

**Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний університет**

О.Н. Речицький, С.Ф. Решнова

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

**Практикум з органічної хімії
для студентів II-III курсів спеціальностей Хімія*, Біологія***

**Херсон
2010**

УДК 547; 0(076.5)

ББК 24.2

Р - 46

Обговорено на засіданні кафедри органічної та біологічної хімії
Протокол № 10 від 1 березня 2010 р.

Розглянуто на засідання навчально-методичної ради Інституту природознавства
Протокол № 3 г від 3 березня 2010 р.

Схвалено науково-методичною радою ХДУ
Протокол № 4 від 12 травня 2010 р.

Рекомендовано до друку Вченою радою ХДУ
Протокол № 9 від 31 травня 2010 р.

Укладачі: доцент Речицький О.Н., доцент Решнова С.Ф.

Рецензент: професор Єзіков В.І.

Речицький О.Н., Решнова С.Ф.

Органічна хімія. Практикум з органічної хімії для студентів II-III курсів спеціальностей Хімія*, Біологія*. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2010. – 140 с.

© Речицький О.Н., 2010

© Решнова С.Ф., 2010

© ХДУ, 2010

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Дослідження властивостей органічних речовин	8
<i>Лабораторне заняття № 1. Організація роботи і охорона праці в лабораторії органічної хімії</i>	8
<i>Лабораторне заняття № 2. Дослідження складу і будови органічних речовин</i>	16
<i>Лабораторне заняття № 3. Дослідження залежності фізичних властивостей органічних речовин від складу і будови</i>	18
<i>Лабораторне заняття № 4. Розділення та очистка органічних речовин</i>	22
<i>Лабораторне заняття № 5. Одержання і дослідження властивостей алифатичних і аlicиклічних вуглеводнів</i>	29
<i>Лабораторне заняття № 6. Дослідження властивостей ароматичних вуглеводнів</i>	34
<i>Лабораторне заняття № 7. Дослідження властивостей галогенопохідних вуглеводнів</i>	39
<i>Лабораторне заняття № 8. Дослідження властивостей спиртів</i>	43
<i>Лабораторне заняття № 9. Дослідження властивостей фенолів</i>	47
<i>Лабораторне заняття № 10. Дослідження властивостей карбонільних сполук</i>	53
<i>Лабораторне заняття № 11. Дослідження властивостей карбонових кислот та їх похідних</i>	58
<i>Лабораторне заняття № 12. Дослідження властивостей амінів</i>	65
<i>Лабораторне заняття № 13. Дослідження властивостей діазо- і азосполук</i>	67
<i>Лабораторне заняття № 14. Дослідження властивостей амінокислот</i>	71
<i>Лабораторне заняття № 15. Дослідження властивостей гетероциклічних сполук</i>	73
<i>Лабораторне заняття № 16. Дослідження властивостей вуглеводів</i>	80

<i>Лабораторне заняття № 17. Дослідження властивостей жирів</i>	85
Розділ 2. Ідентифікація органічних сполук	90
2.1. Організація лабораторного заняття “Ідентифікація органічних сполук”	90
2.2. Попередні проби...../.....	95
2.3. Якісні реакції на характеристичні групи органічних сполук.....	102
Розділ 3. Практичні заняття з органічної хімії	127
<i>Практичне заняття № 1. Виведення формул ізомерів і складання назв органічних сполук</i>	127
<i>Практичне заняття № 2. Залежність властивостей органічних сполук від їх складу і будови</i>	129
<i>Практичне заняття № 3. Реакційна здатність органічних сполук та напрямок реакцій</i>	131
<i>Практичне заняття № 4. Синтез органічних сполук</i>	133
<i>Практичне заняття № 5. Фізико-хімічні методи встановлення складу та будови органічних сполук</i>	134
Рекомендована література	136

ВСТУП

Рівень розвитку та використання сучасних технологій у країні визначається, головним чином, рівнем інтелектуалізації суспільства, його здатністю набувати, засвоювати і використовувати на практиці нові знання, прийоми та методи організації праці. Все це, у свою чергу, тісно пов'язано з рівнем освіти. Поставлені проблеми стосуються всіх навчальних предметів вищої школи, але фундаменталізація освіти вимагає насамперед розв'язання їх при викладанні фахових дисциплін.

Одним із засобів всебічного формування професійних якостей молодого фахівця є різноманітні форми організації навчання.

Важливим складовим елементом навчання природничим предметам є лабораторні заняття, метою яких є формування практичних умінь та навичок, поглиблення знань, практичне підтвердження окремих теоретичних положень.

Ефективність лабораторних занять в більшості випадків залежить від чіткої організації.

Здійснити більш раціональний підхід до організації лабораторних занять у ВНЗ пропонується на основі теорії поступового формування розумових дій, яка дозволяє організувати роботу студентів у три етапи:

- 1) мотивація подальшої діяльності;
- 2) етап безпосередніх дій (дослідницький);
- 3) обговорення отриманих результатів.

Перший етап починається ще на попередньому лабораторному занятті чітким повідомленням мети наступної роботи. На цьому ж етапі передбачається самостійне ознайомлення студентів з переліком контрольних запитань з теорії і необхідною для підготовки літературою, з порядком виконання роботи, короткими характеристиками лабораторного обладнання і приладів, що наведено у методичних рекомендаціях. Також підготовка до заняття включає виконання індивідуальних завдань з відповідної теми.

Внаслідок мотивації подальшої діяльності студент повинен засвоїти основні теоретичні положення про хімічні властивості органічних речовин, механізми реакцій та реакційну здатність, способи одержання сполук, що вивчаються.

Сам процес дослідницького вивчення теми описується в методичних вказівках за допомогою обміркованого структурного плану, пояснення в ньому характеру дослідження, його засобів, а також вимог до оформлення отриманих результатів.

Новизна організації лабораторних робіт полягає в розширенні ряду досліджуваних речовин. Так, властивості карбонових кислот пропонується вивчати на прикладі 20 представників, властивості спиртів – 9, властивості ароматичних вуглеводнів – 8, властивості фенолів і нафтолів – 7 тощо. Такий прийом сприяє формуванню більш повного уявлення про властивості класів сполук, що вивчаються, і, саме головне, дозволяє встановити залежність властивостей сполук від їх складу і будови.

Розширення ряду представників певного класу органічних сполук також дозволяє удосконалити форму організації лабораторної роботи: кожен студент досліджує 1-3 речовини (згідно запропонованого варіанту), але результати роботи обговорюються колективно.

Заключний, підсумковий етап характеризується порівнянням одержаних в ході експерименту результатів, узагальненням і формулюванням висновків.

Колективна форма роботи студентів полягає в тому, що після доповідей про результати дослідів, складається звіт у формі загальної для всієї групи таблиці.

Таким чином, в організації та проведенні лабораторного заняття нетрадиційним є те, що всі студенти індивідуально приймають участь в експериментальному процесі, однак від отриманих результатів кожного варіанту залежить узагальнений висновок про хімічні властивості, механізми реакцій та реакційну здатність органічних сполук, що формулюється колективно. Цей факт накладає певний відбиток на відношення студентів до роботи, формує почуття

відповідальності, обов'язку. Крім того, частину дослідів рекомендується проводити не тільки якісно, а й кількісно, тобто виділити продукти реакції, визначити їх вихід, напрямок реакції. Це дає змогу контролювати та оцінювати вміння студентів, що формуються на лабораторному занятті.

Інший різновид лабораторної роботи з органічної хімії – розв'язування експериментальних задач. Кожний студент одержує завдання ідентифікувати дві невідомі речовини. Студенти самостійно складають схему аналізу і проводять ідентифікацію, тим самим реалізуючи дослідницький метод навчання.

На практичних заняттях на основі знань формуються інтелектуальні вміння за будовою передбачати властивості, за властивостями прогнозувати будову, планувати синтез речовин, складати план ідентифікації сполук у процесі розв'язування задач. До кожного практичного заняття пропонуються типи задач для розв'язування.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Організація роботи і охорона праці в лабораторії органічної хімії

Мета: Ознайомитися з організацією роботи і основними правилами охорони праці.

Завдання:

1. Ознайомитися з організацією роботи в лабораторії.
2. Ознайомитися з правилами охорони праці.

Питання самостійної роботи

1. Обладнання та прийоми роботи у лабораторії органічної хімії.
2. Охорона праці при роботі у лабораторії органічної хімії.

Рекомендована література

1. Івашина Г.О., Речицький О.Н., Шевряков М.В. Інструкції з охорони праці в лабораторіях кафедри хімії. – Херсон. – 2001. – 16 с.
2. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия. – 1978. – 717 с.
3. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.

Хід роботи

1. Обладнання робочого місця та основні прийоми роботи у лабораторії органічної хімії

Обладнання робочого місця

На робочому місці студента повинен бути постійний комплект посуду, матеріалів та реактивів, які використовуються у більшості дослідів, а саме: штатив Бунзена з лапками та кільцями, газовий пальник, водяна баня з гніздами для пробірок, штативи зі звичайними та маленькими пробірками, промивалка з дистильованою водою, маленька лійка, невелика фарфорова чашка діаметром 5-7 см, капілярна піпетка, градуйовані піпетки (5 см³), невелике годинникове скло, скляні палички, шпателя.

Прилади та установки для загального використання: терези, мікроскопи, сушильні шафи, прилади для визначення температури плавлення, кипіння та фільтрування під вакуумом. Установки для перегонки монтують окремо.

На полках над столами розташовують склянки з реактивами, які часто використовуються: розведені розчини сульфатної ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5\%$) та хлоридної ($w(\text{HCl}) = 5\%$) кислот, лугів ($w(\text{NaOH}) = 5\%$), калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 0,5\%$), аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 0,1\%$), ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 0,5\%$) та ін. Крім того, на полках повинні бути крапельниці з розчинами індикаторів, індикаторні папірці, кип'ятильні камінці. Крім реактивів, що використовуються постійно, на полках розміщують реактиви, що необхідні для виконання запропонованих дослідів.

Концентровані розчини кислот, амоніаку, галогеніди фосфору, розчини бром у воді і тетрахлоорокарбоні та інші отруйні речовини і речовини, які мають неприємний запах, зберігають у витяжній шафі.

Основні прийоми роботи в хімічній лабораторії

У лабораторії студенти дуже часто виконують наступні операції.

Очистка та миття посуду. Після закінчення дослідів весь посуд необхідно очистити та вимити. Якщо забруднюючі речовини розчинні у воді, посуд необхідно мити під краном холодною або гарячою водою, використовуючи йоржик і розчин соди або мийні засоби. Для очищення посуду, що забруднений жирами, жирними кислотами, фенолами та іншими речовинами кислотного характеру, використовують холодний або гарячий розчин натрій гідроксиду. Потім посуд необхідно промити водою до повного видалення луку. Речовини основного характеру з посуду видаляють за допомогою технічної хлоридної кислоти. Для більшості забруднюючих речовин використовують органічні розчинники: бензен, бензин, спирт, ацетон та ін. Найбільш розповсюдженим універсальним засобом миття є хромова суміш. Вимитий посуд споліскують дистильованою водою та сушать.

Зборка приладів. Акуратна та правильна зборка приладів – обов'язкова умова успішної та безпечної роботи. При збиранні приладів підбирають

реакційні сосуди (колби, пробірки) такого розміру, щоб реагуючі речовини заповнювали не більше половини їх об'єму. Спочатку збирають окремі вузли приладу, підганяють пробки. Закріплюють газовідвідні трубки, крапельні лійки, термометри та холодильники, потім з'єднують окремі частини приладу та закріплюють їх у лапках штативу. Прилади треба закріплювати дуже обережно: при туго зажатих лапках і напруженості трубок, які з'єднують окремі вузли, часто виникають поломки, нещасні випадки. Холодильники та з'єднуючі трубки необхідно закріплювати під нахилом, щоб рідина стікала у приймач, не контактуючи з пробками. При роботі з леткими рідинами або газами прилад повинен сполучатися з атмосферою через холодильник.

Насичення рідини газом. Для насичення рідини газом у рідину занурюють трубку, яка з'єднана з джерелом газу. Кінець трубки занурений у рідину приблизно до середини. Для насичення рідини, що налита у маленьку пробірку, використовують газовідвідну трубку з вузьким кінцем, з якої виходять маленькі бульбашки, не викидаючи рідину з пробірки. Для запобігання засмоктування рідини у газовідвідну трубку необхідно витягти її з рідини до припинення нагрівання або відключення джерела газу. При поглинанні газів рідиною реакційний посуд краще охолоджувати у посуді з льодом.

Нагрівання. Сосуди, в яких нагрівають реагуючі речовини, повинні бути сухими ззовні. Нагрівати слід поступово: спочатку рівномірно прогріти стінки сосуду, а потім ту його частину, де знаходяться реагуючі речовини. Леткі речовини нагрівають у сосудах зі зворотним холодильником на водяній бані. Якщо температура кипіння рідини, яка нагрівається, перевищує 150 °С, використовують зворотний повітряний холодильник. Для нагрівання речовин до температури 100-250 °С часто використовують гліцеринові бані. Для нагрівання до більш високих температур використовують пісочні або масляні бані. При нагріванні на газових пальниках та електричних плитках слід використовувати азбестові сітки.

При кип'ятінні у пробірках треба направляти їх отвір у бік від себе та сусідів і не заглядати у них зверху. Пробірку краще тримати нахилено.

При нагріванні концентрованих розчинів кислот та лугів, сплавленні твердих речовин, реакціях з металевим натрієм, а також при перегонці у вакуумі слід використовувати захисні окуляри і працювати у витяжній шафі.

Гарячі сосуди треба ставити на азбестову сітку або дерев'яну дошку. Сосуди з горючими речовинами треба тримати подалі від полум'я. Забороняється нагрівати етер на відкритому полум'ї.

Мірний посуд. Щоб відміряти необхідний об'єм рідини використовують мірні циліндри, мірні пальчики, піпетки. Мірні циліндри (мірні пальчики) використовують для приблизного відмірювання рідини.

Піпетки використовують для точного відмірювання певного об'єму рідини. Піпетки бувають прості та градуйовані.

Терези та зважування. В лабораторії органічної хімії використовують технохімічні терези. Кожні терези мають свої важки. На кожній гирьці важків позначена її маса. При зважуванні речовини вміщують у попередньо зважений посуд: фарфорову чашку, хімічний стакан тощо. При зважуванні треба звертати увагу, щоб речовина не попадала на чашку терезів.

Димлячі рідини та рідини, що тхнуть, слід зважувати у витяжній шафі!

2. Правила охорони праці при роботі в лабораторії

Ознайомитися на стор. 5-10 [3].

3. Організація роботи студентів

3.1. Вимоги до підготовки до лабораторного заняття:

- а) ознайомитися з темою, метою і завданням заняття;
- б) відповісти на питання самопідготовки, користуючись рекомендованою літературою;

в) оформити лабораторний зошит.

3.2. Вимоги до проведення лабораторної роботи:

- а) знати правила охорони праці при виконанні певних дослідів;
- б) здійснити досліди;
- в) записати спостереження, зробити висновки;

г) здати оформлений звіт викладачу за 10-15 хв. до кінця заняття; отримати оцінку чи залік;

д) здати робоче місце черговому, який дозволяє студенту бути вільним.

Підготовка до кожного лабораторного заняття проводиться студентами дома або у бібліотеці за підручниками, лекційним записам та за методичними рекомендаціями до лабораторних робіт.

Перед початком роботи в лабораторії необхідно одержати та підготувати все необхідне обладнання і матеріали. Реактиви розміщуються на полках лабораторних столів та у витяжній шафі.

Під час проведення дослідів на робочому місці не повинно бути нічого зайвого, необхідно підтримувати на ньому чистоту та порядок.

Деякі досліді необхідно проводити у витяжній шафі, про що зроблені відповідні вказівки у техніці експерименту.

По закінченні роботи студенти перевіряють розташування реактивів, здають лаборанту одержані реактиви, матеріали та обладнання, ретельно миють посуд та прибирають своє робоче місце.

При підготовці до лабораторних занять та при їх проведенні студенти повинні вести записи у спеціальному зошиті – лабораторному журналі. У лабораторному журналі відмічаються дата, номер лабораторного заняття, тема, мета роботи, номер та назва досліді, план виконання досліді: хімізм процесу, умови його проведення, кількість реактивів, розрахунки кількості реактивів (якщо треба), усі спостереження та зміни, короткий висновок, який пояснює спостереження.

При записі техніки досліді не слід дослівно переписувати текст навчального посібника. Треба скласти план проведення досліді, навчитися використовувати власні чіткі формулювання. Записи повинні бути лаконічними.

Особливу увагу необхідно звернути на запис спостережень: відмічати зміну забарвлення, випадіння та розчинення осаду, появу характерного запаху та ін., а також на лаконічність висновків. Висновки повинні пояснювати спостереження. Правильно зроблені висновки на основі досліді або групи

дослідів говорять про засвоєння теоретичного матеріалу по даній темі і набуття інтелектуальних вмінь. Спостереження і короткі висновки студенти записують при проведенні досліду в лабораторії, усі інші записи робляться попередньо при підготовці до лабораторного заняття. Нижче наводяться зразки оформлення роботи у лабораторному журналі.

Зразок оформлення у лабораторному журналі роботи з дослідження властивостей органічних сполук:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Дослідження властивостей карбонільних сполук

Мета: Дослідити властивості карбонільних сполук.

Назва дослідження, рівняння реакції, техніка виконання	Спостереження	Висновки
<p>1. Якісні реакції на карбонільну групу</p> <p>1.1. Реакція "срібного дзеркала"</p> $\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>Підготовка пробірки: у пробірці прокип'ятити (обережно!) 1-2 хв. розчин натрій гідроксиду об'ємом 5 см³, а потім промити її дистильованою водою.</p> <p>Приготування амоніачного розчину аргентум гідроксиду: до розчину аргентум нітрату об'ємом 1-2 см³ додати по краплях при струшуванні розчин амоніаку до того часу, поки осад, що утворився, повністю не розчиниться.</p> <p>Окиснення карбонільної сполуки: до амоніачного розчину аргентум гідроксиду додати декілька крапель карбонільної сполуки, пробірку закрити пробкою з повітряним холодильником і обережно нагріти декілька хвилин на водяній бані при 60-70 °С.</p>	<p>Сріблястий дзеркальний наліт.</p>	<p>Альдегід окиснюється до кислоти, що підтверджується виділенням срібла.</p>

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Дослідження складу та будови органічних сполук

Мета: Здійснити реакції якісного елементного та структурного аналізу органічних сполук.

Завдання:

1. Провести якісні реакції на Карбон, Гідроген, Сульфур, Нітроген, галогени.
2. Дослідити розчинність запропонованих органічних речовин в концентрованій сульфатній кислоті, в розчинах натрій гідроксиду, натрій гідрогенкарбонату, хлоридної кислоти.
3. Визначити відношення запропонованих органічних речовин до бромної води та розчину калій перманганату.

Питання самостійної роботи

1. Елементний та якісний аналіз органічних речовин.
2. Проведення попередніх проб при аналізі невідомої речовини.
3. Дослідження складу і будови фізичними та хімічними методами.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 2.

Обладнання і реактиви: фарфорові чашки, лакмусовий папірець, пробірки, газовідвідні трубки, мідний дротик, парафін, купрум оксид, купрум сульфат, металічний натрій, абсолютний етиловий спирт, вапняна вода, вата, розчин ферум(II) сульфату ($w(\text{FeSO}_4) = 5\%$), розчин ферум(III) сульфату ($w(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 5\%$), концентрована сульфатна кислота, розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5\%$), вода, етер, розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 5\%$), розчин натрій гідрогенкарбонату ($w(\text{NaHCO}_3) = 5\%$), розчин хлоридної кислоти ($w(\text{HCl}) = 5\%$), розчин плюмбум ацетату ($\text{C}(\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$), розчин нітратної(V) кислоти ($w(\text{HNO}_3) =$

= 5 %), концентрований розчин амоніаку, розчин аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 5 \%$), розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 1-3 \%$), розчин бром у тетрахлорометані ($w(\text{Br}_2) = 2 \%$).

Рекомендована література

1. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия. – 1975. – 328 с.
2. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.
3. Шарп Дж., Госни И., Роули А. Практикум по органической химии. – М.: Мир. – 1993. – 240 с.
4. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение. – 1973. – 286 с.

Хід роботи

1. Елементний аналіз

1.1. Відношення органічної речовини до нагрівання

1.2. Виявлення Карбону та Гідрогену окисненням речовини купрум оксидом

1.3. Виявлення Нітрогену, Сульфуру і галогенів

- пробю Лассеня

- пробю Бейльштейна

2. Структурний аналіз

2.1. Проба з концентрованою сульфатною кислотою

2.2. Розчинність у водних розчинах натрій гідроксиду, натрій гідрогенкарбонату, хлоридної кислоти

2.3. Проба з бромом

2.4. Проба з водним розчином калій перманганату

Техніка дослідів наведена у другому розділі посібника.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Дослідження залежності фізичних властивостей органічних сполук від складу і будови

Мета: Дослідити залежність температур кипіння і плавлення, розчинності і густини органічних сполук від складу і будови.

Завдання:

1. Визначити температуру плавлення запропонованих кристалічних речовин.
2. Визначити температуру кипіння запропонованих рідких речовин.
3. Дослідити розчинність запропонованих речовин у воді, етері, розчинах кислот, лугів, солей.
4. Визначити густину рідких речовин відносно води.
5. Встановити залежність фізичних властивостей від складу і будови.

Питання самостійної роботи

1. Йонний та ковалентний зв'язок.
2. Полярність зв'язків та молекул.
3. Залежність температур плавлення та кипіння від будови органічних речовин.
4. Класифікація розчинників.
5. Залежність розчинності органічних речовин від їх будови.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 2.

Рекомендована література

1. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия. – 1975. – 328 с.
2. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.
3. Шарп Дж., Госни И., Роули А. Практикум по органической химии. – М.: Мир. – 1993. – 240 с.

4. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение. – 1973. – 286 с.

Обладнання та реактиви: широкі капіляри (запаяні з одного кінця) діаметром 3-4 мм і довжиною 4-5 см, вузькі капіляри довжиною 7-10 см (запаяні з одного кінця), термометри, гумові кільця, пробірки, кип'ятильники, прилад для визначення температури плавлення, скляні палички, розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 5\%$), розчин натрій гідрогенкарбонату ($w(\text{NaHCO}_3) = 5\%$), розчин хлоридної кислоти ($w(\text{HCl}) = 5\%$).

Хід роботи

1. Визначення температури кипіння

1.1. Визначення температури кипіння мікрокількостей речовин за Сіволобовим

У широкий капіляр (запаяний з одного кінця) діаметром 3-4 мм і довжиною 4-5 см помістити декілька крапель рідини. У нього вставити вузький капіляр довжиною 7-10 см (запаяний з верхнього кінця). Широкий капіляр прикріпити до термометра гумовим кільцем (рис. 1). Термометр з капілярами помістити у прилад для визначення температури кипіння.

