 и CO_2). Если чёрная масса станет выходить из стакана, его следует поставить в кристаллизатор. О чем свидетельствует чёрная окраска образующейся реакционной массы? Как действует концентрированная серная кислота на углеводы? Составьте уравнение протекающей реакции.

Опыт 3 Изучение гидролиза сахарозы

В пробирке смешайте 0,5 мл раствора сахарозы, 2 капли раствора соляной кислоты HCl и 0,5 мл воды. Смесь осторожно нагрейте в пламени спиртовки в течение 30 с, не допуская выброса раствора из пробирки. Смесь разделите на две пробирки. Первую часть раствора

нейтрализуйте по каплям раствором гидроксида натрия NaOH и добавьте 0,5 мл раствора сульфата меди (II) CuSO_4 . Верхнюю часть пробирки осторожно нагрейте до кипения.

Ко второй части гидролизата добавьте крупинку резорцина и 2—3 капли концентрированной соляной кислоты HCl (реакция Селиванова). Нагрейте до кипения. Для сравнения проведите холостой опыт. Водный раствор сахарозы прокипятите без добавления соляной кислоты и проведите реакцию с гидроксидом меди (II) и Селиванова. Что доказывает реакция с гидроксидом меди (II)? Положительна ли реакция Селиванова? Объясните результаты проведения опыта без добавления соляной кислоты.

Опыт 4 Кислотный гидролиз крахмала

В стеклянный или фарфоровый стаканчик поместите 20—30 мл крахмального клейстера, добавьте 5 мл раствора серной кислоты H_2SO_4 и перемешайте содержимое стеклянной палочкой. Смесь нагрейте до кипения и через равные промежутки времени (2 мин) пипеткой отберите пробы раствора (по 1 мл) в 5—6 пробирок. В охлаждённые пробы добавьте по 1—2 капли раствора йода. Последовательные пробы обнаруживают постепенное изменение окраски при реакции с йодом. После того как окраска йода после очередной пробы перестанет изменяться, охладите раствор, отлейте в пробирку около 1 мл его и нейтрализуйте несколькими каплями раствора гидроксида натрия NaOH до слабощелочной реакции на лакмусовую бумагу. Добавьте 0,5 мл раствора сульфата меди (II) CuSO_4 . Верхнюю часть пробирки осторожно нагрейте до кипения. Что образуется при добавлении йода к крахмалу? Составьте схему взаимодействия. По какой схеме гидролизуется крахмал? Изменяют ли продукты гидролиза окраску раствора йода? О наличии какого продукта гидролиза свидетельствует реакция с гидроксидом меди (II)?

Опыт 5 Гидролиз целлюлозы

В фарфоровую ступку поместите небольшой кусочек ваты (или фильтровальной бумаги), прилейте 0,5 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 и разотрите вату (бумагу) пестиком до получения густой кашицы. Если необходимо, добавьте ещё несколько капель кислоты. В ступку налейте 10—15 мл воды, растворите в ней кашицу и вылейте раствор в стаканчик. Полученный раствор кипятите около 10 мин. Гидролизат проверьте на присутствие глюкозы — реакция

с гидроксидом меди (II). Приведите схему строения целлюлозы и составьте уравнение реакции гидролиза целлюлозы. Обладает ли целлюлоза восстанавливающими свойствами?

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что называют углеводами?
2. Приведите классификацию углеводов и напишите структурные формулы представителей каждого класса.
3. Напишите структурные формулы глюкозы и фруктозы по Фишеру, Колли—Толленсу и Хеурсу.
4. Перечислите химические свойства моно-, ди- и полисахаридов. Напишите соответствующие уравнения химических реакций.
5. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме превращений: сахароза → фруктоза → оксид углерода (IV) → глюкоза → молочная кислота. Укажите условия протекания реакций.
6. Какая масса уксусного ангидрида потребуется для этерификации сахарозы массой 3,078 г, если в этерификации участвует 25% гидроксильных групп сахарозы?

Лабораторная работа 10

АМИНЫ. АМИДЫ. АЗО- И ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ

1 Общие теоретические сведения

Амины. Амины — производные аммиака, у которого один, два или три атома водорода замещены на алкильный радикал. В зависимости от степени замещения атомов водорода различают, соответственно, первичные, вторичные и третичные амины.

Изомерия и номенклатура. Среди структурных изомеров в ряду алифатических аминов встречаются изомеры по положению аминогруппы, а также связанные с изомерией радикалов (метамерия) и цепи.