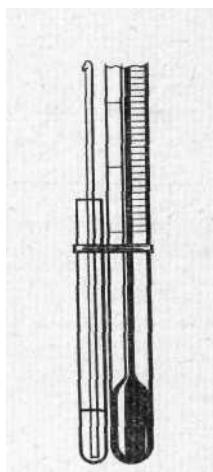


Рис. 1. Прилад для визначення температури кипіння

При повільному нагріванні з тонкого капіляра починають виділятися бульбашки повітря. Коли виділення бульбашок стає інтенсивним, нагрівання закінчити, рідина охолоджується і тоді потрібно зафіксувати температуру,

при якій бульбашки не виділяються. Це температура кипіння. Дуже важливо не перегріти рідину, тому за 10-15 °С до температури кипіння прилад нагрівати повільно.

1.2. Приблизне визначення температури кипіння мікрокількостей речовин

У пробірку помістити рідину об'ємом 1-2 см³ і кип'ятильники. Пробірку закріпити у штативі. Опустити у пробірку термометр чітко по центру і закріпити за допомогою шматочків гуми (не забути залишити отвір!) таким чином, щоб ртутна кулька була на відстані 5 см від поверхні рідини. Термометр не повинен торкатися стінок пробірки.

Після того як прилад зібрано, обережно нагріти пробірку. Температуру кипіння фіксувати в момент рівномірного падіння крапель з кінця термометра або в момент, коли кільце пари, яка конденсується, досягне розширеної частини термометра.

Температуру кипіння вимірювати до трьох співпадань показника термометра.

2. Визначення температури плавлення

2.1. Визначення температури плавлення мікрокількостей речовин

Заповнити капіляр речовиною шляхом опускання відкритого кінця капіляра у речовину. Для того щоб перемістити речовину на дно капіляра, його кидають декілька разів запаяним кінцем вниз у вертикально розташовану скляну трубку довжиною 50-70 см, при цьому речовина заповнює капіляр на 0,5 см. Прилад для визначення температури плавлення складається з круглодонної колби з довгою шийкою і широкою пробірки, у яку вставляють термометр з капіляром (рис. 2).

Кінець капіляра повинен бути на рівні кульки термометра. В колбу наливають (1/2 об'єму) концентровану сульфатну кислоту (ОБЕРЕЖНО!). Прилад можна нагрівати лише до 250 °С. При визначенні температури плавлення обов'язково потрібно одягати захисні окуляри.

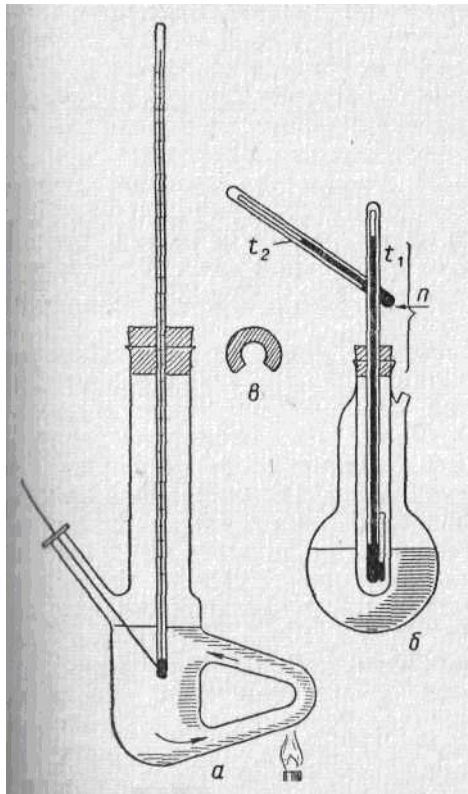


Рис. 2. Прилад для визначення температури плавлення:
 а, б – колби з концентрованою сульфатною кислотою,
 в – гумова пробка з отвором,
 т – термометри.

При нагріванні приладу температуру підвищують на 5-10 °С за хвилину, а за температур, що близькі до температури плавлення – на 1-2 °С за хвилину. Температурою плавлення речовини вважати температурний інтервал від початку до повного плавлення речовини. Похибка методу – 2-3 °С.

2.2. Приблизне визначення температури плавлення

На кульку термометра помістити 2-3 кристали речовини, термометр тримати горизонтально, обережно нагрівати на електроплитці до плавлення проби. Слідкувати за показниками термометра. Вимірювання проводити до 3-х співпадань температури плавлення.

3. Визначення густини

Густину речовин визначають приблизно за відношенням до густини води. Для цього у пробірку вмістити декілька крапель речовини і декілька крапель води. Струсити і спостерігати розшарування.

4. Визначення розчинності

Усі вимірювання проводити за кімнатної температури з рідиною об'ємом 0,02-0,03 см³ або з твердою, ретельно розтертою речовиною масою 4-6 мг і розчинником об'ємом 0,2 см³, при цьому суміш розтерти паличкою і сильно струсити.

Досліджувати розчинність у воді, етері, розчині натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 5\%$), розчині натрій гідрокарбонату ($w(\text{NaHCO}_3) = 5\%$), розчині хлоридної кислоти ($w(\text{HCl}) = 5\%$).

5. Одержані спостереження внести в таблицю 1

Таблиця 1 – Фізичні властивості органічних сполук

Назва речовини	Температура		Розчинність				
	плавлення	кипіння	H ₂ O	етер	розчин NaOH	розчин HCl	розчин NaHCO ₃

Зробити загальний висновок щодо встановлених закономірностей зміни фізичних властивостей.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Розділення та очистка органічних речовин

Мета: Навчитися проводити очистку органічних речовин методами перегонки та перекристалізації.

Завдання:

1. Провести перегонку певної кількості забрудненої рідини.
2. Провести перекристалізацію певної кількості забрудненої кристалічної речовини.

Питання самостійної роботи

1. Класифікація методів очистки.
2. Види та способи перегонки.
3. Проста перегонка:

- а) прилад;
- б) проведення перегонки.
- 4. Підбір розчинника для перекристалізації.
- 5. Особливості проведення перекристалізації за допомогою горючих розчинників.
- 6. Охорона праці.

Рекомендована література

1. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия. – 1975. – 328 с.
2. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.
3. Шарп Дж., Госни И., Роули А. Практикум по органической химии. – М.: Мир. – 1993. – 240 с.
4. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение. – 1973. – 286 с.

Перекристалізація

Завдання: Очистити кристалічну органічну речовину масою 2 г.

Обладнання та реактиви: розчинники (вода, спирт, етер), пробірки, пробіркотримачі, терези з різноважками, конічні колби (100 см³), електроплитка, лійки, фільтрувальний папір, скляні палички, хімічні стакани (200 см³), воронки Бюхнера, колби Бунзена, кип'ятильники, водострумний насос, речовини для очищення.

Хід роботи

1. Підбір розчинника

Вимоги до розчинника:

- а) речовина повинна добре розчинятися у розчиннику при нагріванні і погано на холоді;
- б) розчинник не повинен взаємодіяти з речовиною;
- в) розчинність основної речовини повинна значно відрізнятися від розчинності домішок;

г) розчинник повинен легко відокремлюватися від речовини.

Підбір розчинника здійснювати з невеликими кількостями (декілька кристалів) речовини.

Вмістити декілька кристалів речовини у пробірку і долити розчинник таким чином, щоб він повністю вкривав речовину. Спостерігати за розчиненням при кімнатній температурі, при нагріванні і за кристалізацією при охолодженні. Якщо речовина розчиняється на холоді – розчинник непридатний для перекристалізації. Якщо речовина погано розчиняється при нагріванні, то у пробірку додати ще декілька крапель розчинника і знову нагріти до кипіння. Якщо при охолодженні пробірки випадають кристали – підбір розчинника завершено (підбір розчинника починати з води).

Якщо вимозі а) відповідають декілька розчинників, то вибирають той розчинник, який краще задовольняє вимогам б), в), г).

2. Проведення перекристалізації

2.1. Зважити видану суміш, визначити $T_{пл}$.

2.2. Суміш помістити у конічну колбу відповідного об'єму, додати 1-2 кип'ятильники.

2.3. Прилити у колбу розчинник таким чином, щоб він тільки покрив суміш. Нагріти до кипіння.

2.4. Якщо при кипінні розчину речовина розчиняється неповністю, то додати невеликими порціями розчинник до розчинення суміші (обережно: спочатку треба охолодити розчин!).

Приготувати прилад для гарячого фільтрування (рис. 3).

Гарячий розчин відфільтрувати від нерозчинних домішок.

2.5. Повільно охолодити розчин і чекати закінчення кристалізації. Для виявлення цього моменту розчин перемішати скляною паличкою і, після осадження кристалів, спостерігати прозорий шар розчинника.

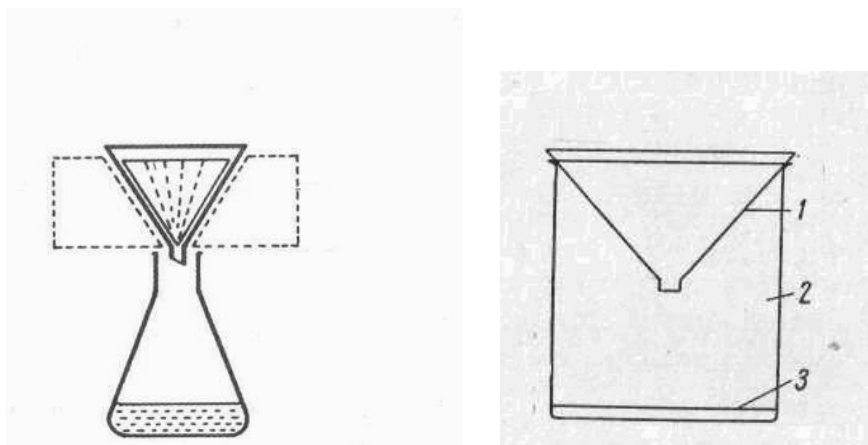


Рис. 3. Прилади для гарячого фільтрування:

- 1 – лійка,
- 2 – хімічний стакан,
- 3 – фільтрат.

2.6. Відфільтрувати осад у вакуумі за допомогою приладу, який складається з воронки Бюхнера і колби Бунзена (рис. 4) і приєднується до водострумного насосу. Перед початком фільтрування вирізати фільтр, помістити його у воронку, змочити невеликою кількістю розчинника. Перевірити прилад на герметичність: повітря повинно проходити крізь вологий фільтр безшумно.

Після закінчення фільтрування, промити кристали невеликою кількістю розчинника.

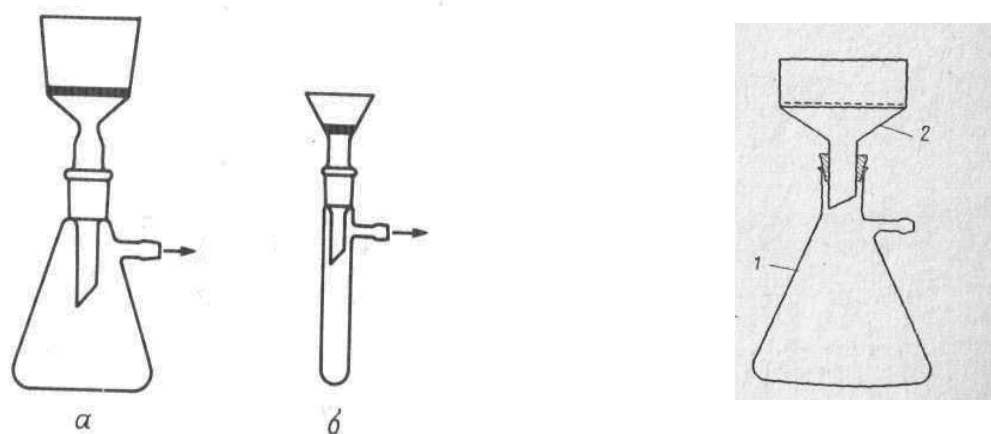


Рис. 4. Прилади для фільтрування у вакуумі:

- 1 – колба Бунзена,
- 2 – воронка Бюхнера.

2.7. Висушити кристали на повітрі.

2.8. Зважити перекристалізовану речовину.

Мета та наслідки виконання окремих операцій при перекристалізації відображені у таблиці 2.

3. Визначити температуру плавлення

Перекристалізовану речовину здати у сухій пробірці, яка закрита пробкою, що обгорнута поліетиленом з етикеткою. Розмір етикетки: 1,5 x 8 см. На етикетці вказати назву речовини, її масу та $T_{пл.}$, прізвище студента, дату перекристалізації.

Таблиця 2 – Послідовність операцій при очистці речовин шляхом перекристалізації

Операція	Мета	Наслідки виконання операції
Підбір розчинника і розчинення суміші	Розчинення суміші	У колбі: розчинні домішки, нерозчинні домішки, смоли, речовина, розчинник
Адсорбція активованим вугіллям і кип'ятіння	Адсорбція нерозчинних домішок і смол	У колбі: розчинні і нерозчинні домішки, речовина, розчинник, смоли адсорбовані на вугіллі
Гаряче фільтрування	Відокремлення нерозчинних домішок і смол	У колбі: речовина, розчинні домішки, розчинник
Охолодження	Випадіння речовини в осад	У колбі: розчинник, розчинні домішки, кристали речовини
Холодне фільтрування	Відокремлення розчинних домішок	На фільтрі: речовина, у колбі: маточний розчин
Промивання на фільтрі розчинником	Відокремлення маточного розчину	На фільтрі: речовина, у колбі: розчинник
Віджимання на фільтрі	Відокремлення розчинника від речовини	На фільтрі: речовина

Перегонка

Завдання: Очистити рідку органічну речовину об'ємом 50 см^3 від розчинних домішок.

Обладнання і реактиви: колби Вюрца (100 см^3), термометри з гумовими пробками, водяні холодильники Лібіха, алонжи, конічні колби (50 см^3), пробірки, речовини для очищення.

Хід роботи

1. Проведення перегонки

Зібрати прилад (рис. 5, 6), який складається з колби Вюрца, термометра з гумовою пробкою, водяного холодильника, алонжа і колби-приймача. Перевірити герметичність приладу: після з'єднання всіх частин, опустити алонж у стакан з водою і трохи підігріти колбу (можна руками). Якщо прилад герметичний – вода з алонжа трохи витискується.

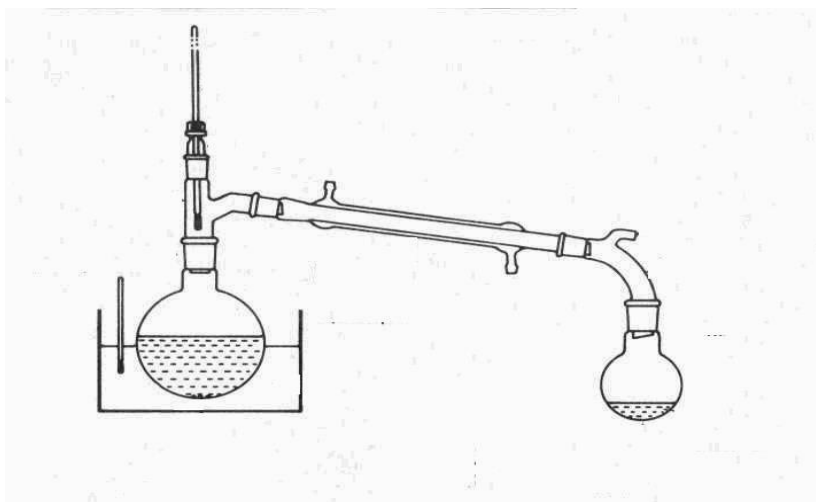


Рис. 5. Прилад для перегонки на шліфах

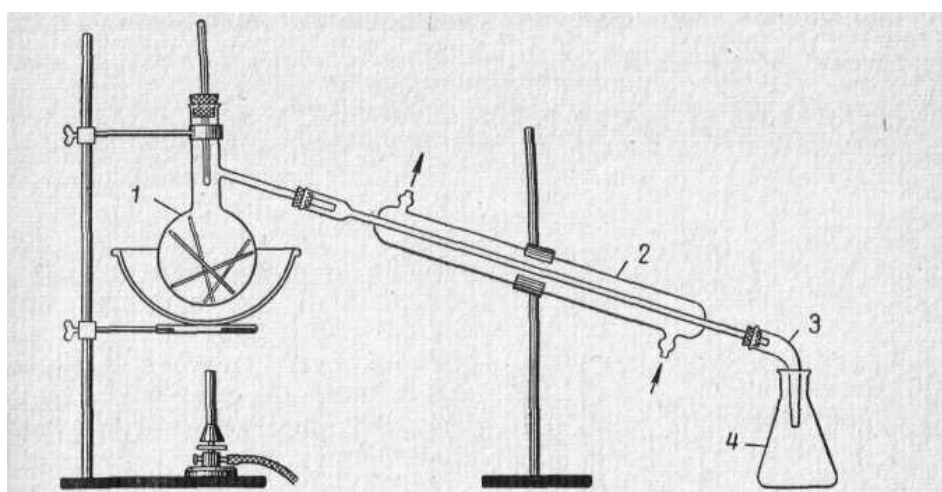


Рис. 6. Прилад для перегонки на гумових пробках:

- 1- колба Вюрца,
- 2- холодильник Лібіха,
- 3- алонж,
- 4- колба-приймач.

У колбу Вюрца налити забруднену органічну речовину об'ємом 50 см^3 (колба заповнюється не більше, ніж на $2/3$ об'єму).

Переважає більшість рідин перегрівається (нагрівається вище температури кипіння і закипає з сильними поштовхами). Для усунення цих недоліків у колбу необхідно додати декілька кип'ятильників. Коли перегонка закінчується і рідина у колбі охолоджується, кип'ятильники стають неактивними. Якщо на початку перегонки забули додати у колбу кип'ятильники, то виправити помилку можна тільки після охолодження рідини (при додаванні кип'ятильників у гарячу рідину відбувається бурхливе закипання з викидом гарячої суміші!).

Закрити колбу пробкою з термометром. Кулька термометра (рис. 7) повинна знаходитись на 5-10 мм нижче отвору відвідної трубки (у цьому випадку ртутна кулька повністю омивається парами рідини і термометр показує температуру перегонки).

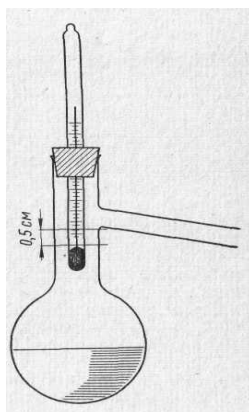


Рис. 7. Розташування термометра у колбі Вюрца

Холодильник закріпити у штативі паралельно до отвору відвідної трубки колби Вюрца. Потім приєднати холодильник до колби Вюрца шляхом руху холодильника доверху-донизу, вперед-назад (інакше колба Вюрца буде розбита!).

Після приєднання холодильника включити воду і спостерігати, щоб під час перегонки у системі завжди циркулювала вода.

Для нагрівання використовувати електроплитку та водяну або пісочну баню. Регулювати слабе кипіння. У приймач повинно потрапляти

не більше двох крапель чистого і прозорого дистилату за секунду. Тільки за цих умов термометр у колбі вказує температуру, яка відповідає точці рівноваги між парою та рідиною. Починати збирати відгін необхідно в момент фіксування постійної температури; колба-приймач повинна бути абсолютно сухою! У колбу-приймач збирати дистилат, який відганяється при постійній температурі. При підвищенні чи зниженні температури (при якій відганяється основна фракція), замінити колбу-приймач і закінчити перегонку.

Перегонку не можна продовжувати до сухого залишку (вибух!).

Після закінчення перегонки вимкнути і прибрати електроплитку чи газовий пальник, дати приладу охолотитись і тільки після цього розібрати його.

Визначити об'єм дистилату і розрахувати вихід продукту.

Речовину здати у сухій пробірці, яка закрита пробкою і обгорнута поліетиленом з етикеткою. На етикетці: назва речовини, об'єм, $T_{\text{кип.}}$, прізвище студента, дата. Розмір етикетки: 1,5 см x 8 см.

2. Результати роботи занести у таблицю 3

Таблиця 3 – Очистка органічних речовин

№	Назва операції	Спостереження	Висновки
1.	Перегонка	$T_{\text{кип.}} = \dots, \dots,$ $V_1 = \dots V_2 = \dots$	$T_{\text{кип.}} = \dots$ $\eta (\text{реч.}) = \dots$
2.	Перекристалізація	$T_{\text{пл.}} = \dots, \dots,$ $m_1 = \dots m_2 = \dots$	$T_{\text{пл.}} = \dots$ $\eta (\text{реч.}) = \dots$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Одержання і дослідження властивостей аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів

Мета: Одержати метан, етилен, ацетилен і дослідити властивості цих газів.

Завдання:

1. Одержати і зібрати метан, етилен, ацетилен об'ємом 200 см^3 .

2. Дослідити та порівняти властивості насичених і ненасичених вуглеводнів.

Питання самостійної роботи

1. Принцип дії газометру для збирання газів.
2. Реакції заміщення в насичених вуглеводнях.
3. Особливості реакцій приєднання в етиленових та ацетиленових вуглеводнях.
4. Механізм реакції електрофільного приєднання до подвійного зв'язку.
5. Синтез алканів, алкенів, алкінів.
6. Аналіз насичених та ненасичених вуглеводнів.

Завдання для засвоєння знань і вмінь

Індивідуальні завдання № 3, 4.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), газовідвідні трубки, газометр, нагрівальні прилади, мірні пальчики, мірні циліндри (100 см³), кристалізатори, кип'ятильники, сірники, етанол, концентрована сульфатна кислота, насичений розчин натрій хлориду, кальцій карбід, бромна вода

($w(\text{Br}_2) = 3 \%$), розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 3 \%$), розчин $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]$, калій перманганат.

Хід роботи

1. Одержання етилену, ацетилену, метану

У суху пробірку налити розрахований об'єм суміші для одержання етилену (етилловий спирт і сульфатна кислота у співвідношенні 1:2). Вихід етилену прийняти за 50 %. У реакційну суміш внести 1-2 кип'ятильники (шматочки фарфору), пробірку закрити газовідвідною трубкою і обережно нагріти газовим пальником. Перші 20 см^3 суміші повітря з етиленом зібрати у пробірку шляхом витіснення води і відкинути. Після цього газовідвідну трубку приєднати до газометра і швидко відкрити затискач (рис. 8).

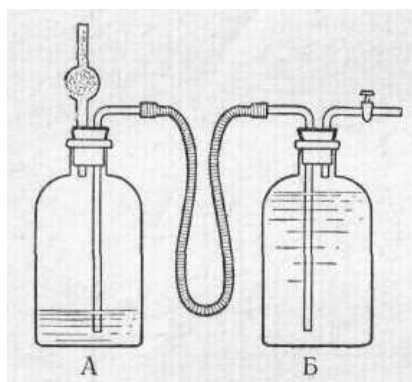


Рис. 8. Саморобний газометр:

А – склянка для збирання витиснутої води,

Б – склянка для збирання газу.

Газ надходить по короткій трубці у склянку Б і витискує воду через довгу трубку у склянку А. Увага: склянка А повинна бути повністю заповнена чистою водою. **Домішки повітря – причина вибуху!** Нагрівання припинити, коли у склянку А газометра вже не витискується вода або коли зібрано розрахований об'єм газу.

Подальша послідовність операцій: прибрати полум'я, перекрити затискачем гумову трубку, швидко відокремити газовідвідну трубку.