Названия аминов образуют от названий углеводородных радикалов, связанных с азотом, с добавлением окончания -амин. Заместители перечисляют в порядке старшинства. В систематической номенклатуре перед названием соответствующего углеводорода ставится приставка amino- с указанием цифрой положения аминогруппы [3]. Например: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ — пропиламин, или 1-аминопропан.

Физические свойства. Низшие алифатические амины представляют собой газообразные, легко воспламеняющиеся вещества, средние — жидкие, высшие — твёрдые соединения. Запах низших аминов сходен с запахом аммиака. Высокомолекулярные амины обладают характерным запахом рыбы [3]. Ароматические амины — жидкости или твёрдые вещества с характерным неприятным запахом. Сильно токсичны. В воде растворяются мало.

Методы получения. В природе амины образуются при гниении азотсодержащих веществ (белков, аминокислот). Лабораторные методы: действие аммиака на спирты и галогенопроизводные углеводов, расщепление амидов, восстановление нитросоединений и нитрилов.

Химические свойства. Взаимодействуют с кислотами, вступают в реакции ацилирования, образуют изонитрилы. Для аминов ароматического ряда характерны реакции замещения в бензольном кольце.

Амиды. Амиды карбоновых кислот — продукт замещения гидроксильной группы кислоты на аминогруппу. Общая формула: $R-CO-NH_2$.

Номенклатура. Амиды кислот называются обычно по тем кислотам, от которых они производятся.

Физические свойства. Первый представитель — формамид — является жидкостью, все остальные амиды — твёрдые вещества. Низшие амиды растворимы в воде.

Методы получения. Действие аммиака на галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, аминокислоты, нагревание аммонийных солей карбоновых кислот.

Химические свойства. Подвергаются гидролизу, проявляют слабые амфотерные свойства.

Азо- и диазосоединения. Диазосоединениями называются вещества, содержащие группировку из двух атомов азота, связанную с одним органическим радикалом. Общая формула: $R-N_2X$, где R — органический радикал, X — кислотный остаток или гидроксильная группа.

Азосоединениями называются вещества, содержащие азогруппу ($-N=N-$), связанную с двумя органическими радикалами. Общая формула: $R-N=N-R'$, где R и R' — одинаковые либо разные алифатические или ароматические радикалы.

Номенклатура. Связь $N-X$ в диазосоединениях может быть ионной или ковалентной, что зависит от природы кислотного остатка (X). Если X представляет собой анион сильной кислоты, то связь носит ионный характер, такие соединения называются солями диазония. Соли диазония называют, добавляя к названию органического радикала

слово «диазоний», а затем — название аниона. В некоторых случаях название аниона ставят впереди, а слово «бензол» заменяют на «фенил»: например, хлорид фенилдиазония (бензолдиазонийхлорид) [3].

Физические свойства. Соли диазония — очень непрочные соединения, поэтому их обычно не удается выделить из водных растворов. При проведении реакции диазотирования в спиртовом растворе соли диазония можно выделить в твёрдом кристаллическом состоянии.

Методы получения. В промышленности соли диазония получают реакцией диазотирования ароматических аминов.

Химические свойства. Многочисленные реакции, в которые вступают соли диазония, можно разделить на две большие группы: реакции замещения диазогруппы на другие атомы, в которых выделяется свободный азот, и реакции, идущие без выделения азота.

В реакциях азосочетания образуются азосоединения — среди них имеется большое количество соединений, окрашенных в самые разнообразные цвета. Эта особенность азосоединений обусловила их использование в качестве красителей. Азокрасители — важнейший класс красителей, составляющих свыше 50% всего мирового производства [3].

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: пробирки, спиртовка, держатель для пробирок, микрошпатель, стеклянные палочки, фарфоровый стакан; анилин; фенолфталеин; красная лакмусовая бумага; мочевины; растворы: метиламина, нитрита натрия (0,5M), серной кислоты (1M и концентрированный), аммиака (10%-й), соляной кислоты (1M); бромная вода; баритовая вода; дистиллированная вода.

Опыт 1 Реакция первичного амина с азотистой кислотой

В пробирку налейте 0,5 мл раствора метиламина. Прибавьте 0,5 мл раствора нитрита натрия NaNO_2 и 0,5 мл раствора серной кислоты H_2SO_4 , при этом образуется азотистая кислота HNO_2 , которая взаимодействует с первичным амином. Отметьте наблюдаемые эффекты. Напишите уравнения протекающих реакций.