Об'єм отриманого газу визначити шляхом вимірювання об'єму витиснутої води у склянку А. Розрахувати вихід продукту реакції.

Для одержання ацетилену у суху пробірку вмістити розраховану масу кальцій карбїду (вихід ацетилену прийняти за 50 %) і прилити невеликими порціями насичений розчин натрій хлориду таким чином, щоб газ виділявся не бурхливо, і одразу ж закрити пробірку пробкою з газовідвідною трубкою і приєднати прилад до газометра, відкривши затискач. Після закінчення реакції затискач закрити і операцію повторити до повного розкладу карбїду. Виміряти об'єм отриманого ацетилену за об'ємом витиснутої води. Розрахувати вихід продукту реакції.

Метаном заповнюють газометр з газової мережі (аналогічно заповненню етиленом і ацетиленом).

2. Дослідження горіння метану, етилену, ацетилену

Заповнити пробірку газом шляхом витискування води. Для цього склянку А поставити вище склянки Б газометра (рис. 9).

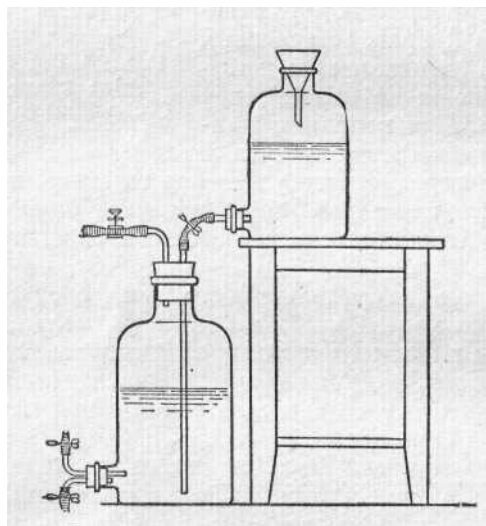


Рис. 9. Витискування газу з газометра

Потім у кристалізатор з водою опустити отвором донизу пробірку, заповнену водою. До отвору підвести скляну трубку газометра і відкрити затискач. Вода зі склянки А по трубці надходить до склянки Б і витискує газ. Газ по газовідвідній трубці надходить до пробірки і витискує воду. Після того як пробірка заповниться газом, її отвір закрити великим пальцем, вийняти пробірку, перевернути її отвором

доверху і піднести полум'я, прийняти палець і після займання газу поступово та рівномірно вливати воду у пробірку.

Спостерігати різницю у горінні досліджуваних газів (колір, виділення кіптяви, тощо).

3. Вибух ацетилену з киснем

Пробірку поділити точно на 7 частин (чому?). Заповнити пробірку водою і шляхом витискування води набрати 2 об'єми ацетилену і 5 об'ємів кисню (кисень одержати шляхом розкладу калій перманганату). Пробірку закрити великим пальцем, гази перемішати і пробірку ретельно обгорнути ганчіркою.

Вибух проводити після перевірки приладу викладачем!

Лише після цього піднести до отвору полум'я і прийняти палець.

4. Порівняння відношення газоподібних вуглеводнів до бромної води, розчину калій перманганату, амоніачного розчину купрум(I) хлориду

Метан пропустити (не більше 100 бульбашок) крізь розчин калій перманганату об'ємом 3 см³, через бромну воду об'ємом 3 см³, амоніачній розчин купрум(I) хлориду об'ємом 3 см³. Досліди повторити з етиленом і ацетиленом. Відношення газів до реагентів порівняти шляхом підрахунку кількості бульбашок, потрібних для зміни забарвлення.

5. Результати занести в таблицю 4

Таблиця 4 – Одержання і дослідження аліфатичних вуглеводнів

Вуглеводень	Одержаний об'єм, см ³	Вихід продукту, η, %	Відношення до			Горіння	Висновки
			p-ну KMnO ₄	Br ₂ /H ₂ O	[Cu(NH ₃) ₂]Cl		
Метан							
Етилен							
Ацетилен							

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Дослідження властивостей ароматичних вуглеводнів

Мета: Дослідити реакційну здатність ароматичних вуглеводнів у залежності від наявності та будови вуглеводневого замісника.

Завдання:

1. Дослідити реакційну здатність ароматичних вуглеводнів в реакціях електрофільного заміщення.
2. Дослідити реакційну здатність ароматичних вуглеводнів у реакціях радикального заміщення.
3. На основі одержаних даних зробити висновки про порядок зміни реакційної здатності ароматичних вуглеводнів у залежності від замісника.

Питання самостійної роботи

1. Правила орієнтації в ароматичному ядрі.
2. Реакції електрофільного та радикального заміщення ароматичних вуглеводнів, їх механізми.
3. Фактори (температура, світло, сила електрофіла), що впливають на напрямок реакції (заміщення в ароматичному ядрі чи в боковому ланцюгу).
4. Реакційна здатність ароматичних вуглеводнів.

Завдання для засвоєння знань і вмінь

Індивідуальне завдання № 5.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.

5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.

6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см^3), повітряні холодильники з пробками, водяні та пісчані бані, конічні колби (100 см^3), тонкостінні скляні трубки, запаяні з одного кінця, мірні пальчики, штативи, ділильні лійки, ароматичні вуглеводні (бензен, толуен, етилбензен, ксилен, кумен, стирен, дифеніл, нафтаген), розчин бром у тетрахлорометані ($w(\text{Br}_2) = 3\%$), концентрована нітратна кислота, концентрована сульфатна кислота.

План роботи

1. Провести реакції електрофільного заміщення (бромовання, нітрування, сульфування) виданого ароматичного вуглеводню.

2. Визначити об'єм продукту кожної реакції електрофільного заміщення певного ароматичного вуглеводню (для твердих – масу) та напрямок реакції бромовання.

3. Розрахувати масу продуктів реакції електрофільного заміщення (для бромовання таким параметром буде час знебарвлення реакційної суміші).

4. Звести одержані результати в загальну таблицю. Побудувати гістограми прямої залежності маси утвореного продукту (при всіх інших рівних умовах) від реакційної здатності відповідного ароматичного вуглеводню.

5. Зробити висновок про порядок зміни реакційної здатності.

6. Провести реакцію радикального заміщення виданого ароматичного вуглеводню.

7. Зафіксувати час повного бромовання.

8. Звести одержані результати в загальну таблицю. Побудувати гістограми залежності часу повного перетворення вихідного ароматичного вуглеводню на продукт реакції від реакційної здатності і будови вуглеводневого замісника.

9. Зробити висновок про порядок реакційної здатності, її залежності від:
- наявності вуглеводневого замісника;
 - будови вуглеводневого замісника;
 - кількості вуглеводневих замісників.

Хід роботи

1. Дослідження бромовання ароматичних вуглеводнів без каталізатора

Помістити відповідний ароматичний вуглеводень кількістю речовини 0,01 моль у пробірку (20 см³). Об'єм досліджуваного ароматичного вуглеводню розрахувати за формулою:

$$V(C_xH_y) = \frac{\nu(C_xH_y) \cdot M(C_xH_y)}{\rho(C_xH_y)}, \text{ де}$$

$\nu(C_xH_y)$ – кількість речовини ароматичного вуглеводню (0,01 моль), моль;

$M(C_xH_y)$ – молярна маса ароматичного вуглеводню, г/моль;

$\rho(C_xH_y)$ – густина ароматичного вуглеводню, г/см³.

У пробірку додати розчин бром у об'ємом 1 см³. Перемішати. Пробірку закрити пробкою з зворотнім повітряним холодильником.

Фіксувати час повного знебарвлення реакційних сумішей на холоді. Дослід повторити при нагріванні на водяній бані.

За даних умов параметром активності досліджуваного арену буде час, за який повністю знебарвиться реакційна суміш.

2. Дослідження бромовання ароматичних вуглеводнів у присутності каталізатора

Помістити відповідний ароматичний вуглеводень кількістю речовини 0,01 моль у пробірку (20 см³). Після додавання розчину бром у тетрахлорометані об'ємом 1 см³, пробірку закрити пробкою з повітряним холодильником. В аналогічну реакційну суміш у другій пробірці додати трохи залізних ошурок. Перемішати. Перед тим, як поставити пробірки на пісочну баню, помістити в них невеличкі смужки фільтрувального паперу та закрити пробками з повітряними холодильниками. Нагрівати впродовж 10 хв.

Реакційні суміші охолодити. Порівняти за запахом паперові смужки з першої і другої пробірок (запах продуктів реакції – характеристика напрямку реакції).

3. Дослідження нітрування ароматичних вуглеводнів

Помістити у пробірку (20 см³) ароматичний вуглеводень кількістю речовини 0,01 моль і додати нітрувальну суміш (концентрована нітратна кислота об'ємом 1,5 см³ та концентрована сульфатна кислота об'ємом 2 см³). Закрити пробірку пробкою з повітряним холодильником, струсити і нагріти на водяній бані 10 хв. при постійному перемішуванні.

Після охолодження реакційну суміш перенести у конічну колбу з холодною водою (10-15 см³). Продукти нітрування відокремити за допомогою ділильної лійки та виміряти їх об'єм (для твердих – відфільтрувати, висушити та зважити).

Кількість продукту нітрування визначити за формулою:

$$v(C_xH_y) = \frac{V(C_xH_y) \cdot \rho(C_xH_y)}{M(C_xH_y)} \text{ або } v(C_xH_y) = \frac{m(C_xH_y)}{M(C_xH_y)}, \text{ де}$$

$V(C_xH_y)$ – об'єм нітропохідного продукту реакції, см³;

$\rho(C_xH_y)$ – густина нітропохідного продукту реакції, г/см³;

$M(C_xH_y)$ – молярна маса нітропохідного продукту реакції, г/моль;

$m(C_xH_y)$ – маса нітропохідного продукту реакції, г.

4. Дослідження сульфування ароматичних вуглеводнів

Помістити у пробірку (20 см³) ароматичний вуглеводень кількістю речовини 0,01 моль і додати концентровану сульфатну кислоту об'ємом 4 см³. Закрити пробірку пробкою з повітряним холодильником, струсити вміст пробірки. Нагрівати реакційну суміш на водяній бані 15 хв. при постійному струшуванні.

Після охолодження реакційну суміш вилити у конічну колбу з холодною водою (10-15 см³). Залишок ароматичного вуглеводню, що не прореагував, відокремити за допомогою ділильної лійки та виміряти його об'єм (для твердих продуктів визначити масу, аналогічно попередньому досліді).

Кількість сульфопохідного продукту реакції є різницею між кількістю вихідного ароматичного вуглеводню та тією, що лишилася після проведення реакції. Кількість речовини продукту сульфування визначити аналогічно попередньому дослідю.

5. Дослідження бромовання ароматичних вуглеводнів на світлі

На тонкостінні скляні трубки запаяні з одного кінця надіти шматочки непрозорої гумової трубки (на нижню частину скляної трубки). Налити на 2/3 вмісту тонкостінної скляної трубки, запаяної з одного кінця, суміш ароматичного вуглеводню і Br_2/CCl_4 у співвідношенні 1:1. Піднести реакційну суміш до джерела світла (вікна).

Зафіксувати час, який пішов на повне знебарвлення розчину Br_2/CCl_4 при освітленні над і під гумовою трубкою.

6. Одержані спостереження внести у таблицю 5

Таблиця 5 – Дослідження властивостей аренів

Ароматичний вуглеводень	v, моль	V, см ³ або ml, г	Бромовання					Нітрування		Сульфування	
			швидкість бромовання			напрямок реакції		v, моль	η, %	v, моль	η, %
			без t°	при t°	hv	без kat	з kat				
Бензен	0,01										
Толуен	0,01										
Етилбензен	0,01										
Ксилен	0,01										
Кумен	0,01										
Стирен	0,01										
Дифеніл	0,01										
Нафтален	0,01										

За даними таблиці побудувати гістограми залежності реакційної здатності від умов.

7. Зробити висновок про зміну реакційної здатності, її залежності від:

- наявності вуглеводневого замісника;
- будови вуглеводневого замісника;
- кількості вуглеводневих замісників.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Дослідження властивостей галогенопохідних вуглеводнів

Мета: Дослідити властивості галогенопохідних вуглеводнів.

Завдання:

1. Оволодіти методикою гідролізу галогеновмісних сполук.
2. Навчитися визначати вміст галогенід-іонів у реакційній суміші титриметричним методом.
3. За результатами визначення обчислити ступінь гідролізу.
4. На основі отриманих результатів зробити висновки про порядок зміни реакційної здатності галогенопохідних вуглеводнів у залежності від природи замісника та типу галогену.

Питання самостійної роботи

1. Реакції нуклеофільного заміщення галогенопохідних вуглеводнів, їх механізми (S_N1 и S_N2).
2. Механізми реакцій елімінування (E).
3. Фактори (температура, сила нуклеофіла, полярність розчинника), які впливають на протікання реакції за різними механізмами.
4. Реакційна здатність галогенопохідних вуглеводнів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 6.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.

3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.

4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.

5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.

6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), зворотні повітряні холодильники з пробками, водяні бані, бюретки для титрування, піпетки, лійки, конічні колби (100 см³), мірні колби (100 см³), зразки галогенопохідних вуглеводнів (первинних, вторинних, третинних, алільних, бензильних, ароматичних, хлоро-, бромо-, йодопохідних), розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10\%$), робочий свіжовиготовлений розчин гідраргірум(II) нітрату ($C(1/2 \text{ Hg}(\text{NO}_3)_2 = 0,005 \text{ моль/дм}^3$), розчин нітратної кислоти ($C(\text{HNO}_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$), змішаний індикатор (спиртовий розчин дифенілкарбазону та бромфенолового синього).

План роботи:

1. Визначити ступінь гідролізу (СГ).

1.1. Провести лужний гідроліз зразка галогенопохідного вуглеводню.

1.2. Розрахувати вихідну кількість речовини еквівалента галогенопохідного [$v_1(1/z)$] для аналізу.

1.3. Визначити кількість речовини еквівалента гідролізованого галогенопохідного вуглеводню [$v_2(1/z)$] титруванням робочим розчином гідраргірум(II) нітрату.

1.4. Розрахувати ступінь гідролізу галогенопохідного вуглеводню.

2. Звести одержані результати у загальну таблицю. Побудувати гістограми залежності рухливості атому галогену від його типу та природи вуглеводневого замісника.

3. Зробити висновок про порядок збільшення реакційної здатності усіх галогенопохідних вуглеводнів.

Хід роботи

1. Визначення ступеня гідролізу

1.1. Лужний гідроліз галогенопохідних вуглеводнів

Вмістити свіжоперегнаний галогенопохідний вуглеводень об'ємом $0,5 \text{ см}^3$ у пробірку (20 см^3) та додати розчину натрій гідроксиду об'ємом 2 см^3 . Закрити пробірку пробкою зі зворотним повітряним холодильником та помістити у водяну баню (температура бані $50-60 \text{ }^\circ\text{C}$) на 10 хв. при постійному струшуванні.

1.2. Розрахунок вихідної кількості речовини еквівалента галогенопохідного вуглеводню

Вихідну кількість речовини еквівалента галогенопохідного вуглеводню до реакції знайти за формулою:

$$v_1(1/zRX) = \frac{V(RX) \cdot \rho(RX)}{M(1/zRX)}, \text{ де}$$

$V(RX)$ – об'єм галогенопохідного вуглеводню, см^3 ;

$\rho(RX)$ – густина, г/см^3 ;

$M(1/z RX)$ – молярна маса еквівалента, г/моль .

1.3. Визначення кількості речовини еквівалента галогенопохідного вуглеводню, яка вступила у реакцію гідролізу

Реакційну суміш після охолодження кількісно перенести у мірну колбу (100 см^3) і довести об'єм дистильованою водою до позначки, ретельно перемішуючи. Відібрати аліквоту об'ємом 10 см^3 у конічну колбу для титрування. Додати дистильовану воду об'ємом 35 см^3 , перемішати розчин,

потім додати змішаний індикатор об'ємом 0,3 см³ і по краплинах при перемішуванні – розчин нітратної кислоти ($C(\text{HNO}_3) = 0,2$ моль/дм³) до появи жовтого забарвлення розчину, а потім ще розчин нітратної кислоти об'ємом 1 см³. Відтитрувати свіжовиготовленим розчином гідраргірум(II) нітрату до переходу забарвлення розчину з жовтого у бузковий не менше трьох разів (збіжність 0,1 см³). За середнім об'ємом розчину гідраргірум(II) нітрату знайти кількість речовини еквівалента галогенопохідного вуглеводню, що гідролізувався:

$$v_2(1/zRX) = \frac{C(1/z\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) \cdot V_{cp}(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) \cdot V_{м.к.}}{1000 \cdot V_{ал.}}, \text{ де}$$

$C(1/z\text{Hg}(\text{NO}_3)_2)$ – молярна концентрація речовини еквівалента, моль/дм³;

$V_{сер}(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2)$ – об'єм розчину, витрачений на титрування, см³;

$V_{м.к.}$ – об'єм мірної колби, см³;

$V_{ал.}$ – об'єм аліквоти, см³.

1.4. Розрахунок ступеня гідролізу (СГ)

Розрахунок провести за формулою:

$$СГ = \frac{v_2(1/zRX)}{v_1(1/zRX)} \cdot 100\%$$

2. Результати всіх досліджень звести у таблицю 6

Таблиця 6 – Гідроліз галогенопохідних вуглеводнів

№	Назва галогенопохідного вуглеводню	Природа вуглеводневого замісника	Тип галогену	СГ, %
1.	1-Бромпропан			
2.	1-Йодпропан			
3.	1-Хлорпропан			
4.	2-Бромпропан			
5.	2-Йодпропан			
6.	2-Хлорпропан			
7.	2-Бromo-2-метилпропан			
8.	2-Йодо-2-метилпропан			
9.	2-Метил-2-хлорпропан			
10.	Бензил бромистий			
11.	Бензил хлористий			
12.	Бромобензен			
13.	Йодобензен			
14.	Хлоробензен			

3. Аналіз одержаних результатів

Проаналізувати одержані результати та зробити висновки про зміну реакційної здатності галогенопохідних вуглеводнів. Для цього розташувати сполуки у порядку збільшення (зменшення) рухливості галогену у залежності від:

- природи замісника (його будови);
- типу галогену.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Дослідження властивостей спиртів

Мета: Дослідити хімічні властивості спиртів у залежності від будови вуглеводневого ланцюга та розташування характеристичної групи.

Завдання:

1. Дослідити фізичні властивості спиртів.
2. Дослідити хімічні властивості спиртів, які відбуваються з розривом зв'язку O–H.
3. Дослідити хімічні властивості спиртів, які відбуваються з розривом зв'язку C–O або зі зміною у заміснику.

Питання самостійної роботи

1. Характеристика складу та будови спиртів.
2. Залежність фізичних властивостей спиртів від їх будови.
3. Реакції з розривом зв'язку C–O.
4. Реакції з розривом зв'язку O–H.
5. Способи одержання спиртів.
6. Реакції, що використовуються для аналізу спиртів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 7.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. –

1132 с.

3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.

4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.

5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.

6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання та реактиви: пробірки (20 см³), повітряні холодильники, ділильні лійки (100 см³), термометри, штативи, терези, водяні бані, піпетки, мірні циліндри, спирти (бутан-1-ол, ізобутанол, трет-бутанол, пропан-2-ол, циклогексанол, 4-метилциклогексанол, аміловий, ізоаміловий, бензиловий), дистильована вода, металічний натрій, концентрована сульфатна кислота, льодяна оцтова кислота, насичений розчин натрій хлориду, хромова суміш, калій перманганат, мідний дріт, реактив Лукаса, бромна вода ($w(\text{Br}_2) = 3 \%$), розчин натрій нітропрусиду ($1/z \text{ NaHP} = 0,5 \text{ моль/дм}^3$), фуксинсірчиста кислота.

Хід роботи

1. Дослідження властивостей

1.1. Температура кипіння

Визначити температуру кипіння виданої сполуки.

1.2. Розчинність у воді

Визначити розчинність спиртів за різних умов (на холоді, при нагріванні).

1.3. Утворення алконолятів

Внести у суху пробірку шматочок металічного натрію (розміром з пшеничне зерно), потім додати досліджуваний спирт об'ємом 1 см^3 . Визначити швидкість виділення водню за кількістю бульбашок.

1.4. Утворення естерів карбонових кислот

Внести у пробірку досліджуваний спирт об'ємом 2 см^3 , потім додати льодяну оцтову кислоту об'ємом 2 см^3 та 2 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Струсити суміш та нагріти протягом 20 хв. на водяній бані, при температурі води $65-70 \text{ }^\circ\text{C}$ і періодичному струшуванні. Реакційна суміш не повинна кипіти. Потім пробірку охолодити та додати насичений розчин натрій хлориду об'ємом 4 см^3 (висолювання). Суміш перенести у ділильну лійку. Визначити об'єм утвореного естеру та розрахувати його вихід за формулою:

$$\eta(\text{естеру}) = \frac{V_{\text{практ}}(\text{естеру})}{V_{\text{теор}}(\text{естеру})} \cdot 100\%$$

$V_{\text{теор}}(\text{естеру})$ розрахувати за рівнянням реакції.

Примітка: реакції з пропан-2-олом, циклогексанолом, 4-метилциклогексанолом, трет-бутанолом потребують більш жорстких умов: до реакційної суміші слід додати 5 крапель концентрованої H_2SO_4 , а температура води у водяній бані повинна бути $85-90 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.5. Окиснення різними окисниками:

- хромовою сумішшю

Налити у пробірку хромову суміш об'ємом 4 см^3 та по краплях, при струшуванні додати досліджуваний спирт об'ємом 1 см^3 .

- купрум(II) оксидом

Налити у суху пробірку досліджуваний спирт об'ємом 2 см^3 . Нагріти мідний дріт і ще гарячим занурити його у пробірку зі спиртом.

- калій перманганатом

Обережно внести в суху пробірку концентровану сульфатну кислоту об'ємом $2,5 \text{ см}^3$ і додати досліджуваний спирт об'ємом $2,5 \text{ см}^3$ таким чином,

щоб утворилися два шари. Потім поступово присипати калій перманганат (0,5 г).

Спостерігати зміну кольору та запаху суміші. Відігнати продукти реакції. Провести функціональний аналіз продуктів реакції: альдегідну групу виявити за допомогою фуксинсірчистої кислоти, а кетогрупу – реакцією з натрій нітропрусидом.

1.6. Реакція з хлоридною кислотою (реакція з реактивом Лукаса)

У суху пробірку налити досліджуваний спирт об'ємом 0,5 см³ та додати реактив Лукаса об'ємом 1,5 см³. Струсити вміст пробірки та залишити на 1-3 хв. Визначити швидкість взаємодії спиртів з реактивом Лукаса (швидкість утворення емульсії).

1.7. Утворення етерів та алкенів

Помістити у пробірку сульфатну кислоту об'ємом 4 см³ і обережно, при струшуванні та охолодженні, додати досліджуваний спирт об'ємом 2 см³. Отриману рідину залишити на 2-3 хв. Визначити утворення алкенів за допомогою бромної води. Для цього відігнати утворену суміш (до прозорого кольору). Потім додати 5 крапель бромної води до суміші та перевірити продукт реакції на ненасиченість.

1.8. Утворення естерів мінеральних кислот

Налити у пробірку досліджуваний спирт об'ємом 1 см³ та концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1 см³. Дослід проводити на холоді. Визначити утворення естеру за характерним запахом.

2. Занести одержані дані у таблицю 7

3. Зробити висновки про зміну реакційної здатності спиртів

Для цього розташувати спирти у порядку зміни (збільшення або зменшення) реакційної здатності спиртів в залежності від:

- розташування гідроксильної групи;
- будови вуглеводневого замісника.

Таблиця 7 – Дослідження властивостей спиртів

Спирти	Первинні				Вторинні			Третинні	Ароматичні
Властивості	бутан-1-ол	ізобутанол	аміловий	ізоаміловий	пропан-2-ол	цикло-гексанол	4-метил-цикло-гексанол	трет-бутанол	бензиловий
Фізичні									
$T_{пл}$									
<i>Розчинність у воді</i>									
20 °C									
t°									
Хімічні									
<i>Утворення</i>									
алканолятів									
естерів									
етерів та алкенів									
<i>Окиснення</i>									
хромова суміш									
CuO									
KMnO ₄									
<i>Взаємодія з реактивом Лукаса</i>									
ZnCl ₂ +HCl									

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Дослідження властивостей фенолів

Мета: Дослідити властивості фенолів і нафтолів на прикладі одноатомних, багатоатомних фенолів та нафтолів.

Завдання:

1. Дослідити фізичні властивості фенолів і нафтолів.
2. Дослідити хімічні властивості фенолів і нафтолів, які відбуваються за зв'язком О-Н за участю атома Оксигену.

3. Дослідити реакції електрофільного заміщення в ароматичному кільці.

Питання самостійної роботи

1. Характеристика складу та будови фенолів і нафтолів.
2. Кислотно-основні властивості фенолів і нафтолів.
3. Реакції електрофільного заміщення у ароматичному кільці.
4. Реакційна здатність фенолів і нафтолів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 7.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання та реактиви: пробірки (20 см³), хімічні стакани (100 см³), штативи, скляні палички, газовідвідні трубки, кип'ятильні камінці, водяні бані, фільтрувальний папір, лійки (100 см³), мірні циліндри (100 см³), терези, універсальний індикаторний папір, апарат Кіпа з вуглекислим газом, фенол, резорцинол, пірокатехінол, гідрохінон, пірогалол, α-нафтол, β-нафтол, дистильована вода, етиловий спирт, розчин натрій гідроксиду (C(NaOH) = 2 моль/дм³), концентрований розчин натрій гідроксиду (w(NaOH) = 40 %),

сульфатна кислота ($C(H_2SO_4) = 2$ моль/дм³), концентрована сульфатна кислота, розчин ферум(III) хлориду ($w(FeCl_3) = 3$ %), карбон діоксид, розчин калій гексоціаноферату(III), розчин бром у тетрахлорометані ($w(Br_2) = 2$ %), бромна вода ($w(Br_2) = 1$ %), концентрована нітратна кислота, льодяна оцтова кислота, розчин амонію нітрату у сульфатній кислоті ($w(NH_4NO_3) = 20$ %), розчин калій перманганату ($w(KMnO_4) = 1$ %), розчин натрій карбонату ($w(Na_2CO_3) = 10$ %).

Хід роботи

1. Дослідження взаємодії фенолів і нафтолів з різними реагентами

1.1. Розчинність і кислотний характер

а) Дослідити розчинність фенолів та нафтолів у воді і спирті за різних умов (на холоді, при нагріванні).

Розчини фенолів і нафтолів залишити для наступних дослідів.

б) Краплину отриманого розчину нанести на універсальний індикаторний папір.

1.2. Утворення та розклад фенолятів і нафтолятів

а) До 1/2 розчину речовини з дослідів 1.1 а додати по краплинах до повного розчинення при постійному струшуванні водний розчин натрій гідроксиду об'ємом 1 см³.

б) Отриманий фенолят чи нафтолят помістити у дві пробірки. В одну додати розведену сульфатну кислоту ($C(H_2SO_4) = 2$ моль/дм³) об'ємом 0,5-1 см³, в іншу – пропустити вуглекислий газ з апарату Кіпа.

1.3. Реакція з ферум(III) хлоридом

а) До 1/2 розчину з дослідів 1.1 а додати 3-5 краплин розчину ферум(III) хлориду.

б) Отримані у досліді 1.3 а розчини, які містять: фенол, резорцинол, пірокатехінол та пірогалол помістити у дві пробірки. В одну додати відповідну за об'ємом кількість етилового спирту, у другу – 2-3 краплини розчину натрій гідроксиду.

в) З отриманих у досліді 1.3 а розчинів, які містять гідрохінон та нафтоли, відлити невелику кількість рідини, яка відшарувалася над осадом і додати 1-2 краплини розчину калій гексаціаноферату(III).

1.4. Реакція з бромом

а) у безводному середовищі

У суху пробірку помістити досліджувану речовину масою 0,5 г і додати розчин бром у тетрахлорометані об'ємом 0,5 см³.

б) у водному середовищі

У пробірку внести досліджувану речовину масою 0,5 г і прилити бромну воду об'ємом 2,5-3 см³.

1.5. Реакція з сульфатною кислотою

У суху пробірку внести досліджувану речовину масою 1 г і прилити концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1,5 см³. Суміш перемішати скляною паличкою. Декілька крапель суміші змішати з водою об'ємом 1 см³. Після проведення цієї проби, реакційну суміш нагріти на водяній бані при температурі 100-105 °С протягом 3-5 хв. Потім пробірку охолодити, її вміст вилити у стакан з холодною водою (10-15 см³).

1.6. Реакція з нітратною кислотою

1.6.1. Реакція фенолу з нітратною кислотою

У пробірку помістити фенол масою 0,5 г і додати 5-6 крапель води до утворення однорідної маслянистої рідини. В окремій пробірці змішати концентровану нітратну кислоту об'ємом 1,5 см³ з водою об'ємом 1,5 см³. Отриману розведену кислоту дуже повільно, краплинами, прилити у пробірку з фенолом, постійно струшуючи та охолоджуючи. По закінченню реакції реакційну суміш вилити у стакан з холодною водою об'ємом 20 см³, збовтати і дати відстоятись. Отримане важке темне масло для повторної промивки перенести у пробірку з водою і струсити.

Важке темне масло відокремити декантацією, перенести в іншу пробірку з водою об'ємом 1,5 см³, внести у цю пробірку кип'ятільні камінці, закріпити у штативі. Закрити пробірку пробкою з відповідною скляною трубкою, кінець якої

опустити у суху пробірку-приймач. Суміш у пробірці обережно нагріти, не допускаючи появи піни. У пробірку-приймач відігнати рідину об'ємом 1 см^3 . Відгін охолодити.

1.6.2. Реакція багатоатомних фенолів та нафтолів з нітратною кислотою

У сухій пробірці при нагріванні розчинити речовину масою 0,5 г у льодяній оцтовій кислоті об'ємом 3 см^3 . До отриманого теплого розчину обережно прилити розчин амоній нітрату у сульфатній кислоті об'ємом 1 см^3 . Реакційну суміш вилити у стакан з водою об'ємом 15 см^3 . Продукти реакції відфільтрувати.

1.7. Реакція з окисниками

1.7.1. Окиснення калій перманганатом у слаболужному середовищі

До водного розчину фенолу або спиртових розчинів нафтолів об'ємом 1 см^3 додати розчин натрій карбонату об'ємом 1 см^3 і потім по краплинах прилити розчин калій перманганату.

1.7.2. Окиснення калій перманганатом у лужному середовищі

На смужку фільтрувального паперу нанести 1 краплину досліджуваного багатоатомного фенолу. У центр плями помістити 1 краплину концентрованого розчину натрій гідроксиду, а потім 1 краплину розчину калій перманганату.

2. Одержані результати занести у таблицю 8

Зробити висновки про властивості фенолів та нафтолів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Дослідження властивостей карбонільних сполук

Мета: Дослідити властивості карбонільних сполук.

Завдання:

- Здійснити якісні реакції на карбонільну групу:
 - реакція “срібного дзеркала”;
 - реакція з реактивом Шиффа;
 - окиснення карбонільних сполук купрум(II) гідроксидом.
- Дослідити реакції заміщення карбонільного Оксигену:
 - одержання фенілгідразонів карбонільних сполук;
 - одержання семикарбазонів альдегідів та кетонів.
- Здійснити кольорові реакції на карбонільні сполуки:
 - реакція з фуксинсірчистою кислотою;
 - реакція з натрій нітропрусидом.

Питання самостійної роботи:

- Карбонільна група: склад і будова.
- Склад, будова і номенклатура альдегідів та кетонів.
- Фізичні властивості карбонільних сполук.
- Хімічні властивості альдегідів та кетонів:
 - реакції нуклеофільного приєднання та їх механізм;
 - реакції нуклеофільного приєднання з відщепленням та їх механізм;
 - реакції конденсації та їх механізм;
 - реакції галогенування.
- Аналіз та ідентифікація карбонільних сполук.

Завдання для засвоєння знань та вмій

Індивідуальне завдання № 8.

Рекомендована література

- Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.

2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), штативи для пробірок, водяні бані, газові пальники, електроплитки, скляні палички, лійки, предметне скло, фільтрувальний папір, мірні пальчики, терези з наважками, затискачі, піпетки, розчин п-гідроксибензальдегіду ($w(\text{п-гідроксибензальдегіду}) = 5 \%$), розчин бензальдегіду ($w(\text{бензальдегіду}) = 5 \%$), розчин п-диметиламінобензальдегіду ($w(\text{п-диметиламінобензальдегіду}) = 5 \%$), розчин п-диетиламінобензальдегіду ($w(\text{п-диетиламінобензальдегіду}) = 5 \%$), розчин α -бромокоричного альдегіду ($w(\alpha\text{-бромокоричного альдегіду}) = 5 \%$), розчин формальдегіду ($w(\text{формальдегіду}) = 5 \%$), розчин ацетону ($w(\text{ацетону}) = 5 \%$), розчин метилетилкетону ($w(\text{метилетилкетону}) = 5 \%$), розчин ацетофенону ($w(\text{ацетофенону}) = 5 \%$), дистильована вода, етиловий спирт, реактив Шиффа (розчин фуксину у воді ($w(\text{фуксину}) = 0,025 \%$), семикарбазиду хлорид, розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10 \%$), фуксинсірчиста кислота, натрій нітропрусид ($C(1/z \text{ NaNPP}) = 0,5 \text{ моль/л}$), розчин купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 2 \%$), розчин аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 1 \%$), розчин амоніаку ($w(\text{NH}_4\text{OH})=5 \%$), 2,4-динітрофенілгідразину хлорид, розчин калій дихромату ($w(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 5 \%$).

Хід роботи

1. Проведення якісних реакцій на карбонільну групу

1.1. Реакція “срібного дзеркала”

Для одержання “срібного дзеркала” необхідно спочатку добре вимити пробірку. Для цього у пробірці кип’ятити (обережно!) протягом 1-2 хв. розчин натрій гідроксиду об’ємом 5 см³, а потім промити її дистильованою водою. У чистій пробірці приготувати амоніачний розчин аргентум гідроксиду: до розчину аргентум нітрату об’ємом 1-2 см³ додати по краплях при струшуванні розчин амоніаку до того часу, поки осад, що утворився, повністю не розчиниться. Надлишок амоніаку у розчині знижує чутливість реакції. До виготовленого амоніачного розчину аргентум гідроксиду додати декілька крапель карбонільної сполуки, пробірку закрити пробкою з повітряним холодильником і обережно нагріти декілька хвилин на водяній бані при 60-70 °С. Під час нагрівання не можна струшувати, інакше металеве срібло виділиться у вигляді чорного осаду.

1.2. Реакція з реактивом Шиффа

У пробірку помістити декілька крапель досліджуваного розчину карбонільної сполуки та додати реактив Шиффа об’ємом 2 см³. Реакційну суміш енергійно струсити.

1.3. Окиснення карбонільних сполук купрум(II) гідроксидом

У пробірку помістити розчин карбонільної сполуки об’ємом 2 см³, розчин натрій гідроксиду об’ємом 2 см³ і при струшуванні додати по краплях розчин купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 2\%$) до появи незникаючої зависі. Верхню частину рідини нагріти до початку закипання.

2. Одержання похідних карбонільних сполук (заміщення карбонільного Оксигену)

2.1. Одержання фенілгідразонів карбонільних сполук

У пробірку помістити розчин 2,4-динітрофенілгідразину хлориду об’ємом 1 см³. При енергійному струшуванні додати розчин карбонільної сполуки об’ємом 0,5 см³.

2.2. Одержання семикарбазону карбонільних сполук

У пробірку помістити розчин карбонільної сполуки об'ємом 1 см^3 , розчинити в дистильованій воді об'ємом 5 см^3 та додати семикарбазид хлорид масою $0,5 \text{ г}$ та натрій ацетат масою $0,4 \text{ г}$. Суміш енергійно струсити, помістити пробірку в баню з гарячою водою до повного розчинення осаду. Швидко відфільтрувати гарячий розчин за допомогою "мікровідсмоктувача". Профільтрований розчин охолодити льодом або проточною водою, перемішуючи розчин скляною паличкою так, щоб вона часто торкалась стінок пробірки.

Дослід з ацетоном: у пробірку помістити семикарбазид хлорид масою $0,5 \text{ г}$, додати дистильовану воду об'ємом 2 см^3 , струсити, щоб кристали розчинились, потім додати ацетон об'ємом $0,5 \text{ см}^3$ та натрій ацетат масою $0,4 \text{ г}$. Пробірку закрити пробкою та суміш енергійно струсити. Через 2 хв. пробірку охолодити проточною водою.

3. Проведення реакції Канніццаро

У пробірку помістити 5 крапель розчину карбонільної сполуки та додати при струшуванні 3 краплі концентрованого розчину лугу. Вміст пробірки перенести в центрифугувальну пробірку та центрифугувати 5 хв. Безбарвний розчин злити у пробірку, додати одну краплю сульфатної кислоти та дві краплі розчину калій дихромату. Обережно нагріти до закипання.

4. Здійснення кольорових реакцій

4.1. Реакція з фуксинсірчистою кислотою

У пробірку налити 2 краплі розчину фуксинсірчистої кислоти і додати 2 краплі розчину карбонільної сполуки.

4.2. Реакція з натрій нітропрусидом

На предметне скло нанести одну краплю розчину натрій нітропрусиду, 2 краплі розчину лугу та одну краплю досліджуваного розчину карбонільної сполуки.

5. Одержані спостереження внести в таблицю 9

Таблиця 9 – Дослідження властивостей карбонільних сполук

Назва речовини	w, %	Реактив							
		[Ag(NH ₃) ₂]OH	реактив Шиффа	Cu(OH) ₂	розчин 2,4-динітро- фенілгідрозину	семикарбазону хлорид	концентрований розчин лугу	фуксинсірчиста кислота	натрій нітропрурид
Формальдегід	5								
Бензальдегід	5								
п-Гідрокси- бензальдегід	5								
п-Диметил- амінобенз- альдегід	5								
п-Діетил- амінобенз- альдегід	5								
α-Бромокоричний альдегід	5								
Ацетон	5								
Метилетилкетон	5								
Ацетофенон	5								

Зробити висновки про зміну реакційної здатності альдегідів та кетонів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Дослідження властивостей карбонових кислот та їх похідних

Мета: Дослідити фізичні та хімічні властивості карбонових кислот та їх похідних.

Завдання:

1. Визначити температури кипіння або плавлення карбонових кислот.
2. Дослідити розчинність карбонових кислот у полярних і неполярних розчинниках (вода, етиловий спирт, діетиловий етер).
3. Дослідити кислотність розчинів карбонових кислот у залежності від їх будови.
4. Дослідити відношення карбонових кислот до розчинів солей карбонатної кислоти і розчину ферум(III) хлориду, до окисників і нагрівання у присутності і відсутності концентрованої сульфатної кислоти.
5. Дослідити реакційну здатність карбонових кислот у реакції естерифікації, а також вплив каталізаторів на хід гідролізу естерів.

Питання самостійної роботи

1. Класифікація карбонових кислот.
2. Вплив електронних ефектів на властивості карбонових кислот (мезомерний, індукційний, гіперкон'югативний).
3. Фізичні властивості карбонових кислот (агрегатний стан, колір, густина, розчинність, температури плавлення та кипіння) у залежності від будови вуглеводневого замісника, основності і наявності інших характеристичних груп.
4. Реакції окиснення, дегідратації і декарбоксілювання карбонових кислот. Фактори (температура, сила реагуючої частинки, полярність розчинника), що впливають на хід реакції.
5. Реакції нуклеофільного (S_N1 , S_N2), електрофільного заміщення (S_E) і радикального приєднання (A_R).
6. Механізми реакції естерифікації, кислотного та основного гідролізу естерів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальні завдання № 9, 10.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), газові пальники, водяні бані, зворотні повітряні холодильники, пробки з газовідвідними трубками, універсальний індикаторний папір та індикаторна шкала, мірні пальчики, піпетки, конічні колби (100 см³), хімічні стакани (100 см³), лійки, мірні колби (100 см³), рН-метр, електричні плити, терези, термометри, карбонові кислоти: мурашина, оцтова, масляна, пальмітинова, стеаринова, бромоцтова, трихлороцтова, бензоатна, саліцилова, фталева, малеїнова, фумарова, олеїнова, щавлева, маленова, молочна, винна, лимонна, амінооцтова, α-кетоглутарова, лід, дистильована вода, етиловий спирт ($w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 96\%$), діетиловий етер, розчин натрій гідрогенкарбонату ($w(\text{NaHCO}_3) = 10\%$), розчин натрій карбонату ($w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10\%$), розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 0,5\%$), розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10\%$), концентрована сульфатна кислота,

насичений розчин вапняної води, насичений розчин натрій хлориду, розчин ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 5\%$).

Хід роботи

1. Дослідження фізичних властивостей карбонових кислот

1.1. Температура плавлення

Визначити температуру плавлення виданої сполуки.

1.2. Температура кипіння

Визначити температуру кипіння виданої сполуки.

1.3. Розчинність

Дослідити розчинність виданої сполуки.

2. Дослідження хімічних властивостей карбонових кислот

2.1. Кислотність розчинів карбонових кислот

Розрахувати наважку твердої або об'єм рідкої карбонової кислоти, яка необхідна для приготування розчину кислоти об'ємом 100 см^3 молярною концентрацією $0,1\text{ моль/дм}^3$:

$$m(\text{кислоти}) = C(\text{кислоти}) \cdot M(\text{кислоти}) \cdot V(\text{розчину}), \text{ або}$$

$$V(\text{кислоти}) = C(\text{кислоти}) \cdot M(\text{кислоти}) \cdot M(\text{розчину}) / \rho(\text{кислоти})$$

За 15 хв. до початку вимірювальних робіт увімкнути рН-метр зі скляними електродами. Промити стаканчик і електроди дистильованою водою. Зробити холосту пробу з дистильованою водою ($\text{pH}(\text{води}) = 7$). Провести вимірювання рН кислот. Для цього сполоснути стакан і електроди розчином кислоти. Потім занурити електроди в розчин кислоти на $1/3$ їх довжини і зафіксувати показники приладу після повної зупинки стрілки.

2.2. Взаємодія карбонових кислот з солями

У першу пробірку помістити розчин натрій гідрокарбонату об'ємом 1 см^3 , а у другу пробірку – розчин натрій карбонату об'ємом 1 см^3 . У пробірки додати декілька кристалів або декілька крапель кислоти.

2.3. Утворення і гідроліз солей феруму(III)

У пробірку помістити кислоту об'ємом $0,5\text{ см}^3$ або декілька кристалів, додати дистильовану воду об'ємом 1 см^3 , дві краплини лакмусу і розчин натрій

карбонату до нейтрального середовища. Після цього додати розчин ферум(III) хлориду об'ємом 1 см^3 . Суміш нагріти до кипіння і кип'ятити 1-2 хв.

2.4. Окиснення карбонових кислот калій перманганатом

- у нейтральному середовищі

У суху пробірку помістити кислоту (1 см^3 або 0,5 г), додати розчин калій перманганату об'ємом 1 см^3 . Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду ($2-3 \text{ см}^3$). Суміш нагріти. Газ, що виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити).

- у кислому середовищі

У суху пробірку помістити кислоту (1 см^3 або 0,5 г), розчин сульфатної кислоти об'ємом $0,5 \text{ см}^3$ і розчин калій перманганату об'ємом 1 см^3 . Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду ($2-3 \text{ см}^3$). Суміш нагріти. Газ, що виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити).

2.5. Відношення карбонових кислот до нагрівання

- без концентрованої сульфатної кислоти

У суху пробірку внести кислоту (1 см^3 або 0,5 г). Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду ($2-3 \text{ см}^3$). Суміш нагріти. Газ, що виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити).

- у присутності концентрованої сульфатної кислоти

У суху пробірку внести кислоту (1 см^3 або 0,5 г) і концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1 см^3 . Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з

газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду (2-3 см³). Суміш нагріти. Газ, що виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити).

2.6. Естерифікація і гідроліз естерів

2.6.1. Реакція естерифікації

В пробірку помістити етиловий спирт об'ємом 2 см³, карбонову кислоту (2 см³ або 0,5 г), концентровану сульфатну кислоту об'ємом 0,5 см³ і кип'ятильники. У випадку мурашиної, олеїнової, молочної, винної, лимонної, щавлевої, маленової і α-кетоглутарової кислот реакцію проводити без концентрованої сульфатної кислоти. У випадку оцтової, масляної, бромцтової, трихлороцтової, малеїнової, фумарової кислот реакцію проводити з трьома краплями концентрованої сульфатної кислоти.

Закрити пробірку пробкою із зворотнім повітряним холодильником (у випадку олеїнової, щавлевої, маленової, молочної, α-кетоглутарової, винної кислот – газовідвідною трубкою) і нагрівати на киплячій водяній бані 5 хв. У випадку бензойної, саліцилової, фталевої кислот нагрівати 10 хв.

Після зазначеного часу пробірку охолодити у стакані з льодом і додати насичений розчин натрій хлориду об'ємом 5 см³ для висолювання естеру. Вміст пробірки перенести у мірний пальчик і визначити об'єм одержаного естеру. Естер знаходиться у верхньому шарі (естери бромцтової і трихлороцтової кислот знаходяться у нижньому шарі суміші).

У випадку олеїнової, щавлевої, маленової, молочної, винної і α-кетоглутарової кислот відганяти азеотропну суміш спирту і води за допомогою газовідвідної трубки.

Синтез естеру бромцтової кислоти проводити у витяжній шафі!

Розрахувати вихід естерів за формулами:

$$\eta(\text{естеру}) = \frac{m_{\text{нр.}}(\text{естеру})}{m_{\text{теор.}}(\text{естеру})} = \frac{V_{\text{нр.}}(\text{естеру}) \cdot \rho(\text{естеру})}{m_{\text{теор.}}(\text{естеру})}$$

$m_{\text{теор.}}(\text{естеру})$ знаходять за рівнянням реакції.