Опыт 2 Основные свойства аминов

2.1 Взаимодействие аминов с водой

В две пробирки поместите по 10 капель воды и по одной капле фенолфталеина. В одну из пробирок прибавьте каплю анилина, в другую — каплю раствора аммиака NH_3 . Отметьте происходящие изменения. Объясните наблюдаемые различия.

2.2 Образование солей аминов

В две пробирки поместите по 1 капле анилина. В первую прибавьте 3 капли соляной кислоты HCl , во вторую — 3 капли серной кислоты H_2SO_4 . Добавьте в каждую пробирку по 5 мл воды и перемешайте стеклянной палочкой. Какая соль растворяется лучше? Напишите уравнения реакций образования солей.

Опыт 3 Бромирование анилина

В пробирке смешайте одну каплю анилина с 5—6 каплями воды и прибавьте по каплям бромную воду до образования белого осадка триброманилина. Напишите реакцию бромирования анилина. Объясните, почему анилин, в отличие от бензола, может взаимодействовать с бромом при обычных условиях.

Опыт 6 Изучение свойств мочевины

6.1 Щелочной гидролиз

В пробирку поместите 1 микрошпатель мочевины и осторожно добавьте 0,5 мл баритовой воды так, чтобы не смочить верхний край пробирки. Закройте неплотно пробирку пробкой, а между пробкой и стенками пробирки поместите узкую полоску красной лакмусовой бумаги. Пробирку нагрейте и отметьте происходящие изменения. Напишите уравнение протекающей реакции.

6.2 Реакция с азотистой кислотой

В пробирку поместите 1 микрошпатель мочевины. Прибавьте 0,5 мл нитрита натрия NaNO_2 и каплю раствора серной кислоты H_2SO_4 , при этом образуется азотистая кислота HNO_2 , которая вступает в реакцию с мочевиной. При встряхивании происходит выделение азота и оксида углерода (IV). Опишите наблюдаемые эффекты. Напишите уравнения протекающих реакций.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения относятся к аминам, амидам кислот, диазосоединениям? Каковы их общие формулы?
2. Приведите классификацию аминов, амидов кислот, диазосоединений. Напишите структурные формулы представителей каждого класса.
3. Укажите основы номенклатуры и изомерии для аминов, амидов кислот, диазосоединений. Приведите примеры.
4. Перечислите способы получения аминов, амидов кислот, диазосоединений и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

5. Охарактеризуйте физические свойства аминов, амидов кислот, diaзосоединений.
6. Перечислите химические свойства аминов, амидов кислот, diaзосоединений и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
7. Используя соединение А и любые неорганические соединения, получите соединения Б и В: А — хлорэтан; Б — пропиламин; В — триэтиламин.

Лабораторная работа 11

АМИНОКИСЛОТЫ. БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ

1 Общие теоретические сведения

Аминокислоты. Аминокислоты — производные карбоновых кислот, в радикале которых один или несколько атомов водорода замещены на аминогруппу $-NH_2$. Общая формула: $RCH(COOH)_n(NH_2)_m$.

Изомерия и номенклатура. Изомерия аминокислот связана как с положением аминогруппы, так и со строением углеродного скелета. Почти все природные α -аминокислоты содержат в молекуле асимметрический атом углерода и поэтому обладают оптической активностью, существуя в виде двух энантимеров (антиподов).

Аминокислоты называют аналогично производным соответствующих карбоновых кислот, обозначая положение аминогруппы буквами греческого алфавита (в случае рациональной номенклатуры) или цифрами (в случае систематической, ИЮПАК-номенклатуры), при этом названия карбоновых кислот берутся из соответствующей номенклатуры. Однако наиболее часто (это касается в первую очередь α -аминокислот) пользуются тривиальными названиями [3].

Физические свойства. α -аминокислоты представляют собой бесцветные кристаллические вещества. Большинство из них легко растворимо в воде. Многие α -аминокислоты обладают сладким вкусом, иногда с некоторым неприятным привкусом, у некоторых аминокислот горький вкус. α -аминокислоты плавятся с разложением при высоких и довольно близких температурах [2].

Методы получения. Природные аминокислоты могут быть получены при гидролизе белковых веществ животного и растительного происхождения. Лабораторные методы: действие аммиака на галогенопроизводные карбоновых кислот, циангидринный метод (способ Зелинского).