2.6.2. Гідроліз естерів

У три сухі пробірки за допомогою піпетки ввести по 5 краплин одержаного естеру та дистильовану воду об'ємом 2 см³. В першу пробірку додати 5 краплин сульфатної кислоти, в другу – 5 краплин розчину натрій гідроксиду. Пробірки закрити пробками з зворотними повітряними холодильниками і нагрівати 2 хв. на водяній бані. Не допускати кипіння сумішей! Охолодити пробірки і візуально визначити ступінь гідролізу естерів за зменшенням шару естеру.

3. Спостереження занести в таблицю 10

Зробити висновки про реакційну здатність карбонових кислот в залежності від будови вуглеводневого замісника, основності і наявності інших замісників.

Побудувати гістограми:

а) залежності рН кислот від кількості атомів Карбону у вуглеводневому заміснику;

б) залежності виходу естерів від кількості атомів Карбону у вуглеводневому заміснику.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Дослідження властивостей амінів

Мета: Дослідити властивості амінів.

Завдання:

1. Дослідити основні властивості амінів.
2. Здійснити реакції конденсації, бромовання, ацилювання, окиснення амінів.
3. Здійснити якісні реакції на первинні і вторинні аміни.

Питання самостійної роботи

1. Склад і будова амінів.
2. Хімічні властивості: основність, реакції за вуглеводневим замісником, окиснення.
3. Якісні реакції.
4. Одержання амінів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 11.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см^3), штативи для пробірок, скляні палички, червоний лакмусовий папір, лід, конічні колби (100 см^3), мірні пальчики, терези з різноважками, йодкрохмальний папірець, концентрована хлоридна кислота, концентрована сульфатна кислота, анілін, дифеніламін, бензальдегід, оцтовий ангідрид, етиловий спирт, натрій нітрат(III), розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10 \%$), розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \%$), бромна вода ($w(\text{Br}_2) = 3 \%$), хромова суміш, розчин натрій нітрату(III) ($w(\text{NaNO}_2) = 16 \%$),

Хід роботи

1. Дослідження основності

Декілька крапель аміну змішати з декількома краплями води або декілька кристалів аміну – з декількома краплями спирту. Суміш ретельно струсити. У емульсію опустити червоний лакмусовий папірець.

Суміш поділити на дві частини: до першої додати декілька крапель концентрованої хлоридної кислоти, до другої – розведеної сульфатної кислоти. Перемішати і у обидві пробірки додати по декілька крапель розчину натрій гідроксиду.

2. Дослідження реакції конденсації

У пробірці змішати при струшуванні анілін об'ємом 2 см^3 і бензальдегід об'ємом 2 см^3 . Через 15 хв. додати спирт об'ємом $2,5 \text{ см}^3$ і пробірку охолодити на льоду.

3. Дослідження властивостей за вуглеводневим замісником

3.1. Бромвання

Декілька крапель аміну змішати з водою об'ємом 3 см^3 , суміш сильно струсити і додати по краплях бромну воду.

3.2. Ацилювання

Амін об'ємом 1 см^3 змішати з водою об'ємом 3 см^3 , суміш сильно струсити і додати оцтовий ангідрид об'ємом 1 см^3 . Пробірку закрити пробкою,

сильно струсити, відкрити, знову закрити і сильно струсити.

4. Дослідження відношення до окисників

Амін об'ємом $0,5 \text{ см}^3$ змішати з водою об'ємом 2 см^3 , суміш сильно струсити і додати хромову суміш об'ємом 4 см^3 .

5. Дослідження відношення до нітратної(III) кислоти

У конічній колбі змішати концентровану сульфатну кислоту об'ємом 3 см^3 , воду об'ємом 10 см^3 , анілін об'ємом $1,5 \text{ см}^3$. Колбу поставити на льод. Приготувати розчин: натрій нітрат(III) масою $1,6 \text{ г}$ розчинити у воді об'ємом 3 см^3 , охолодити. Поступово, невеликими порціями додати цей розчин у конічну колбу. Після додавання $2/3$ розчину натрій нітрату(III) суміш струсити $2-3 \text{ хв.}$ і краплину рідини нанести на йодкрохмальний папірець. Якщо папірець не синіє, то додати ще розчин натрій нітрату(III). Повторити йодкрохмальну пробу. Діазотування закінчити, якщо йодкрохмальний папірець синіє після струшування проби на протязі декількох хвилин.

У пробірці розчинити дифеніламін масою 1 г у спирті об'ємом $5-10 \text{ см}^3$. Суміш охолодити до $0 \text{ }^\circ\text{C}$, додати концентровану хлоридну кислоту об'ємом 1 см^3 і натрій нітрат(III) масою $0,6 \text{ г}$, розчинений у мінімальній кількості води. Твердий продукт відфільтрувати, промити охолодженою сумішшю спирту з водою об'ємом 1 см^3 , висушити і визначити температуру плавлення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Дослідження властивостей діазо- і азосполук

Мета: Одержати солі діазонію і здійснити реакції з виділенням та без виділення азоту.

Завдання:

1. Одержати солі арилдіазонію.
2. Здійснити реакції солей арилдіазонію з виділенням азоту.
2. Здійснити реакції солей арилдіазонію без виділення азоту.

Питання самостійної роботи

1. Одержання діазо- і азосполук.

2. Реакції солей діазонію з виділенням азоту.
3. Реакції солей діазонію без виділення азоту.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 11.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), штативи для пробірок, прилад для перегонки з водяною парою, термометри, хімічні стакани (50 см³), ділильні лійки (50 см³), водяні бані, лійки з гвіздками, пробірки з боковим відводом, скляні палички, мірні пальчики, терези з різноважками, кип'ятильні камінці, лід, йодкрохмальний папірець, піпетки, фільтрувальний папір, анілін, натрій нітрат(III), концентрована хлоридна кислота, концентрована сульфатна кислота, розчин натрій гідрогенсульфату(IV) ($w(\text{NaHSO}_3) = 1\%$), розчин ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 3\%$), сечовина, сульфанілова кислота, *n*-нітроанілін, фенол, β-нафтол, розчини натрій гідроксиду (C(1/1 NaOH) = 2 моль/дм³, $w(\text{NaOH}) = 30\%$), розчини натрій нітрату(III) (C(1/1 NaNO₂) = 0,4 моль/дм³, $w(\text{NaNO}_2) = 16\%$), розчини хлоридної кислоти (C(1/1 HCl) =

= 0,2 моль/дм³, C(1/1 HCl) = 2 моль/дм³, w(HCl) = 20 %), натрій ацетат, розчини натрій хлориду (w(NaCl) = 20 %, насичений розчин), бромна вода (w(Br₂) = 3 %), насичений розчин натрій карбонату.

Хід роботи

1. Дослідження реакцій діазосполук з виділенням азоту

1.1. Одержання фенолу

Дослід виконувати у витяжній шафі!

До води об'ємом 7 см³ у хімічному стакані додати концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1,5 см³ і анілін об'ємом 1 см³. Суміш нагріти до повного розчинення. Потім охолодити до температури 0 °С (на льоду).

Поступово при перемішуванні (можна термометром) додати розчин натрій нітрату(III) масою 0,8 г у воді об'ємом 4 см³, слідкуючи за тим, щоб температура не була вище 5-7 °С. Додавши більшу частину натрій нітрату, помістити краплю реакційної суміші на йодкрохмальний папірець. Якщо папірець не синіє, то треба додати ще розчин натрій нітрату(III). Якщо через 1-2 хв. після додавання останньої порції натрій нітрату(III) буде виявлена нітратна(III) кислота (йодкрохмальний папірець посиніє), діазотування припинити.

Для відокремлення надлишку нітратної(III) кислоти до солі діазонію при охолодженні додати суху сечовину до припинення виділення газу.

Одержаний прозорий розчин солі діазонію перенести у прилад для перегонки з водяною парою, додати кип'ятильні камінці. Пробірку з реакційною сумішшю обережно нагріти у стакані з гарячою водою, охолоджуючи при цьому пробірку-приймач холодною водою. Після закінчення виділення з пробірки газу нагріти її полум'ям пальника та відігнати з водяною парою фенол, що утворився. Перегонку закінчити, коли у приймач буде переганятися прозора рідина.

До дистилляту додати по краплях бромну воду.

2.2. Одержання йодобензену

Дослід виконувати у витяжній шафі!

Одержати сіль фенілдіазонію аналогічно досліді 1.1.

Одержану сіль діазонію додати до розчину калій йодиду масою 2 г у воді об'ємом 3 см³. Суміш нагріти на водяній бані до припинення виділення газу. На дні з'являється важка рідина (йодобензен), яка забарвлена у бурий колір йодом, що утворюється.

Йодобензен відокремити за допомогою ділильної лійки, струсивши з розчином натрій гідрогенсульфату(IV) ($w(\text{NaHSO}_3) = 1\%$) об'ємом 3-4 см³, промити водою і висушити натрій хлоридом.

2. Дослідження реакцій діазосполук без виділення азоту

2.1. Одержання барвника β -нафтолового оранжевого

В першому стакані розчинити β -нафтол масою 0,7 г у розчині натрій гідроксиду ($C(1/1 \text{ NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 10 см³ при нагріванні. У другому стакані розчинити при нагріванні сульфанілову кислоту масою 1 г у розчині натрій гідроксиду ($C(1/1 \text{ NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 2,5 см³. До лужного розчину додати розчин натрій нітрату(III) ($C(1/1 \text{ NaNO}_2) = 0,4 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 5 см³. Розчин охолодити та прилити його при перемішуванні до розчину хлоридної кислоти ($C(1/1 \text{ HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 10 см³, охолоджуючи льодом. До одержаного розчину солі діазонію прилити лужний розчин β -нафтолу.

Барвник, що випав, залишити на льоду на 30 хв., потім додати насичений розчин натрій хлориду, відфільтрувати, висушити між аркушами фільтрувального паперу, зважити.

2.2. Одержання кислотних азобарвників

У хімічний стакан до розчину натрій сульфаніловокислого об'ємом 2 см³ додати розчин натрій нітрату(III) ($w(\text{NaNO}_2) = 16\%$) об'ємом 1 см³, а потім охолодити льодом і підкислити охолоджений розчин концентрованою хлоридною кислотою об'ємом 1 см³.

У пробірку помістити розчин натрій гідроксиду ($C(1/1 \text{ NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 5 см^3 , розчинити фенол (або β -нафтол, або сульфокислоти нафтолів) масою 0,3 г. Охолодити одержаний розчин у стакані з льодом до температури $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Охолоджений розчин діазопохідного перемішати скляною паличкою, поступово прилити до охолодженого розчину азоскладової. У пробірку, де утворюється азобарвник, додати розчин соди до лужної реакції за лакмусовим папірцем. Осад відфільтрувати, висушити між аркушами фільтрувального паперу, зважити.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Дослідження властивостей амінокислот

Мета: Дослідити властивості амінокислот.

Завдання:

1. Дослідити кислотно-основні властивості амінокислот.
2. Дослідити властивості аміногрупи.
3. Дослідити властивості карбоксильної групи.
4. Здійснити якісні реакції на деякі амінокислоти.

Питання самостійної роботи

1. Склад і будова амінокислот.
2. Хімічні властивості за аміно- і карбоксильною групами.
3. Якісні реакції амінокислот.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 11.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.

3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.

4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.

5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.

6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), штативи для пробірок, скляні палички, хімічні стакани (100 см³), льод, фільтрувальний папір, лійки, водяна баня, розчин метилового оранжевого ($w(\text{МО}) = 1\%$), розчин метилового червоного ($w(\text{МЧ}) = 1\%$), розчин лакмусу ($w(\text{Л}) = 1\%$), розчин гліцину ($w(\text{гліцину}) = 10\%$), розчин натрій нітрату(III) ($w(\text{NaNO}_2) = 10\%$), концентрована оцтова кислота, розчин формаліну ($w(\text{формальдегіду}) = 40\%$), розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10\%$), купрум оксид, розчин нінгідрину ($w(\text{нінгідрину}) = 0,1\%$), розчин тирозину ($w(\text{тирозину}) = 1\%$), концентрована нітратна кислота, концентрований розчин амоніаку.

Хід роботи

1. Дослідження кислотно-основних властивостей амінокислот

У три пробірки додати по дві краплі розчинів індикаторів: в першу пробірку – метилового оранжевого, в другу – метилового червоного, в третю – лакмусу. У три пробірки додати розчин гліцину об'ємом 1 см³.

2. Дослідження хімічних властивостей амінокислот

2.1. Реакції за аміногрупою

а) взаємодія з нітратною(III) кислотою

До розчину гліцину об'ємом 2 см³ додати розчин натрій нітрату(III) об'ємом 2 см³ та дві краплі льодяної оцтової кислоти. Суміш перемішати.

б) взаємодія з формальдегідом

У пробірку прилити розчин гліцину об'ємом 2 см^3 і додати одну краплю метилового червоного. Спостерігати колір суміші. Додати до суміші розчин нейтралізованого формаліну об'ємом 1 см^3 . Зазначити зміну кольору.

2.2. Реакції за карбоксильною групою

У пробірці нагріти при струшуванні суміш купрум оксиду масою 0,5 г і розчину гліцину об'ємом 2 см^3 . Після трьох хвилин нагрівання суміш охолодити і профільтрувати. До фільтрату об'ємом $0,5 \text{ см}^3$ додати 2-3 краплі розчину натрій гідроксиду.

Фільтрат, що залишився охолодити у стакані з льодяною водою.

3. Якісні реакції

3.1. Нінгідрінова реакція

До розчину гліцину об'ємом 2 см^3 додати дві-три краплі розчину нінгідрину. Пробірку поставити у водяну баню на 5 хв.

3.2. Ксантопротеїнова реакція

У пробірку помістити розчин тирозину об'ємом 1 см^3 і додати концентровану нітратну кислоту об'ємом 1 см^3 . Суміш нагріти до появи жовтого кольору. Після охолодження додати концентрований розчин амоніаку об'ємом 1 см^3 .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Дослідження властивостей гетероциклічних сполук

Мета: Одержати і дослідити властивості гетероциклічних сполук.

Завдання:

1. Дослідити кислотно-основні і окисно-відновні властивості гетероциклічних сполук.

2. Одержати фурфурол і здійснити реакції за карбонільною групою.

3. Здійснити якісні реакції на піридин і сечову кислоту.

Питання самостійної роботи

1. Класифікація гетероциклічних сполук.

2. Склад, будова і номенклатура гетероциклічних сполук.
3. Добування і застосування гетероциклічних сполук.
4. Фізичні властивості гетероциклічних сполук.
5. Хімічні властивості гетероциклічних сполук:
 - а) кислотно-основні властивості;
 - б) окисно-відновні реакції;
 - в) реакції нуклеофільного приєднання з відщепленням та їх механізм;
 - г) реакції електрофільного приєднання та їх механізм;
 - д) реакції конденсації та їх механізм.
6. Аналіз та ідентифікація гетероциклічних сполук.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 12.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), штативи для пробірок, водяні бані, газові пальники, електроплитки, скляні палички, лійки, предметне скло, фільтрувальний папір, мірні пальчики, технохімічні терези з наважками,

затискачі, піпетки, дистильована вода, фуксинсірчиста кислота, розчин купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 2 \%$), розчин аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 1 \%$), розчин амоніаку ($w(\text{NH}_4\text{OH}) = 5 \%$), розчин 2,4-динітрофенілгідразину хлориду ($w(2,4\text{-динітрофенілгідразину}) = 5 \%$), соснові ошурки, розчини хлоридної кислоти ($w(\text{HCl}) = 10 \%$, $w(\text{HCl}) = 30 \%$), анілін, оцтова кислота, розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10 \%$), розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 3 \%$), розчин ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 3 \%$), розчин таніну ($w(\text{таніну}) = 10 \%$), розчин етилідиду, піридин, хінолін, ізохінолін, сечова кислота, індигокармін, нікотинова кислота, метиленовий блакитний, фелінгова рідина, розчин концентрованої нітратної кислоти, розчин глюкози ($w(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 5 \%$), натрій карбонат.

Хід роботи

1. Одержання фурфуролу та дослідження реакцій за карбонільною групою

1.1. Добування фурфуролу

У пробірку помістити соснові ошурки масою 2 г і додати розчин розведеної хлоридної кислоти об'ємом 2 см³. Пробірку закрити пробкою зі зворотним холодильником і нагріти на киплячій водяній бані 10 хв. Після цього зворотній повітряний холодильник змінити на газовідвідну трубку. Пробірку під нахилом закріпити в штативі, нагріти її полум'ям горілки, відігнати в іншу пробірку рідину об'ємом 2-3 см³.

1.2. Реакції нуклеофільного приєднання з відщепленням

У пробірку помістити розчин 2,4-динітрофенілгідразин хлориду об'ємом 1 см³. При енергійному струшуванні додати розчин фурфуролу об'ємом 0,5 см³.

1.3. Реакція конденсації

Шматочек фільтрувального паперу змочити розчином аніліну в оцтовій кислоті і нанести краплю розчину фурфуролу.

1.4. Окисно-відновні реакції

- окиснення реактивом Толленса

Для одержання “срібного дзеркала” необхідно спочатку добре вимити пробірку і приготувати амоніачний розчин аргентум гідроксиду (дивись дослід 1.1 на стор. 55).

До виготовленого амоніачного розчину аргентум нітрату додати декілька крапель розчину фурфуролу, пробірку закрити пробкою з повітряним холодильником і обережно нагріти на водяній бані декілька хвилин при 60-70 °С. Під час нагрівання не можна струшувати пробірку, інакше металеве срібло виділиться у вигляді чорного осаду.

- реакція з фуксинсірчистою кислотою

У пробірку налити 2 краплі розчину фуксинсірчистої кислоти та додати 2 краплі розчину фурфуролу.

2. Дослідження властивостей піридину, хіноліну, ізохіноліну

2.1. Розчинність

У пробірку налити розчин гетероциклічної сполуки об'ємом 1 см³. Додати воду об'ємом 5 см³.

2.2. Кислотно-основні властивості

До краплі розчину гетероциклічної сполуки додати концентровану хлоридну кислоту об'ємом 0,2 см³.

2.3. Окисно-відновні реакції

У пробірці змішати розчин гетероциклічної сполуки об'ємом 1 см³ з розчином калій перманганату об'ємом 1 см³ і розчином натрій карбонату об'ємом 0,5 см³. Суміш нагріти.

2.4. Реакції утворення солей

- реакція з розчином ферум(III) хлориду

До розчину гетероциклічної сполуки об'ємом 0,5 см³ додати розчин ферум(III) хлориду об'ємом 1 см³.

- реакція з розчином таніну

До розчину гетероциклічної сполуки об'ємом 1 см³ додати розчин таніну об'ємом 3 см³.

2.5. Реакція електрофільного приєднання

До розчину гетероциклічної сполуки об'ємом 0,1-0,2 см³ додати розчин етильодиду об'ємом 0,1-0,2 см³. Пробірку кілька хвилин нагрівати на водяній бані.

2.6. Якісна реакція (утворення комплексних солей)

До водного розчину гетероциклічної сполуки обережно по стінкам пробірки додати 1 краплю розчину купрум(II) сульфату.

3. Дослідження властивостей сечової кислоти

3.1. Розчинність

В пробірку помістити сечову кислоту масою 0,01 г, додати воду об'ємом 2-3 см³. Суміш нагріти.

3.2. Кислотно-основні властивості

До водного розчину сечової кислоти об'ємом 1 см³ додати розчин натрій гідроксиду об'ємом 1 см³. Утворений розчин розділити на дві частини. До однієї частини додати насичений розчин амоній хлориду.

3.3. Окисно-відновні властивості

- реакція з фелінговою рідиною

До раніше отриманого лужного розчину сечової кислоти додати однаковий об'єм фелінгової рідини. Суміш прокип'ятити.

- мурексидна проба (якісна реакція)

Лужний розчин сечової кислоти помістити в фарфорову чашку, додати 2-3 краплі концентрованої нітратної кислоти (витяжна шафа!) і обережно випарити досуха на пісочній бані. Утворений залишок поділити на дві частини: до першої частини додати краплю розчину амоніаку, а до другої – краплю розчину натрій гідроксиду.

4. Дослідження властивостей індигокарміну і метиленового блакитного

4.1. Окисно-відновні реакції

- окиснення індигокарміну

До розчину індигокарміну об'ємом 2 см³ додати декілька крапель концентрованої нітратної кислоти.

- відновлення індигокарміну

У пробірку помістити натрій карбонат масою 0,1 г і налити розчин глюкози об'ємом 4 см³, суміш перемішати. Потім по краплях додати розчин індигокарміну (натрієва сіль індигосульфокислоти) до забарвлення розчину в темно-синій колір. Реакційну суміш підігріти до зникнення синього кольору і появи жовтого.

- відновлення метиленового блакитного

Декілька крапель розчину метиленового блакитного перенести в стакан з водою об'ємом 10 см³. До нього додати розчин глюкози об'ємом 2 см³ та концентрований розчин натрій гідроксиду об'ємом 3 см³.

5. Дослідження якісної реакції на нікотинову кислоту

У пробірку помістити нікотинову кислоту масою 0,1 г, розчинити її у киплячій воді об'ємом 2 см³ і додати декілька крапель розчину купрум(II) сульфату.

6. Спостереження занести у таблицю 11

Зробити висновки про залежність властивостей гетероциклічних сполук від їх складу і будови та про зміну реакційної здатності піридину, хіноліну та ізохіноліну.

Таблиця 11 – Дослідження властивостей гетероциклічних сполук

Назва гетероциклічної сполуки	Тип реакції	Назва досліду	Спостереження
Піридин	Розчинність	розчинність у воді	
	Кислотно-основні властивості	основні властивості	
	Реакції утворення солей	а) реакція з розчином FeCl_3	
		б) реакція з розчином таніну	
	Реакції електрофільного приєднання	реакція з етилідидом	
Якісна реакція	реакція з розчином CuSO_4		
Хінолін, ізохінолін	Розчинність	розчинність у воді	
	Кислотно-основні властивості	основні властивості	
	Реакції утворення солей	а) реакція з розчином FeCl_3	
		б) реакція з розчином таніну	
	Реакції електрофільного приєднання	реакція з етилідидом	
Якісна реакція	реакція з розчином CuSO_4		
Фурфурол	Реакції нуклеофільного приєднання з відщепленням	одержання фенілгідрозону фурфуролу	
	Реакції конденсації	утворення основ Шиффа	
	Окисно-відновні реакції	а) окиснення реактивом Толленса	
		б) реакція з фуксинсірчистою кислотою	
Сечова кислота	Розчинність	розчинність у воді	
	Кислотно-основні властивості	основні властивості	
	Окисно-відновні реакції	а) реакція з фелінговою рідиною	
		б) мурексидна проба (якісна реакція)	з NH_4OH
	з NaOH		
Індигокармін	Окисно-відновні реакції	а) окиснення	
		б) відновлення	
Метиленовий блакитний	Окисно-відновні реакції	відновлення	
	Якісна реакція (реакція утворення солей)	реакція з розчином CuSO_4	

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

Дослідження властивостей вуглеводів

Мета: Дослідити хімічні властивості вуглеводів в залежності від складу та будови.

Завдання:

1. Дослідити перетворення вуглеводів за гідроксильними і карбонільною групами.
2. Дослідити гідроліз ди- та полісахаридів.
3. Здійснити кольорові реакції на вуглеводи.

Питання самостійної роботи

1. Класифікація та номенклатура вуглеводів.
2. Фізичні властивості вуглеводів.
3. Стереїзомерія вуглеводів.
4. Таутомерія вуглеводів.
5. Хімічні властивості вуглеводів:
 - а) за гідроксильними групами;
 - б) за карбонільною групою;
 - в) гідроліз вуглеводів.
6. Аналіз та ідентифікація вуглеводів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 13.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-Захід. – 2004. – 558 с.
3. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
4. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.

5. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.

6. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.

7. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), штативи для пробірок, водяні бані, зворотні повітряні холодильники, конічні колби (50 см³), піпетки (5 см³), азбестові сітки, плитки керамічні, шпателі, скляні палички, мірні пальчики, розчин глюкози ($w(\text{глюкози}) = 1 \%$), розчин манози ($w(\text{манози}) = 1 \%$); розчин фруктози ($w(\text{фруктози}) = 1 \%$); розчин лактози ($w(\text{лактози}) = 1 \%$), розчин мальтози ($w(\text{мальтози}) = 1 \%$), розчин сахарози ($w(\text{сахарози}) = 1 \%$), розчин крохмалю ($w(\text{крохмалю}) = 1 \%$), фруктоза, глюкоза, лактоза, мальтоза, сахароза, крохмаль, целюлоза (фільтрувальний папір), розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10 \%$); розчин купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 5 \%$), розчин аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 1 \%$), розчин амоніаку ($w(\text{NH}_3) = 5 \%$), реактив Фелінга, спиртовий розчин α -нафтолу ($w(\alpha\text{-нафтолу}) = 15 \%$), концентрована сульфатна кислота, розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \%$), реактив Селіванова, розведений розчин йоду в калій йодиді, лакмусовий папір.

Хід роботи

1. Дослідження властивостей вуглеводів за гідроксильними групами

1.1. Реакція вуглеводів з лужним розчином купрум(II) гідроксиду

В пробірку помістити розчин вуглеводу об'ємом 2 см³ і додати розчин натрій гідроксиду об'ємом 1 см³, потім по краплях додати розчин купрум(II) сульфату.

2. Дослідження властивостей вуглеводів за карбонільними групами

2.1. Окиснення вуглеводів купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі

У пробірку налити розчин вуглеводу об'ємом 2 см³ і додати розчин натрій гідроксиду об'ємом 1 см³. Потім по краплях, при струшуванні, додати

розчин купрум(II) сульфату до появи незникаючої муті. Вміст пробірки нагріти до кипіння, таким чином, щоб нагрівалася лише верхня частина розчину, а нижня залишалася для контролю.

2.2. Окиснення вуглеводів реактивом Фелінга

Точно відміряти і змішати рівні об'єми розчинів Фелінга 1 і Фелінга 2, налити в пробірку отриману темно-синю рідину об'ємом 2 см^3 та додати до неї розчин вуглеводу об'ємом 2 см^3 . Вміст пробірки перемішати і нагріти верхню частину до кипіння.

2.3. Окиснення вуглеводів амоніачним розчином аргентум гідроксиду

Для отримання “срібного дзеркала” потрібно спочатку добре вимити пробірку і приготувати амоніачний розчин аргентум гідроксиду (дивись дослід 1.1 на стор. 55).

До утвореного безбарвного розчину додати розчин вуглеводу об'ємом $1,5 \text{ см}^3$. Пробірку нагріти на водяній бані ($70-80 \text{ }^\circ\text{C}$) протягом 5-10 хв. Під час нагрівання пробірку не можна струшувати, інакше металеве срібло виділиться у вигляді темного осаду.

3. Здійснення кольорових реакцій на вуглеводи

3.1. Реакція вуглеводів з α -нафтолом (реакція Моліша)

В пробірку налити воду об'ємом 1 см^3 і внести невелику кількість вуглеводу (декілька кристалів). Потім в пробірку додати дві краплі спиртового розчину α -нафтолу і, нахиливши пробірку, по стінкам з піпетки обережно прилити концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1 см^3 . Утворюється два шари: верхній – водний шар, нижній – сульфатна кислота. Через деякий час суміш збвтати.

3.2. Реакція Селіванова на кетогексози

У пробірку додати реактив Селіванова (розчин резорцинолу в розведений хлоридній кислоті) об'ємом 2 см^3 і розчин вуглеводу об'ємом 1 см^3 . Пробірку помістити у киплячу водяну баню на 2 хв.

4. Проведення гідролізу

4.1. Гідроліз дисахаридів

У пробірку налити розчин вуглеводу об'ємом 3 см³ і додати розчин сульфатної кислоти об'ємом 1 см³. Отриманий розчин кип'ятити на протязі 2 хв., потім охолодити і поділити на дві частини.

Частину розчину нейтралізувати розчином натрій гідроксиду до лужної реакції за лакмусовим папером. Після нейтралізації прилити рівний об'єм реактиву Фелінга і нагріти верхню частину рідини до кипіння.

Іншу частину гідролізату дисахариду використати для здійснення реакції Селіванова, паралельно провести реакцію Селіванова з розчином негідролізованого дисахариду.

4.2. Кислотний гідроліз крохмалю

В конічну колбу налити крохмальний клейстер об'ємом 25 см³ і додати розчин сульфатної кислоти об'ємом 5 см³.

У вісім пробірок налити дуже розведений розчин йоду в калій йодиді, пробірки пронумерувати і поставити в штатив. В першу пробірку внести одну краплю розчину крохмалю. Відмітити забарвлення. Потім колбу нагріти на азбестовій сітці невеликим полум'ям пальника. Після початку кипіння піпеткою відібрати другу пробу розчину, яку внести у другу пробірку з розчином йоду, після струшування відмітити колір розчину.

Наступні проби відбирати через одну хвилину і вносити їх у пробірки з розчином йоду. Після того, як реакційна суміш перестане давати забарвлення з йодом, суміш кип'ятити ще 2-3 хв. Після охолодження реакційну суміш нейтралізувати розчином натрій гідроксиду до нейтральної реакції.

Частину лужного розчину перелити у пробірку, змішати з рівним об'ємом реактиву Фелінга і нагріти верхню частину рідини до кипіння.

4.3. Кислотний гідроліз целюлози

У суху конічну колбу помістити трохи дрібно нарізаних шматочків фільтрувального паперу і замочити їх концентрованою сульфатною кислотою. Ретельно перемішати вміст колби скляною паличкою до повного руйнування

паперу і утворення безбарвного в'язкого розчину. Після цього до утвореного розчину додати невеликими порціями при перемішуванні воду об'ємом 20 см³.

Колбу з'єднати із зворотним повітряним холодильником і кип'ятити реакційну суміш 20 хв., періодично перемішуючи. Після закінчення гідролізу відлити гідролізат об'ємом 2-3 см³ і нейтралізувати його натрій карбонатом, додаючи речовину невеликими порціями.

Виявити присутність відновлюючих вуглеводів реакцією з реактивом Фелінга.

5. Спостереження занести у таблицю 12

Таблиця 12 – Дослідження властивостей вуглеводів

Вуглеводи	Реактиви							
	Cu(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , нагр.	реактив Фелінга	[Ag(NH ₃) ₂]OH	α-нафтол	р-в Селіванова	Гідроліз	
							реактив Фелінга до гідролізу	реактив Фелінга після гідролізу
Глюкоза								
Фруктоза								
Маноза								
Мальтоза								
Лактоза								
Сахароза								
Крохмаль								

Зробити висновки про властивості вуглеводів та закономірності їх зміни.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17**Дослідження властивостей жирів**

Мета: Дослідити хімічні властивості твердих та рідких жирів.

Завдання:

1. Дослідити розчинність твердих жирів та олій в органічних розчинниках.
2. Здійснити омилення жирів лугом у водно-спиртовому розчині.
3. Визначити ступінь ненасиченості жиру реакцією з бромом.
4. Визначити ступінь ненасиченості жиру йодним числом.
5. Дослідити властивості мила.

Питання самостійної роботи

1. Склад та будова жирів.
2. Гідроліз жирів. Омилення. Мила.
3. Знаходження жирів в природі.
4. Отвердіння жирів.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтелект-Захід. – 2004. – 558 с.
3. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
4. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
5. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т.1. – 624 с.; Т.2. – 744 с.
6. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
7. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.

Обладнання і реактиви: пробірки (20 см³), пробірки (40 см³), штативи для пробірок, штативи Бунзена, водяні бані, зворотні повітряні холодильники, скляні палички, піпетки, бюретки, хімічні стакани, шпателя, фарфорові чашки, тверді жири: свинячий, яловичий, баранячий, олії (рідкі жири): соняшникова, кукурудзяна, анісова, арахісова, рицинова, лляна, оливкова, пальмова, бавовняна, дистильована вода, етиловий спирт, діетиловий етер, хлороформ, тетрахлоорокарбон, розчини натрій гідроксиду (концентрований розчин, $w(\text{NaOH}) = 10\%$), насичений розчин натрій хлориду, розчин купрум сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 2\%$), розчин бром у хлороформі ($w(\text{Br}_2) = 3\%$), розчин крохмалю ($w(\text{крохмаль}) = 2\%$), спиртовий розчин йоду ($w(\text{I}_2) = 0,05\%$), розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10\%$), розчин кальцій хлориду ($C(1/2 \text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$), розчин плюмбум ацетату ($C(1/2 \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$).

Хід роботи

1. Дослідження розчинності жирів та олій в органічних розчинниках

У чотири пробірки помістити по невеликому шматочку твердого жиру або по 2 краплі олії та додати органічний розчинник об'ємом 2 см³: в першу – етиловий спирт, у другу – діетиловий етер, в третю – хлороформ, в четверту – тетрахлоорокарбон. Вміст пробірок енергійно перемішати.

Пробірки, в яких утворилася емульсія, закрити пробкою зі зворотним холодильником, нагріти на водяній бані та струсити.

2. Омилення жирів лугом у водно-спиртовому розчині

У пробірку (40 см³), помістити жир масою 3 г, спирт об'ємом 3 см³ та концентрований розчин лугу об'ємом 3 см³, перемішати суміш струшуванням або за допомогою скляної палички і нагріти пробірку на водяній бані до початку кипіння. Нагрівання продовжувати 3-5 хв.

Для перевірки на повноту омилення відібрати кілька крапель суміші у пробірку, додати 5-6 см³ гарячої дистильованої води та нагріти розчин при струшуванні на водяній бані. Якщо проба розчиняється у воді повністю, не виділяючи крапель жиру, омилення можна вважати закінченим. У

протилежному випадку продовжувати нагрівати суміш жиру та лугу ще кілька хвилин, після чого знову перевірити повноту омилення.

До одержаної густої рідини додати при перемішуванні гарячий насичений розчин натрій хлориду. Розчином солі заповнити майже всю пробірку, щоб висолений шар мила піднявся до її отвору. Дати суміші відстоятися на протязі кількох хвилин на водяній бані, потім занурити пробірку майже до отвору у стакан з холодною водою на 5-10 хв., при цьому шар мила твердіє.

Одержане мило витягнути з пробірки паличкою або шпателем.

До розчину, що залишився, додати по краплях концентровану хлоридну кислоту до нейтралізації за конго і рідину відфільтрувати через маленький складчастий фільтр попередньо змочений водою.

Фільтрат упарити у фарфоровій чашці до початку кристалізації солей. Потім охолодити, додати 5-10 см³ спирту і добре перемішати, рідину злити, знову упарити її до консистенції сиропу і дослідити його на наявність гліцеролу (див. другий розділ посібника).

3. Визначення ступеня ненасиченості жиру реакцією з бромом

(титрування проводити у витяжній шафі!)

Для приготування розчину розчинити жир масою 2 г в хлороформі об'ємом 30 см³, відібрати за допомогою піпетки у суху пробірку розчину жиру об'ємом 1 см³ і по краплях, безперервно струшуючи, додати з бюретки розчин бром, до того часу поки бром не перестане знебарвлюватися і хлороформний розчин не забарвиться у стійкий лимоно-жовтий колір. Зафіксувати об'єм розчину бром, що був витрачений на титрування.

4. Визначення ступеня ненасиченості жиру йодним числом

В конічну колбу (50 см³) помістити розчин жиру або олії в хлороформі ($w(\text{олія}) = 10 \%$) об'ємом 10 см³, додати 2 краплі розчину крохмалю ($w(\text{крохмаль}) = 2 \%$) і по краплях при енергійному перемішуванні прилити з бюретки спиртовий розчин йоду ($w(\text{I}_2) = 0,05 \%$) до появи синього забарвлення (на поверхні суміші з'являється синє кільце).

Розрахувати йодне число жиру за формулою:

$$IЧ = 0,05 \cdot V(I_2), \text{ де}$$

$V(I_2)$ – об'єм розчину йоду, витрачений на титрування.

5. Дослідження властивостей мила

5.1. Взаємодія з сульфатною кислотою

Частину мила, одержаного в досліді 2, розчинити в дистильованій воді об'ємом 10 см³. В пробірці змішати розчин мила об'ємом 2 см³ та розчин сульфатної кислоти ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10\%$) об'ємом 2 см³. Суміш підігріти.

5.2. Взаємодія з розчином кальцій хлориду

Частину мила, одержаного в досліді 2, розчинити в дистильованій воді об'ємом 10 см³. В пробірці змішати розчин мила об'ємом 2 см³ та розчин кальцій хлориду ($C(1/2 \text{ CaCl}_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 2 см³. Суміш перемішати.

5.3. Взаємодія з розчином плюмбум ацетату

Частину мила, одержаного в досліді 2, розчинити в дистильованій воді об'ємом 10 см³. В пробірці змішати розчин мила об'ємом 2 см³ та розчин плюмбум ацетату ($C(1/2 \text{ Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$) об'ємом 2 см³. Суміш перемішати.

6. Одержані результати занести у таблицю 13

7. Зробити узагальнюючий висновок

РОЗДІЛ 2. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

2.1. Організація лабораторних занять з ідентифікації органічних сполук

На основі вмінь сформованих при дослідженні властивостей органічних речовин формуються вміння розпізнавати органічні сполуки на лабораторних заняттях з ідентифікації сполук.

Мета цих робіт: Навчитися ідентифікувати органічні речовини.

Завдання:

1. Навчитися складати план дослідження та ідентифікації органічних сполук.
2. Навчитися використовувати якісні реакції на характеристичні групи різних класів органічних сполук для їх ідентифікації.
3. Навчитися ідентифікувати невідому органічну речовину.

Питання самостійної роботи

1. Послідовність операцій дослідження невідомої органічної речовини.
2. Техніка проведення попередніх проб при проведенні аналізу невідомої речовини (зовнішні властивості, визначення фізичних констант, проби на якісний склад та структурний аналіз).
3. Техніка проведення якісних реакцій на характеристичні групи окремих класів органічних речовин (ненасичені, ароматичні, галогенопохідні, спирти, феноли, карбонільні сполуки, карбонові кислоти та їх похідні, аміни, вуглеводи, білки).

Рекомендована література

1. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии (органический синтез). – М.: Высшая школа. – 1991. – 304 с.
2. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия. – 1975. – 328 с.
3. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений/ Под ред. О.Ф Гинзбурга, А.А Петрова. – М.: Высшая школа. – 1981. – 318 с.

4. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.
5. Справочник химика. – Л. – М.: Химия, т. 2. – 1168 с.
6. Шарп Дж., Госни И., Роули А. Практикум по органической химии. – М.: Мир. – 1993. – 240 с.
7. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение. – 1973. – 286 с.

Експериментальне визначення невідомої речовини

Існує два випадки експериментального визначення невідомої речовини (X):

- 1) про будову і властивості невідомої речовини нічого невідомо;
- 2) невідома речовина X є однією з запропонованого переліку речовин.

У першому випадку для аналізу необхідно виконати попередні проби і прості якісні реакції на характеристичні групи згідно алгоритму:

1. Провести попередні дослідження

1.1. Визначити фізичні властивості речовини X

- агрегатний стан;
- колір;
- запах;
- температура кипіння або температура плавлення.

1.2. Визначити якісний елементний склад речовини X

Здійснити реакції на виявлення C, H, N, Hal, S, Met.

1.3. Провести попередні хімічні проби

- розчинність (вода, етер);
- реакція з концентрованою сульфатною кислотою;
- перманганатна проба;
- реакція з бромом.

2. Виявити характеристичні групи органічних речовин

2.1. Провести якісні реакції на характеристичні групи

2.2. Одержати похідні (одне чи більше)

3. Підтвердити результати ідентифікації фізико-хімічними методами (ПМР-, ІЧ-, УФ-спектроскопії)

4. Результати дослідження оформити у вигляді таблиці (дивись сторінку 15)

При визначенні якісного елементного складу органічної речовини треба брати до уваги те, що відсутність того чи іншого елемента дає можливість не робити якісних реакцій на характеристичні групи, які містять ці елементи. Попередні хімічні проби можуть відразу дозволити визначити клас сполук до якого відноситься речовина і значно скоротити число подальших операцій. Якісні реакції на характеристичні групи проводять для підтвердження попередніх висновків про склад, будову і властивості речовини X. Дослідження властивостей похідних дозволяє встановити ідентичність речовини X.

У другому випадку (невідома речовина X є однією з запропонованого переліку речовин) треба виходити з положення, що ідентифікація речовини X – це встановлення її ідентичності одній речовині з запропонованого переліку (A, B, C, D) шляхом виявлення в речовині X сукупностей особливих ознак, за якими вона відрізняється від усіх інших.

Тому користуються іншим алгоритмом ідентифікації:

1. Виміряти $T_{\text{кип.}}$ або $T_{\text{пл.}}$ речовини X

На основі одержаних даних із запропонованого переліку сполук вибрати ті, які вкладаються в інтервал $T_{\text{кип.}}/T_{\text{пл.}} (X) \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2. Скласти план аналізу кожної з речовин у вигляді таблиці, використовуючи літературні дані і власні значення про особливості будови і властивостей органічних речовин.

3. Здійснити аналіз згідно складеній таблиці, починаючи з тієї речовини, яка має найменшу кількість позитивних проб. При цьому треба пам'ятати, що негативний результат дослідження не менш важливий за позитивний.

Наприклад, дано перелік речовин, однієї з яких може бути речовина X (таблиця 14).

Таблиця 14 – Перелік речовин для ідентифікації

№ п/п	Назва речовини	Температура кипіння, °С
1	Трет-бутил бромистий	73
2	Хлоропропан	71
3	Трет-бутанол	83
4	Ізопропанол	82,5
5	Бензен	80
6	Етиловий спирт	78
7	Оцтова кислота	118
8	Толуен	111
9	Гексан	69
10	Гексен	63,5
11	1,2-Дихлороетан	84
12	Анілін	184
13	н-Бутиламін	78
14	п-Ксилен	138

Якщо $T_{\text{кип.}}(X) = 80,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, то речовинами, у яких $T_{\text{кип.}} = 80,5 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$, є: бензен, трет-бутанол, етанол, ізопропанол, 1,2-дихлороетан, бутиламін.

Складаємо таблицю 15.

Таблиця 15 – Речовини, які вкладаються в інтервал $T_{\text{кип.}} \pm 5^{\circ}\text{C}$ та особливості їх властивостей

№ п/п	Речовина	Агр. стан, колір, запах	Густина, г/см ³	$T_{\text{кип.}}^{\circ}\text{C}$	H ₂ SO ₄ конц.	Розчинність у воді	Розчинність в етері	HCl (розв.)	Проба Бейльштейна	HNO ₃ конц., H ₂ SO ₄ конц.	Проба Лукаса	Хромова суміш	Індикатор	HNO ₂
1.	Бензен	рідина безбарвна	0,879	80	-	0,08	р	-	-	+	-	-	-	-
2.	Трет-бутанол	рідина безбарвна	0,724	83	+	р	р	+	-	-	+(1')	-	-	-
3.	Ізопропанол	рідина безбарвна	0,789	82,5	+	∞	р	+	-	-	+(5')	+	-	-
4.	Етанол	рідина безбарвна	0,784	78	+	∞	р	+	-	-	-	+	-	-
5.	1,2-Дихлоро- етан	рідина безбарвна	1,257	84	-	0,865	∞	-	+	-	-	-	-	-
6.	н-Бутиламін	рідина безбарвна	0,739	78	+	∞	∞	+	-	-	-	-	+	+(N ₂)

Аналіз починаємо з проби Бейльштейна, потім робимо нітрування і т. д. Висновок про ідентичність невідомої речовини *X* *відомій* на основі експериментального визначення тим більше вірогідний, чим більше ознак невідомої речовини визначено тому, що:

- а) будь-яка речовина в більшому чи меншому ступені забруднена, що зменшує вірогідність результатів експерименту;
- б) результати залежать від методу визначення ознак, точності приладів вимірювання, кваліфікації дослідника.

2.2. Попередні проби

2.2.1. Дослідження відношення органічної речовини до нагрівання

Порцію речовини масою 0,1-0,2 г вмістити у маленьку фарфорову чашку (або перевернуту кришку від тигля). Нагріти чашку з речовиною (у витяжній шафі!) на трикутнику у кільці штатива спочатку обережно, потім сильніше. Спостерігати плавлення, леткість, горючість парів, характер і колір полум'я, утворення парів води (які конденсуються на пробірці з холодною водою, що піднесена зверху до полум'я).

Якщо речовина не летить повністю, посилити нагрівання залишку до його потемніння (обвуглювання) і прожарити його до подальшого побіління. Чашку охолодити, додати до залишку від прожарювання декілька крапель води, перемішати паличкою і перенести краплю речовини на червоний лакмусовий папірець. Якщо залишок не розчиняється у воді, то дослідити розчинність його у хлоридній кислоті, додаючи декілька крапель кислоти при перемішуванні.

Органічні сполуки, які не містять металічні елементи, при нагріванні звичайно летять або розкладаються (обвуглюються), але потім при прожарюванні згорають повністю. У цьому досліді виявляється здатність речовини кипіти за нормального атмосферного тиску або плавитися без розкладання. Сильно киптяве полум'я парів речовини, що горить, вказує на високий вміст Карбону, тобто дозволяє припустити наявність кратних зв'язків, бензенових кілець або довгих карбонових ланцюгів. Аліфатичні вуглеводні згорають світлим полум'ям з утворенням невеликої кількості сажі. Спирти,

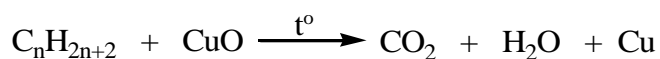
тобто оксигеновмісні речовини, горять світлим полум'ям. Речовини, що містять Сульфур, можна розпізнати за запахом сульфур(IV) оксиду.

Утворення парів води вказує на наявність Гідрогену в молекулі речовини.

При сильному прожарюванні солеподібних органічних сполук, які містять металічні елементи (солі кислот, феноляти та інші), утворюються нелеткі карбонати лужних металів (K, Na) або оксиди лужноземельних металів (Ca, Ba, а також Mg). Продукти прожарювання дають з водою лужну реакцію і повністю розчиняються в хлоридній кислоті. Атоми елементів важких металів утворюють нерозчинний у кислоті залишок речовини.