Химические свойства. Для аминокислот, как гетерофункциональных соединений, свойственны реакции по карбоксильной и аминогруппам. Часть реакций имеет свои особенности, связанные с взаимным влиянием функциональных групп. Наличие индивидуального для каждой аминокислоты радикала определяет специфический набор реакций, который позволяет проводить их анализ и идентификацию.

Белки и пептиды. Низкомолекулярные соединения, в которых аминокислоты соединены друг с другом пептидными связями, принято называть пептидами (или полипептидами). Пептиды образуются при частичном гидролизе белков.

Белки — полимеры 20 природных аминокислот со специфической структурой. Белки разделяются на протеины (простые белки), в состав которых входят только остатки аминокислот, и протеиды (сложные белки). Последние дают при гидролизе аминокислоты и какие-либо другие вещества, например, фосфорную кислоту, глюкозу, гетероциклические соединения и т. д.

Уникальная последовательность аминокислотных остатков в цепи, характерная для каждого белка, называется *первичной структурой* белка. Особенности скручивания цепей белковых молекул (взаимное положение фрагментов в пространстве, возможность существования α - и β -спиралей — скручивания по и против часовой стрелки) называются *вторичной структурой* белков. Полипептидные цепи белков могут соединяться между собой за счет боковых цепей аминокислот. В результате возникновения этих связей происходит закручивание спирали в клубок. Эти особенности строения белков называют *третичной структурой*. Большинство белков с большой молекулярной массой представляет собой агрегаты, включающие две и более полипептидные цепи, что характеризует их *четвертичную структуру*.

Общая формула: $\text{NH}_2\text{-CHR-}(-\text{CO-NH-CHR-})_n\text{-COOH}$.

Свойства белков. 1. Денатурация — это процесс, при котором происходит разрушение вторичной, третичной и четвертичной структур белка и, как следствие, полная потеря им биологической активности. 2. Гидролиз. 3. Реакции осаждения.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пробирки, держатель для пробирок, водяная баня; универсальная индикаторная бумага; фенолфталеин; метилоранж; этиловый

спирт; растворы: глицина, лизина, аспарагиновой кислоты, яичного белка, гидроксида натрия (1М и концентрированный), соляной кислоты (1М), формальдегида (40%-й), уксусной кислоты (1М), азотной кислоты (концентрированный), сульфата меди (II) (1М), ацетата свинца (1М); хлорид натрия; сульфат магния; ледяная уксусная кислота; дистиллированная вода.

Опыт 1 **Отношение аминокислот к индикаторам**

Приготовьте полоску универсальной индикаторной бумаги и прилагаемую к ней стандартную цветную шкалу значений pH. Нанесите на индикаторную бумагу по капле на одну часть раствор глицина, на другую — лизина, на третью — аспарагиновой кислоты. Укажите, какой цвет имеет каждая часть универсальной индикаторной бумаги? Какая среда и почему соответствует каждой аминокислоте? Напишите уравнения реакций диссоциации глицина, лизина, аспарагиновой кислоты.

Опыт 2 **Амфотерность аминокислот**

2.1 Взаимодействие со щёлочью

В одну пробирку поместите 1 мл раствора аминоксусной кислоты, в другую — 1 мл дистиллированной воды. В обе пробирки внесите по одной капле раствора фенолфталеина. Отметьте цвет растворов в пробирках. В обе пробирки добавьте по одной капле раствора гидроксида натрия NaOH. В какой из пробирок наблюдается малиновое окрашивание? Наличие каких свойств аминоксусной кислоты доказывает её взаимодействие с гидроксидом натрия? Напишите соответствующее уравнение реакции.

2.2 Взаимодействие с кислотой

В одну пробирку поместите 1 мл раствора аминоксусной кислоты, в другую — 1 мл дистиллированной воды. В обе пробирки внесите по 1 капле раствора метилоранжа. Отметьте жёлтую окраску растворов в обеих пробирках. В обе пробирки добавьте по 1 капле раствора соляной кислоты HCl. В какой из пробирок наблюдается розовое окрашивание? Наличие каких свойств аминоксусной кислоты доказывает её взаимодействие с соляной кислотой? Напишите соответствующее уравнение реакции.

Опыт 3 **Свертывание белков**

В четыре пробирки поместите по 0,5 мл раствора яичного белка. Содержимое первой пробирки нагрейте до кипения, охладите и растворите

в воде. В остальные пробирки добавьте, соответственно, раствор формальдегида, этиловый спирт и уксусную кислоту.

Какие изменения происходят в структуре белка при нагревании? Меняется ли его первичная структура? Как называется процесс свертывания белков? Почему свернувшийся белок не растворяется в воде? Что происходит с белком при добавлении формальдегида? Какое действие формальдегида иллюстрирует опыт? Где данная реакция находит применение в быту? Что наблюдаете при добавлении к белку спирта и кислоты?

Опыт 4 Реакции осаждения белков

4.1 Обратимое осаждение белков (высаливание)

Внесите в две пробирки по 7 капель раствора белка. Добавьте в первую пробирку при встряхивании небольшими порциями порошок хлорида натрия NaCl , во вторую — сульфата магния MgSO_4 до полного насыщения раствора и оставьте на 1—2 мин. Добавьте затем в пробирки воды на $\frac{2}{3}$ объема пробирки. Происходит ли помутнение растворов и в какой пробирке больше? Растворяется ли осадок? Какой вид осаждения белка наблюдается в данном опыте? Происходит ли разрушение молекулы белка? Какие реагенты вызывают данное осаждение?

4.2 Необратимое осаждение белков (денатурация)

Поместите в две пробирки по 5 капель раствора белка. В первую пробирку добавьте 1—2 капли раствора сульфата меди (II) CuSO_4 , во вторую — 2 капли раствора ацетата свинца $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, оставьте на 1—2 мин. Затем в обе пробирки добавьте дистиллированной воды. Происходит ли помутнение раствора? Происходит ли растворение осадка при добавлении воды? Необходимо учесть, что в избытке солей осадок может раствориться. В этом случае опыт следует переделать. Какой вид осаждения белков происходит в данном случае? Как меняется структура молекулы белка при данном типе осаждения? Что понимается под термином «денатурация белка», какие факторы её вызывают?

Опыт 5 Цветные реакции на белки

5.1 Биуретовая реакция

Поместите в пробирку 2 капли раствора белка, 1 каплю раствора гидроксида натрия NaOH и 1 каплю раствора сульфата меди (II)

CuSO_4 , перемешайте. Появляется ли фиолетовое окрашивание раствора? Биуретовая реакция является качественной на пептидную группу. Все ли белки дают данную реакцию? Какое строение имеет пептидная группа? Напишите её структурную формулу.

5.2 Ксантопротеиновая реакция

Внесите в пробирку 3 капли раствора белка и 1 каплю концентрированной азотной кислоты HNO_3 , перемешайте и нагрейте на водяной бане до появления жёлтого окрашивания. Смесь охладите и добавьте 1—2 капли раствора гидроксида натрия. Происходит ли изменение жёлтой окраски на ярко-оранжевую? Ароматические соединения подвергаются нитрованию при действии азотной кислоты. Нитросоединения имеют жёлтую окраску. На основании этого можно ли сделать вывод, что в состав молекулы белка входят аминокислоты, содержащие бензольные ядра? Напишите уравнение реакции аминокислоты фенилаланина с азотной кислотой, учитывая вывод данного опыта.

5.3 Цистеиновая реакция

Внесите в пробирку 3 капли раствора белка, 3 капли раствора гидроксида натрия NaOH , 2 капли раствора ацетата свинца $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, перемешайте и нагревайте на водяной бане 2—3 мин. Появляется ли коричнево-чёрный цвет раствора или осадка?

При нагревании в щелочном растворе аминокислот, содержащих серу, образуются сульфид-ионы S^{2-} , которые с солями свинца дают сульфиды свинца чёрного цвета. Свидетельствует ли появление чёрной окраски раствора о наличии в молекуле белка серосодержащих аминокислот? Напишите уравнение реакции цистеина с ацетатом свинца в щелочной среде.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Какие соединения относят к аминокислотам, белкам? Каковы их общие формулы? Классификация?

2. Что называют первичной структурой белка? Вторичной структурой? Третичной структурой? Какие химические связи обуславливают их образование?

3. Что называют четвертичной структурой белка? Приведите примеры белков с четвертичной структурой.

4. Укажите основы номенклатуры и изомерии для аминокислот. Приведите примеры.