2.2.2. Виявлення Карбону і Гідрогену шляхом окиснення речовини купрум(II) оксидом

Найбільш загальним універсальним методом виявлення в органічній речовині Карбону і одночасно з ним Гідрогену є окиснення її купрум(II) оксидом. При цьому Карбон переходить в карбон(IV) оксид, а Гідроген – у воду:



Досліджувану рідку чи тверду речовину масою 0,2-0,3 г змішати з порошком купрум(II) оксиду масою 1-2 г на годинниковому склі. Суміш перенести у суху пробірку. У верхню частину пробірки під пробку вмістити невеликий шматочок вати, на який насипати декілька кристалів безводного купрум(II) сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою і закріпити в лапці штативу з невеликим нахилом в бік пробки. Вільний кінець газовідвідної трубки занурити у пробірку з вапняною (баритовою) водою (рис. 10). Спочатку прогріти усю пробірку, потім сильно нагрівати ту частину, де знаходиться реакційна суміш.

Утворення дрібних крапель води на стінках пробірки і газовідвідної трубки, а також поява синього забарвлення купрум(II) сульфату (утворення мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) вказує на наявність у досліджуваній речовині

Гідрогену, а помутніння вапняної або баритової води – на наявність Карбону (утворення осадів CaCO_3 або BaCO_3).

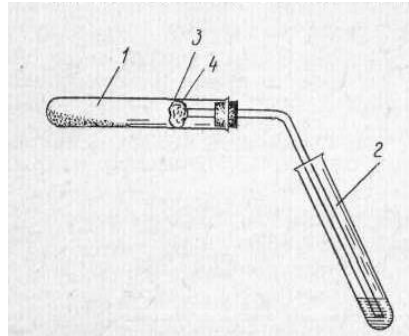
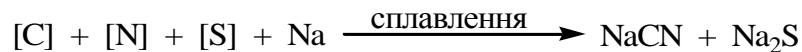


Рис. 10. Прилад для виявлення Карбону і Гідрогену в органічних сполуках:

- 1 – суха пробірка з сумішшю органічної речовини та купрум(II) оксиду,
- 2 – пробірка з вапняною водою,
- 3 – вата,
- 4 – безводний купрум(II) сульфат.

2.2.3. Виявлення Нітрогену, Сульфуру і галогенів в органічній речовині

Принцип методу полягає в тому, що при сплавленні з металічним натрієм органічна речовина руйнується, а Сульфур і Нітроген переходять в неорганічні сполуки:



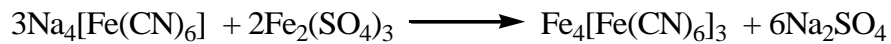
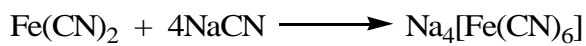
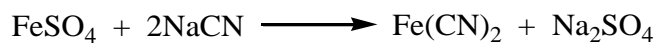
У вертикально закріплену аналітичну пробірку помістити шматочок натрію масою до 30 мг (кулька діаметром до 3 мм). Пробірку нагріти до розплавлення натрію і появи парів. Потім пальник прибрати і одразу внести досліджувану речовину масою приблизно 20 мг або об'ємом приблизно $0,03\text{-}0,05 \text{ см}^3$ (1-2 краплі). Після спалаху сплавлення можна вважати закінченим. За відсутності спалаху пробірку нагрівати до його появи або до обвуглення речовини.

Після охолодження пробірки до кімнатної температури додати по краплях абсолютний етанол об'ємом приблизно $0,5 \text{ см}^3$, дозволяючи повністю прореагувати кожній краплі. Потім скляною паличкою зруйнувати оболонку з вугілля, що вкриває шматочок натрію. Після того як весь натрій прореагує, перенести вміст аналітичної пробірки у пробірку об'ємом 20 см^3 . У аналітичну

пробірку додати воду об'ємом 1 см³, прокип'ятити і перелити суміш у пробірку. Цю операцію повторити.

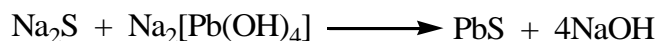
Всю одержану суміш профільтрувати у чисту пробірку і провести реакції на виявлення елементів.

Виявлення Нітрогену. Частину одержаного після мінералізації лужного розчину прокип'ятити з ферум(II) сульфатом і підкислити. Ціанід, який утворився при сплавленні органічної речовини з натрієм, утворює з ферум(II) сульфатом відповідний гексаціаноферат, який з ферум(III) сульфатом утворює берлінську лазур:



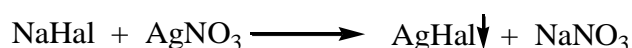
В пробірку внести надлишок ферум(II) сульфату масою приблизно 50 мг, додати лужний розчин плаву об'ємом 0,5 см³, струсити і обережно нагріти до кипіння, а потім внести одну краплину розчину ферум(III) сульфату, підкислити розведеною сульфатною кислотою. Темно-синій осад вказує на наявність Нітрогену. У сумнівному випадку розчин відфільтрувати і спостерігати появу синього забарвлення.

Виявлення Сульфуру. Сульфур утворює з натрієм натрій сульфід. Після цього сульфід-іон виявляють якісною реакцією:



До свіжовиготовленого розчину натрій плюмбіту, який отримати додаванням розчину натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10\%$) до розчину плюмбум ацетату ($C(\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = 0,1$ моль/дм³) об'ємом 0,2 см³ до повного розчинення осаду, додати досліджуваний розчин об'ємом 0,5 см³. При наявності у сполуці Сульфуру з'являється чорний осад або коричнева суспензія.

Визначення галогенів. Хлор, Бром і Йод утворюють з натрієм галогеніди, які виявляють за допомогою аргентум нітрату:

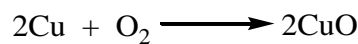


Для диференційованого визначення галогенів лужний розчин плаву підкислити розведеною нітратною(V) кислотою (за лакмусовим папером). Якщо присутні Нітроген і Сульфур, то розчин кип'ятити у витяжній шафі для видалення гідроген хлориду і дигідроген сульфїду. Потім розчин охолодити і осадити галоген аргентум нітратом. Одержаний осад відфільтрувати, промити спочатку водою, а потім концентрованим розчином амонїаку об'ємом 1 см³.

Якщо розчин білий і швидко розчиняється у водному розчині амонїаку – це аргентум хлорид. Якщо осад жовтуватий і розчиняється погано – це бромід. Якщо осад жовтий і зовсім не розчиняється у водному розчині амонїаку, то в речовині міститься Йод. Аргентум флуорид розчинний у воді, тому Флуор таким способом визначити неможливо.

2.2.4. Проба Бейльштейна на галогени

При прожарюванні органічної речовини з купрум(II) оксидом відбувається її окиснення. Карбон переходить в карбон(IV) оксид, Гідроген – у воду, а галогени (крім Флуору) утворюють з Купрумом леткі галогенїди, які забарвлюють полум'я в яскраво-зелений колір. Реакція дуже чутлива:



Мідний дріт з петлею на кінці прожарити у полум'ї пальника до припинення забарвлення полум'я і утворення на поверхні чорного нальоту купрум(II) оксиду. Після охолодження дроту на петлю нанести краплю або кілька кристаликів досліджуваної речовини і знову ввести петлю в безбарвне полум'я. У присутності галогенів полум'я забарвлюється в яскраво-зелений колір.

2.2.5. Визначення розчинності

Подібне розчиняється у подібному. Внаслідок цього визначення розчинності органічних сполук у розчинниках різної природи може дати деякі дані про його структуру.

Усі вимірювання проводити за кімнатної температури з рідиною об'ємом 0,02-0,03 см³ або з твердою, ретельно розтертою речовиною масою

4-6 мг і розчинником об'ємом $0,2 \text{ см}^3$, при цьому суміш розтерти паличкою і сильно струсити.

Дослідити розчинність у воді, етері, розчині натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 5 \%$), розчині натрій гідрокарбонату ($w(\text{NaHCO}_3) = 5 \%$), розчині хлоридної кислоти ($w(\text{HCl}) = 5 \%$).

За розчинністю у воді й етері органічні речовини можна розділити на чотири групи:

Група 1 (в етері розчинні, у воді нерозчинні або важкорозчинні):

вуглеводні, галогенопохідні вуглеводнів, вищі спирти, карбонільні сполуки, аміни, карбонові кислоти та їх похідні, феноли, етери і естери.

Група 2 (у воді розчинні, в етері нерозчинні або важкорозчинні):

багатоатомні спирти, амідні кислот, солі, гідроксикислоти, ди- і трикарбонові кислоти.

Група 3 (розчинні і у воді, і в етері):

карбонільні сполуки з невеликою молярною масою, аліфатичні гідроксикислоти, кетокислоти, багатоатомні феноли, аміни, піридин.

Група 4 (важкорозчинні як у воді, так і в етері):

високомолекулярні сполуки, висококонденсовані вуглеводні, вищі амідні кислот, антрахінони.

Такі сполуки, як ангідриди і галогенангідриди кислот, що розкладаються гідролітично при більш чи менш тривалій дії високої температури, можна знайти у вигляді продуктів гідролізу в одній з чотирьох груп.

У розведеній хлоридній кислоті розчиняються усі речовини, що розчиняються у воді (групи 2 і 3), і, крім того, вторинні і третинні аліфатичні аміни, первинні ароматичні аміни, жирноароматичні аміни, які містять не більше одного ароматичного кільця. Деякі оксигеновмісні сполуки (діетиловий етер, бутанол, низькомолекулярні етери) розчиняються в розведеній хлоридній кислоті з утворенням оксонієвих солей.

У розведеному розчині натрій гідрогенкарбонату розчинні усі сильноокислі речовини, наприклад, карбонові кислоти.

У розведеному розчині луку розчиняються феноли, деякі еноли, іміди, первинні та вторинні нітросполуки.

2.2.6. Реакція з сульфатною кислотою

У пробірці сильно струсити холодну концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1 см^3 з досліджуваною речовиною об'ємом $0,5\text{ см}^3$.

Не розчиняються насичені та ароматичні вуглеводні, а також їх нітро- і галогенопохідні. Ненасичені вуглеводні, спирти, етери та естери розчиняються звичайно без зміни забарвлення. Аліфатичні або аліфатично-ароматичні карбонільні сполуки розчиняються з потемнінням.

2.2.7. Перманганатна проба (за Вагнером)

У воді, спирті або ацетоні об'ємом 2 см^3 розчинити досліджувану речовину масою $0,1-0,2\text{ г}$ і по краплях при енергійному струшуванні додати водний розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 1-3\%$).

Якщо присутні ненасичені вуглеводні, альдегіди, мурашина кислота, багатоатомні феноли, то забарвлення розчину калій перманганату, як правило, зникає і утворюється осад манган(IV) оксиду. Пробу слід вважати позитивною, якщо знебарвилось не менше десяти крапель розчину перманганату.

2.2.8. Реакція з бромом

Досліджувану речовину масою $0,1-0,2\text{ г}$ розчинити у тетрахлорометані об'ємом 2 см^3 . До розчину додати по краплях при сильному охолодженні розчин бром у тетрахлорометані ($w(\text{Br}_2) = 2\%$).

Коричневе забарвлення зникає у присутності ненасичених сполук в результаті реакції приєднання. Якщо знебарвлення супроводжується виділенням гідроген броміду (бульбашки) – це є ознакою перебігу реакції заміщення. До заміщення атомів Гідрогену на атоми Бром у здатні феноли, ароматичні аміни, карбонільні сполуки, що енолізуються.

2.3. Якісні реакції на характеристичні групи

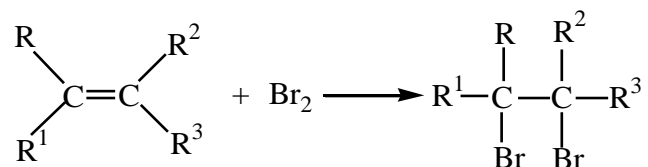
2.3.1. Якісні реакції на кратні карбон-карбонові зв'язки

а) реакція з бромом

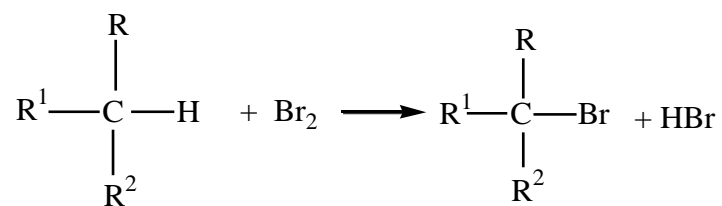
Речовину масою 0,1 г або об'ємом 0,1 см³ розчинити у тетрахлорометані об'ємом 2-3 см³. До розчину додати по краплях при струшуванні розчин бром у тетрахлорометані ($w(\text{Br}_2) = 2\%$).

При додаванні бром у сполуки з кратним зв'язком відбувається швидке знебарвлення розчину.

Більшість сполук, що містять кратний зв'язок (подвійний, потрійний, їх комбінації) легко приєднують бром:



Але деякі аліфатичні вуглеводні, які мають третинний атом Карбону, а також ароматичні аміни і феноли також знебарвлюють розчин бром у. Однак при цьому виділяється гідроген бромід, який не розчиняється у тетрахлорометані і який можна виявити за допомогою вологого індикаторного папірця:

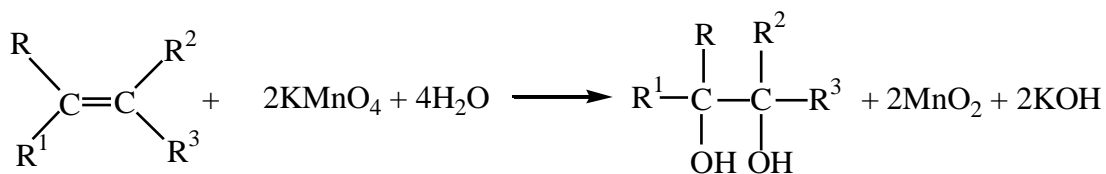


б) реакція з калій перманганатом

Речовину масою 0,1 г або об'ємом 0,1 см³ розчинити у воді або ацетоні об'ємом 2-3 см³, додати по краплях розчин калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 1\%$).

Спостерігати зникнення малинового забарвлення калій перманганату при наявності кратного зв'язку.

Якісною пробою на ненасиченість є реакція з розчином калій перманганату ($w(\text{KMnO}_4) = 1-3\%$). У випадку позитивної реакції розчин його знебарвлюється і з'являється бурий осад MnO_2 :



Ця реакція більш універсальна, ніж реакція з бромом. Швидкість її залежить від розчинності речовини у воді. Якщо речовина нерозчинна у воді, реакцію проводять в ацетоні.

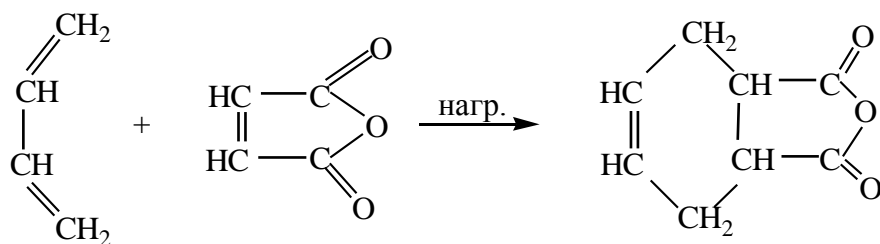
Але калій перманганат окиснює речовини й інших класів, наприклад, первинні та вторинні спирти, альдегіди, ароматичні аміни, феноли та інші.

в) реакція Дільса-Альдера

Суміш досліджуваної речовини об'ємом 0,5 см³ і малеїнового ангідриду масою 0,5 г розчинити у бензені об'ємом 1 см³, кип'ятити 30 хв. у пробірці із зворотнім повітряним холодильником. Після цього пробірку охолодити.

Спостерігати утворення безбарвних кристалів.

Для виявлення спряжених дієнових вуглеводнів можна використовувати реакцію дієнового синтезу з ангідридом малеїнової кислоти при нагріванні:



Якщо проба позитивна, утворюється кристалічний продукт приєднання.

г) утворення ацетиленідів

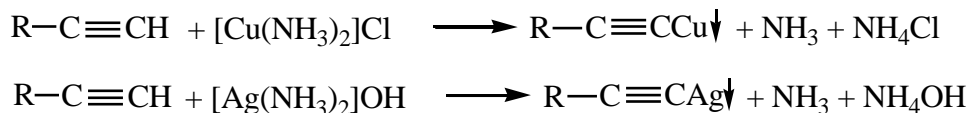
У пробірку помістити безбарвний амоніачний розчин купрум(I) хлориду об'ємом 1-2 см³ і пропустити крізь розчин ацетилен.

Розчин забарвлюється в червоно-бурий колір. Потім випадає червоно-бурий осад купрум(I) ацетиленіду.

У пробірку помістити розчин аргентум нітрату ($w(\text{AgNO}_3) = 1\%$) об'ємом 1 см³ і додати по краплях розчин амоніаку ($w(\text{NH}_4\text{OH}) = 5\%$) до повного розчинення осаду аргентум оксиду, який утворюється спочатку. Крізь одержаний безбарвний розчин пропустити ацетилен.

Випадає жовто-сірий осад аргентум ацетиленіду.

Ацетилен і однозаміщені ацетиленові вуглеводні утворюють ацетиленіди. Для їх одержання найчастіше використовують амоніачний розчин купрум(I) хлориду $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ або амоніачний розчин аргентум гідроксиду $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$:



Утворення осаду є доказом наявності у сполучі ацетиленового Гідрогену.

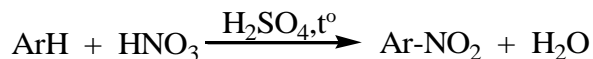
2.3.2. Якісні реакції ароматичних сполук

У пробірку вмістити речовину масою 0,1 г або об'ємом 0,1 cm^3 , при безперервному струшуванні додати нітрувальну суміш [1 частина HNO_3 (конц.) та 1 частина H_2SO_4 (конц.)] об'ємом 3 cm^3 . Пробірку закрити пробкою з зворотнім повітряним холодильником і нагрівати на водяній бані 10 хв. при 50 $^\circ\text{C}$ при постійному струшуванні. Суміш вилити у стакан з подрібненим льодом масою 10 г.

Утворення твердого продукту або важкої олії, що не розчиняється у воді і має жовте забарвлення, свідчить про наявність ароматичної системи.

Ароматичні сполуки, на відміну від аліфатичних, здатні легко вступати в реакції заміщення, часто утворюючи забарвлені сполуки. Найчастіше для виявлення ароматичних сполук використовують реакцію нітрування.

Нітрування проводять нітратною кислотою або нітрувальною сумішшю:



Внаслідок реакції утворюються нітросполуки жовтого кольору з запахом гіркої мигдалю.

2.3.3. Якісні реакції галогенопохідних вуглеводнів

а) проба Бейльштейна

Невелику петлю на кінці мідного дроту прожарювати до того часу, доки не зникне зелене забарвлення полум'я. Поверхня дроту при цьому вкривається

шаром купрум(II) оксиду. Після охолодження на петлю нанести досліджувану речовину і знову нагрівати у безбарвній частині полум'я пальника.

Якщо речовина містить Хлор, Бром або Йод, утворюється купрум(I) галогенід, який забарвлює полум'я у зелений колір:



Хлор, Бром та Йод найпростіше виявити за допомогою проби Бейльштейна: ця реакція базується на тому, що галогенопохідні при нагріванні з міддю дають леткі купрум(I) галогеніди, які забарвлюють полум'я в зелений колір.

Проба дуже чутлива, але не дозволяє визначити природу галогену. Неможливо також за допомогою її відкрити Флуор, оскільки купрум флуориди нелеткі. Крім того, позитивну пробу Бейльштейна дають деякі речовини, які не містять галоген (сечовина, деякі похідні піридину).

Якісні реакції гідроксипохідних вуглеводнів (спирти, феноли, єноли)

2.3.4. Якісні реакції спиртів

а) реакція з розчином цинк хлориду у концентрованій хлоридній кислоті (проба Лукаса)

До досліджуваної речовини об'ємом 0,5 см³ додати концентровану хлоридну кислоту об'ємом 3 см³. Суміш сильно струсити і залишити стояти 3-5 хв.

Третинні спирти при цьому утворюють нерозчинний у кислоті алкілгалогенід. Первинні і вторинні спирти за цих умов помітно не реагують. Дана реакція дозволяє відрізнити третинні спирти від вторинних.

До досліджуваної речовини об'ємом 1 см³ додати реактив Лукаса об'ємом 5 см³. Пробірку закрити пробкою, енергійно струсити і залишити стояти 5 хв.

За цих умов третинні спирти через 2-3 хв. утворюють алкілхлорид, який осідає у вигляді нерозчинних у воді краплин. Вторинні спирти дають помутніння розчину, а виділення галогенопохідного відбувається приблизно

лише через 10 хв. Первинні спирти утворюють гомогенний розчин, виділення хлоропохідного не спостерігається.

Концентрована хлоридна кислота здатна заміщувати гідроксигрупу у вторинних та третинних спиртах на галоген, утворюючи нерозчинні у воді галогенопохідні:



Але заміщення відбувається з різними швидкостями в залежності від будови спирту. Первинні, вторинні та третинні спирти відрізняють за реакцією їх з хлоридною кислотою у присутності цинк хлориду і без нього. Так, тільки третинні спирти реагують з концентрованою хлоридною кислотою без цинк хлориду за кімнатної температури протягом 5 хв. У присутності цинк хлориду третинні спирти взаємодіють з хлоридною кислотою протягом 2-3 хв., при цьому утворюються нерозчинні у воді алкілгалогеніди (помутніння). Вторинні спирти спочатку розчиняються з утворенням прозорого розчину, а потім спостерігається помутніння і випадають краплі галогенопохідного (10 хв.). Первинні спирти за цих умов не реагують. Реакція для них можлива лише за умови тривалого нагрівання або при стоянні.

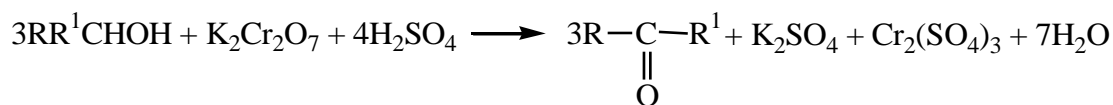
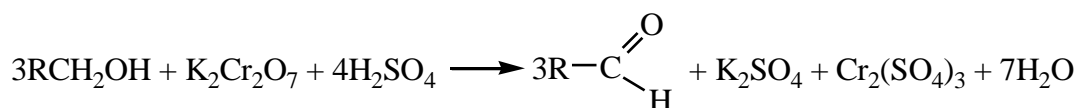
б) окиснення хромовою сумішшю (розчином Бекмана)

Протягом 5 хв. кип'ятити із зворотнім холодильником досліджувану речовину об'ємом 1 см³ з розчином Бекмана об'ємом 10 см³. Реакційну суміш перегнати, зібрати дистилят об'ємом 2-3 см³ у приймач з розчином 2,4-динітрофенілгідразину.

Виділення осаду вказує на те, що відбулося окиснення і утворилась карбонільна сполука.