5. Охарактеризуйте физические свойства аминокислот, белков.
6. Укажите способы получения аминокислот и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
7. Опишите химические свойства аминокислот и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
8. Приведите цветные реакции обнаружения белков и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
9. Охарактеризуйте реакции осаждения белков, укажите химизм этих реакций.
10. Напишите уравнения реакций образования всех возможных пептидов из аланина, глицина и цистеина.

Лабораторная работа 12

ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

1 Общие теоретические сведения

К классу гетероциклов относятся вещества, содержащие циклические группировки атомов, включающие в цикл кроме атомов углерода и другие атомы (гетероатомы). Наиболее важное значение имеют гетероциклы, содержащие атомы N, O и S. Они называются, соответственно, азот-, кислород- и серосодержащие гетероциклы [2].

Классификация и номенклатура. Гетероциклические соединения можно разделить на следующие группы: а) по общему числу атомов в цикле: трёх-, четырёх-, пяти-, шестичленные циклы; б) по природе гетероатома: кислород-, азот-, серо-, фосфорсодержащие и др.; в) по числу гетероатомов: один, два и более гетероатомов; г) по степени насыщенности циклов; д) по количеству циклов [4].

В настоящее время существуют и параллельно применяются несколько различных систем номенклатуры гетероциклических соединений. Около шестидесяти тривиальных названий гетероциклов используются системой ИЮПАК.

Пятичленные гетероциклические соединения с одним и двумя гетероатомами. Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом (пиррол, фуран, тиофен и селенофен) обладают одинаковой электронной структурой, похожими методами синтеза и сходной реакционной способностью.

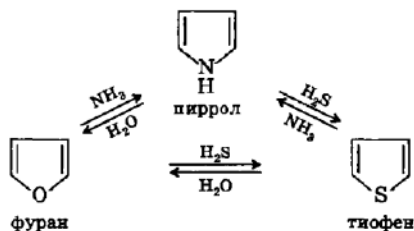


Рисунок 12.1 — Цикл Юрьева [2]

Физические свойства. Фуран, тиофен и пиррол — бесцветные жидкости, практически нерастворимые в воде. Температура их кипения значительно выше, чем у соответствующих им по числу углеродных атомов соединений жирного ряда.

Химические свойства. Пиррол генетически связан с аналогичными O- и S-содержащими пятичленными гетероциклами. Так, Ю. К. Юрьев показал возможность их взаимного перехода при температуре около 300°C (катализатор Al_2O_3) (рис. 12.1).

Химические свойства пятичленных гетероциклов определяются присутствием двойных связей, ароматического цикла и гетероатомов. В общем случае для всех пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом наиболее реакционноспособным является α -положение.

Шестичленные гетероциклические соединения с одним и двумя гетероатомами. Ароматические шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом рассматривают как аналоги бензола, в котором группа $-\text{CH}$ кольца может быть формально заменена на атом азота или другой элемент V группы.

Физические свойства. Пиридин и его ближайшие гомологи — бесцветные жидкости с неприятным запахом, растворимые в воде.

Химические свойства. Пиридин проявляет свойства третичного амина (возможны протонирование, алкилирование, ацилирование атома азота, а также донорно-акцепторные взаимодействия). В отличие от бензола для этого соединения характерны реакции, протекающие без участия ароматического секстета электронов.

2 Практическая часть

Приборы и реактивы: спиртовка, пробирки, держатель для пробирок, водяная баня; никотиновая кислота; кофеин; концентрированная азотная кислота; растворы: антипирина (2%-й), амидопирина (2%-й), хлорида железа (III) (5%-й), нитрита натрия (0,5M), серной кислоты (1M), сульфата меди (II) (5%-й), нитрата серебра (0,2M), аммиака (25%-й).

Опыт 1 Цветные реакции на пятичленные гетероциклические соединения

1.1 Реакция с хлоридом железа (III)

В одну пробирку налейте 1 мл раствора антипирина, а в другую — раствора амидопирина. В обе пробирки добавьте по капле раствора хлорида железа (III) FeCl_3 . Что наблюдается? Почему в одной из пробирок окраска скоро исчезает? Можно ли отличить антипирин и амидопирин с помощью хлорида железа (III)?

1.2 Реакция с азотистой кислотой

В пробирки с растворами антипирина и амидопирина (по 1 мл) добавьте по 3—4 капли раствора нитрита натрия NaNO_2 и столько же раствора серной кислоты H_2SO_4 . Что наблюдается? Как антипирин и амидопирин реагируют с азотистой кислотой? Напишите уравнение реакции образования 4-нитрозоантипирина.

Опыт 2 Качественная реакция на никотиновую кислоту (витамин PP)

Ложечку никотиновой кислоты растворите в 2 мл кипящей воды и добавьте немного раствора сульфата меди (II) CuSO_4 . Опыт повторите с раствором нитрата серебра AgNO_3 . Опишите свойства медной и серебряной солей никотиновой кислоты. Напишите уравнения проведенных реакций.

Опыт 3 Мурексидная реакция с кофеином

Несколько кристалликов кофеина растворите в 1 мл азотной кислоты HNO_3 и упарьте на кипящей водяной бане досуха. При доливании к сухому остатку раствора аммиака NH_3 образуется окрашенный мурексид. Что наблюдается? Напишите уравнение реакции образования мурексида из кофеина.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что называют гетероциклическими соединениями? Приведите примеры.
2. Охарактеризуйте классификацию гетероциклических соединений. Напишите структурные формулы представителей каждого класса.
3. Приведите способы получения гетероциклических соединений. Напишите соответствующие уравнения химических реакций.
4. Опишите физические свойства гетероциклических соединений.
5. Перечислите химические свойства гетероциклических соединений. Напишите соответствующие уравнения химических реакций.
6. Напишите уравнения реакций гидрирования пиррола и пиридина. Сравните исходные соединения и продукты реакции по основности. Какие из них являются ароматическими соединениями?

Репозиторий БарГУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Органическая химия : лаб. практикум : в 2 ч. / сост.: И. Б. Бутылина, С. В. Кобяшева. — МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2006. — Ч. I. Алифатические углеводороды. — 48 с.
2. Грандберг, И. И. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по агр. специальностям / И. И. Грандберг. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Дрофа, 2001. — 672 с. : ил.
3. Иванов, В. Г. Органическая химия : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. — М. : Мастерство, 2003. — 624 с.
4. Пустовалова, Л. М. Общая химия / Л. М. Пустовалова, И. Е. Никанорова. — Ростов н/Д : Феникс, 2005. — 478 с.
5. Петров, А. А. Органическая химия : учеб. для вузов / А. А. Петров, Х. В. Вальян, А. Т. Трощенко ; под ред. М. Д. Стадничука. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Иван Федоров, 2002. — 624 с. : ил.
6. Ким, А. М. Органическая химия : учеб. пособие / А. М. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. — 971 с.
7. Черных, В. П. Лекции по органической химии : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. П. Черных. — Харьков : Изд-во НФаУ : Золотые страницы, 2003. — 456 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Общие правила работы в химической лаборатории	4
Правила техники безопасности	5
Составление отчёта	6
<i>Лабораторная работа 1. Методы выделения и очистки органических веществ</i>	7
<i>Лабораторная работа 2. Алканы. Циклоалканы. Галогенопроизводные углеводов</i>	10
<i>Лабораторная работа 3. Алкены. Диены. Алкины</i>	14
<i>Лабораторная работа 4. Арены</i>	19
<i>Лабораторная работа 5. Спирты. Фенолы. Простые эфиры</i>	23
<i>Лабораторная работа 6. Альдегиды и кетоны</i>	28
<i>Лабораторная работа 7. Карбоновые кислоты</i>	31
<i>Лабораторная работа 8. Сложные эфиры. Липиды</i>	34
<i>Лабораторная работа 9. Углеводы</i>	37
<i>Лабораторная работа 10. Амины. Амиды. Азо- и diaзосоединения</i>	41
<i>Лабораторная работа 11. Аминокислоты. Белки и пептиды</i>	45
<i>Лабораторная работа 12. Гетероциклические соединения</i>	50
<i>Список использованных источников</i>	54

0+

Производственно-практическое издание

ХИМИЯ

Практическое руководство
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 1-74 02 01 Агрономия

В 3 частях

Часть 2

Органическая химия

Разработала

Дейхина Татьяна Владимировна

Ответственный за выпуск С. А. Березнюк

Технический редактор Е. И. Березич

Компьютерная верстка С. М. Глушак

Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 30.05.2018. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 3,30.

Уч.-изд. л. 2,60. Тираж 70 экз. Заказ 254.

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий от 2017 г. № 1/424 от 09. 09. 2016
Ул. Войкова, 21, 21225404, г. Барановичи. Тел. 8 (0163) 45 46 28, e-mail: rio@barsu.by