Другу частину дистиляту зібрати у приймач з розчином Фелінга. Виділення червоного або жовтого осаду купрум(І) оксиду при нагріванні вказує на те, що карбонільна сполука, яка утворилася є альдегідом.

Щоб розрізнити первинні і вторинні спирти, можна використовувати окиснення хромовою сумішшю. Первинні спирти при цьому перетворюються на альдегіди, вторинні – на кетони:



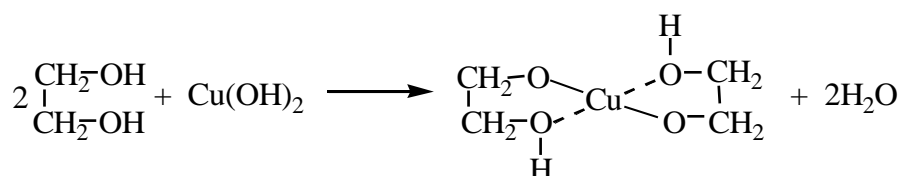
Якщо одержаний дистилят відновлює розчин Фелінга, то карбонільна сполука є альдегід і спирт був первинним, якщо ж дистилят не відновлює розчин Фелінга – карбонільна сполука є кетоном і спирт був вторинним.

в) реакція з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налити декілька крапель (0,3-0,5 см³) розчину купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 3\%$), а потім – розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10\%$) об'ємом 1 см³. До осаду купрум(II) гідроксиду додати досліджувану речовину масою 0,1 г або об'ємом 1 см³.

Зміна забарвлення розчину на темно-синє (волошкове) підтверджує наявність у розчині багатоатомного спирту з гідроксильними групами, які розташовані біля сусідніх атомів Карбону.

У дво-, три- і багатоатомних спиртах, на відміну від одноатомних, розчиняється свіжовиготовлений купрум(II) гідроксид з утворенням темно-синього розчину комплексних солей відповідних похідних:



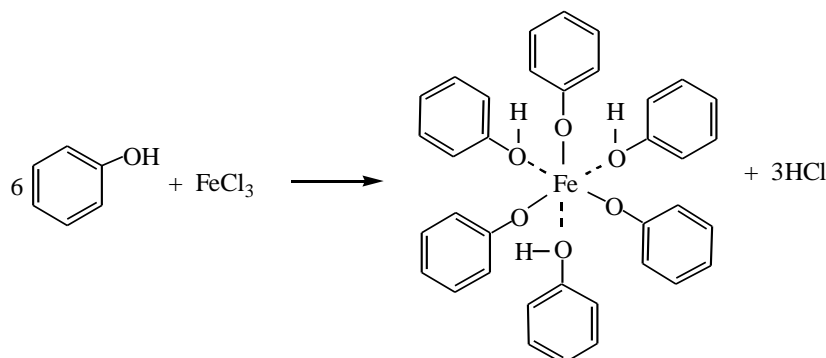
2.3.5. Якісні реакції фенолів

а) реакція з ферум(III) хлоридом

Розчинити одну краплю (кристал) речовини у спирті об'ємом 2 см³. Додати 2 краплі розчину ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 1\%$).

Поява забарвлення в інтервалі від синього до фіолетового вказує на присутність фенолів, а від кроваво-червоного до волошкового – аліфатичних енолів.

Для більшості фенолів та нафтолів характерна інтенсивна кольорова реакція з ферум(III) хлоридом, що зумовлена утворенням комплексних солей (спрощена формула – $(ArO)_3Fe$):



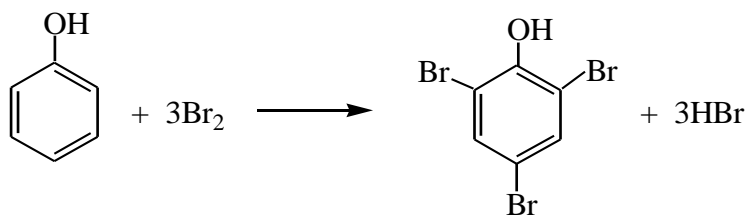
Ці комплексні солі мають фіолетове або синє забарвлення, для деяких заміщених фенолів воно може бути червоним або зеленим.

б) реакція з бромною водою

Одну краплю або кристал досліджуваної речовини струсити з водою об'ємом 1 см^3 , потім по краплям додати надлишок бромної води.

Відбувається знебарвлення розчину і утворення білого осаду.

Феноли з вільними орто- і пара-положеннями знебарвлюють бромну воду і утворюють при цьому продукти заміщення, які звичайно випадають в осад:



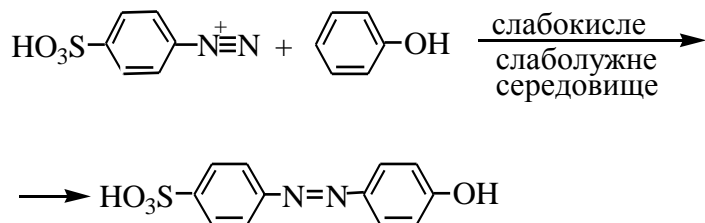
в) реакція з діазосполуками

Декілька краплин або кристал досліджуваної речовини розчинити у розчині натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 15\%$) об'ємом $1,5\text{ см}^3$. Декілька крапель суміші перенести скляною паличкою на шматочек фільтрувального паперу. Поруч нанести декілька крапель розчину п-діазобензенсульфо кислоти таким чином, щоб плями, які утворилися, торкалися. Для виготовлення розчину п-діазобензенсульфо кислоти сульфанілову кислоту масою $0,1\text{ г}$ розчинити у

воді об'ємом 5 см^3 та додати при струшуванні розчин натрій нітрату(III) ($w(\text{NaNO}_2) = 10 \%$) об'ємом $0,5 \text{ см}^3$.

Поява забарвлення у місці перекривання плям розчинів вказує на наявність фенольної групи.

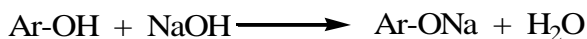
Феноли сполучаються з діазосполуками, утворюючи забарвлені сполуки. Зазвичай для якісної реакції використовують діазотовану сульфанілову кислоту:



г) реакція з лугами

У пробірку помістити декілька кристалів досліджуваної речовини і прилити поступово при струшуванні розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 5 \%$) до повного утворення однорідної рідини.

Феноли розчиняються в розведеному розчині натрій гідроксиду внаслідок утворення розчинних у воді фенолятів:



2.3.6. Якісні реакції енолів

а) реакція з ферум(III) хлоридом

(Дивись якісні реакції на феноли).

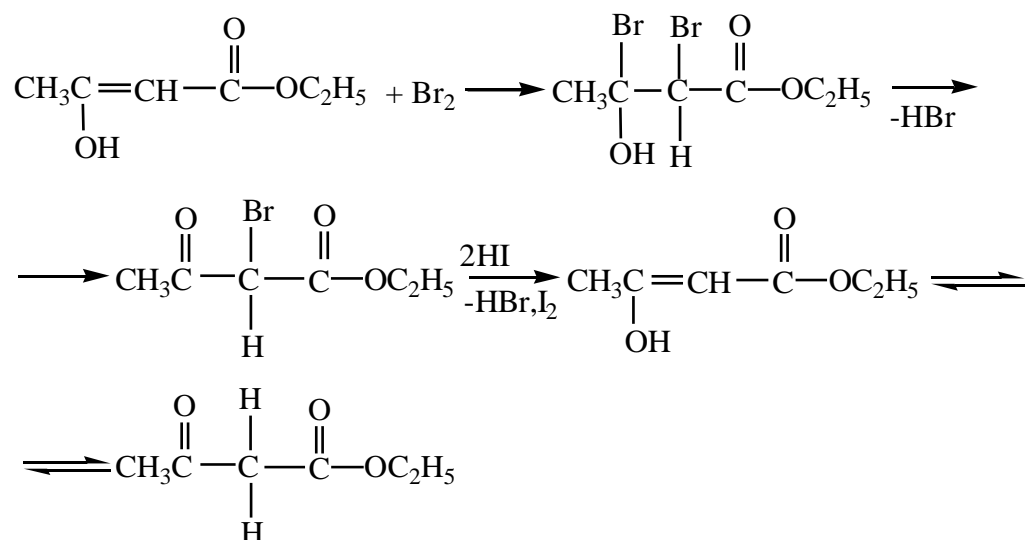
б) реакція з бромом

До краплі енолу додати по краплях насичену бромну воду до зникнення жовтого забарвлення. Надлишок бром у зв'язати мурашиною кислотою. Знебарвлений розчин обробити декількома краплями розчину калій йодиду ($w(\text{KI}) = 5 \%$), після чого додати крохмаль.

Поява синього забарвлення свідчить про позитивну реакцію.

Всі енольні сполуки швидко приєднують бром з проміжним утворенням дибромпохідних, які відщеплюють водень бромід і перетворюються на

α -бромокетони. Такі α -бромокетони окиснюють гідроген йодид. При цьому знову утворюються енольні сполуки і виділяється йод:

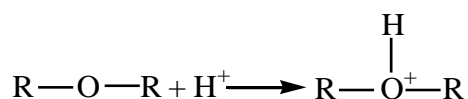


Таким чином, виділення йоду вказує на наявність енолу в досліджуваній пробі.

2.3.7. Якісні реакції етерів

Прості якісні проби на зв'язок C–O–C відсутні і часто висновок про належність речовини до класу етерів роблять на основі негативних проб на інші оксигеновмісні характеристичні групи.

Аліфатичні етери R–O–R можна відрізнити від етерів фенолів Ar–O–R за розчинністю в холодній концентрованій H₂SO₄ або концентрованій HCl. Це пов'язано із здатністю аліфатичних етерів утворювати з кислотами оксонієві сполуки:



2.3.7. Якісні реакції карбонільних сполук

Якісні реакції на карбонільні сполуки багаточисленні і різноманітні, що пояснюється схильністю карбонільних сполук вступати в різні реакції приєднання і заміщення. Альдегіди і кетони поведуться в цих реакціях майже однаково. В деяких випадках існує однак різниця у швидкості перебігу реакції, чим користуються для того, щоб розрізнити карбонільні сполуки різних груп

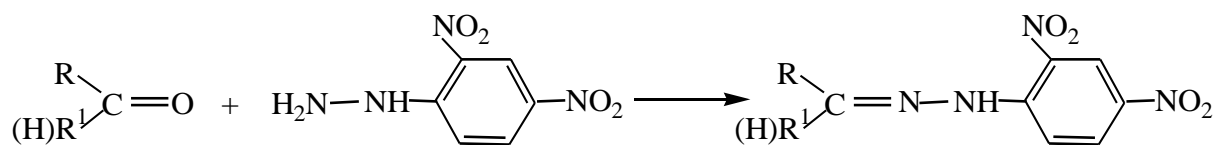
(наприклад, альдегіди і кетони, альдегіди жирного ряду й ароматичні тощо). В якісному аналізі використовується також реакція окиснення.

а) реакція з 2,4-динітрофенілгідразином

У пробірку до розчину 2,4-динітрофенілгідраzinу в хлоридній або сульфатній кислоті об'ємом 1 см³ додати розчин досліджуваної речовини (масою 0,05-0,1 г або об'ємом 0,1 см³ в спирті об'ємом 1 см³). Суміш нагрівати на водяній бані.

При охолодженні випадає жовтий або червоний осад 2,4-динітрофенілгідраzinу карбонільної сполуки.

Карбонільні сполуки можна виявити за реакціями з фенілгідразином і заміщеними фенілгідразинами. Кращі результати дають 2,4-динітрофенілгідраzin, п-нітрофенілгідраzin і п-карбоксіфенілгідраzin:

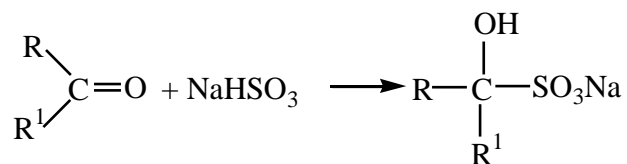


б) реакція з натрій гідрогенсульфатом(IV)

У пробірку вмістити (або налити) досліджувану речовину масою 0,2 г або об'ємом 0,2 см³, додати спирт об'ємом 1 см³ та насичений розчин натрій гідрогенсульфату(IV) об'ємом 1 см³. Пробірку закрити пробкою і сильно струсити.

Утворення кристалічного осаду вказує на наявність карбонільної сполуки

Альдегіди й аліфатичні метилкетони реагують з натрій гідрогенсульфатом(IV) з утворенням кристалічних гідрогенсульфатних(IV) похідних, які є натрієвими солями α-гідроксисульфокислот:



де R¹=H або CH₃.

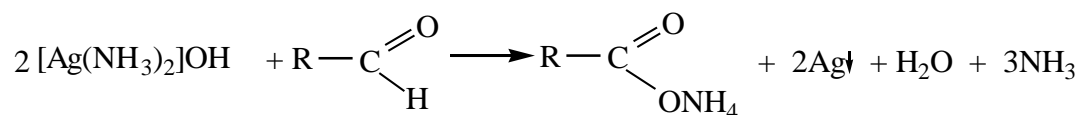
в) реакція з $[Ag(NH_3)_2]OH$ (реакція “срібного дзеркала”, реакція Толленса)

Якщо речовина дає позитивну реакцію на карбонільну групу з 2,4-динітрофенілгідразином, то проводять спеціальні реакції на альдегідну групу.

У аналітичній пробірці змішати свіжовиготовлений розчин аргентум нітрату ($w(AgNO_3) = 10\%$) об'ємом 1 см^3 і розчин натрій гідроксиду ($C(1/1\text{ NaOH}) = 2\text{ моль/дм}^3$) об'ємом 1 см^3 . До суміші по краплях додати розчин амоніаку ($w(NH_3) = 25\%$) до розчинення осаду аргентум гідроксиду, що випав. Додати кілька крапель розчину досліджуваної речовини у спирті.

За наявності альдегіду починається швидке виділення срібла на стінках пробірки.

Амоніачний розчин аргентум оксиду окиснює альдегіди до кислот. Металічне срібло при цьому осідає на стінки пробірки у вигляді дзеркального шару (реакція “срібного дзеркала”):



Але позитивну реакцію дають також багатоатомні феноли, дикетони та деякі ароматичні аміни.

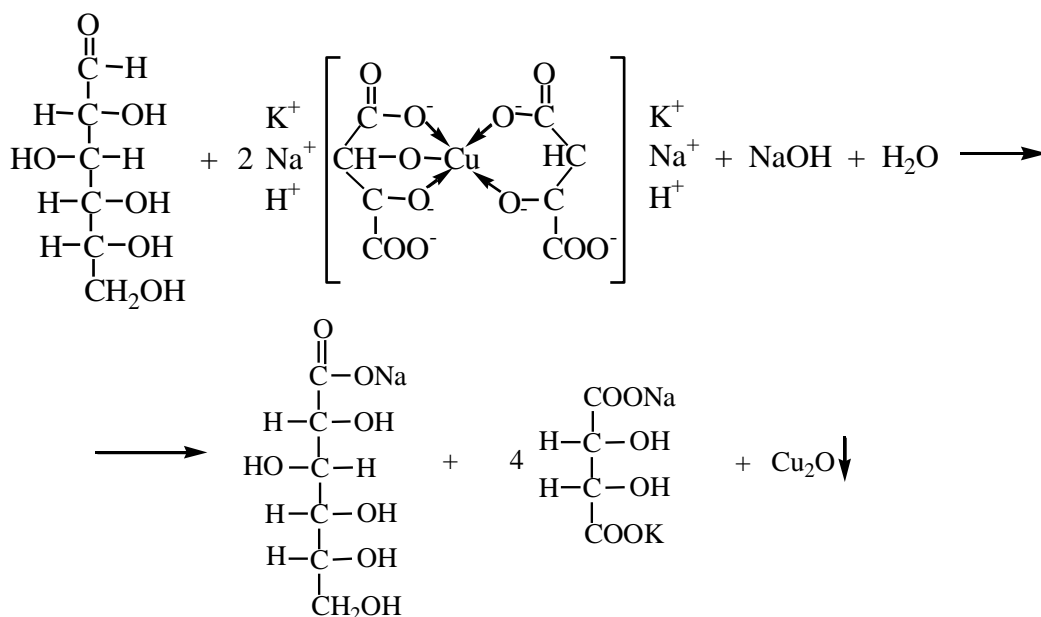
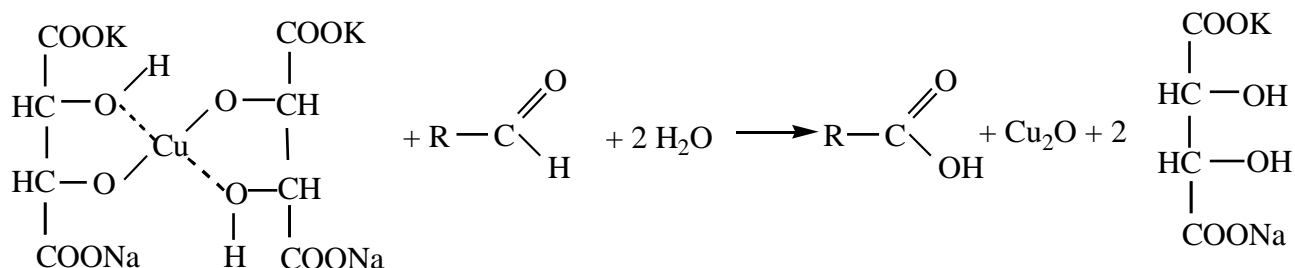
г) реакція з реактивом Фелінга

У пробірці виготовити реактив Фелінга, змішуючи вихідні розчини 1 і 2 об'ємами по 1 см^3 , і додати досліджувану речовину масою $0,05\text{ г}$. Нагрівати суміш 3-5 хв. на киплячій водяній бані.

Поява жовтого або червоного осаду купрум(І) оксиду підтверджує наявність альдегідної групи.

Альдегіди жирного ряду відновлюють двовалентний купрум до одновалентного. Як реактив, що містить йони Cu^{2+} , використовується реактив Фелінга. Його готують безпосередньо перед використанням, змішуючи два

розчини: розчин CuSO_4 і лужний розчин сегнетової солі (калієвонатрієва сіль винної кислоти). При зливанні розчинів утворюється купрум(II) гідроксид, який з сегнетовою сіллю дає комплексну сполуку типу купрум(II) гліколяту:



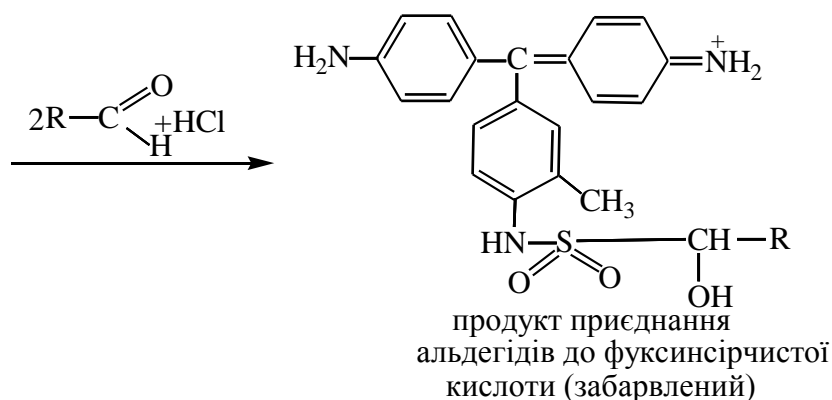
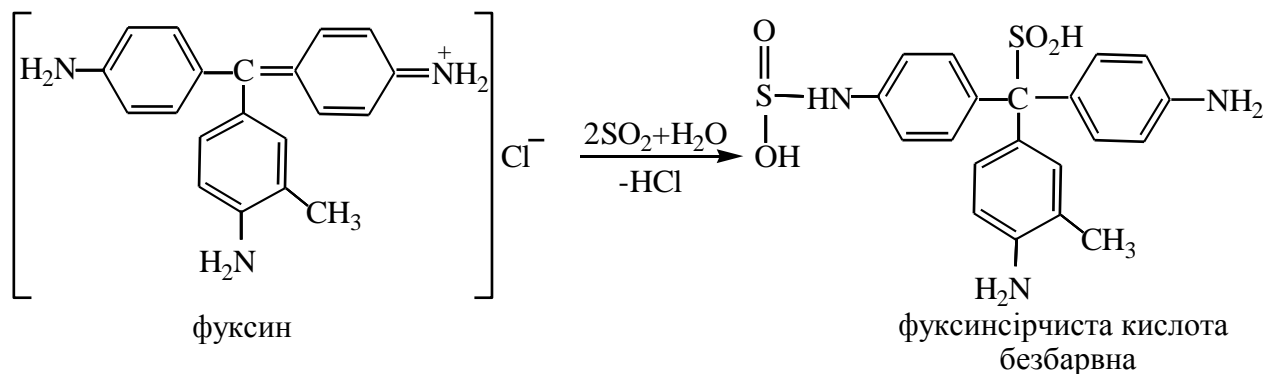
Ароматичні альдегіди в дану реакцію не вступають.

д) реакція з фуксинсірчистою кислотою (реакція Шиффа)

У мікропробірці до свіжовиготовленого безбарвного розчину фуксинсірчистої кислоти об'ємом 1 см^3 додати краплю або кристалик досліджуваної речовини. Струсити.

За наявності альдегіду через кілька хвилин з'являється інтенсивне рожево-фіолетове забарвлення. При додаванні надлишку хлоридної кислоти забарвлені продукти приєднання альдегідів до фуксинсірчистої кислоти знебарвлюються за винятком відповідного похідного формальдегіду, що дозволяє відрізнити його від інших сполук.

Усі альдегіди, метилкетони (що містять групу $\text{CH}_3\text{CO}-$) і найпростіші аліциклічні кетони дають кольорову реакцію з розчином фуксинсірчистої кислоти:



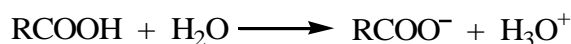
2.3.8. Якісні реакції карбонових кислот

а) визначення кислотності

Краплю водно-спиртового розчину досліджуваної речовини нанести на синій вологий папірець лакмусу, конго або універсального індикатора.

За наявності кислоти індикатор змінює своє забарвлення: лакмус стає рожевим, конго – синім, а універсальний індикатор – від жовтого до помаранчевого.

Карбонові кислоти помітно дисоціюють у водному розчині:



Водно-спиртові розчини мають кислу реакцію на лакмус, конго та універсальний індикатор.

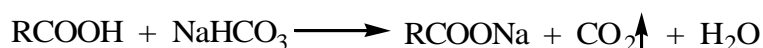
Але сульфокислоти, нітрофеноли і деякі інші сполуки з рухливим “кислим” атомом Гідрогену, які не містять карбоксильну групу, також можуть змінювати забарвлення індикаторів.

б) реакція з натрій гідрогенкарбонатом

У пробірку налити насичений розчин натрій гідрогенкарбонату об'ємом 1-1,5 см³ і додати водно-спиртовий розчин досліджуваної речовини об'ємом 0,1-0,2 см³.

Виділення бульбашок карбон(IV) оксиду вказує на наявність кислоти.

При взаємодії водорозчинних карбонових кислот з натрій гідрогенкарбонатом відбувається виділення карбон(IV) оксиду:

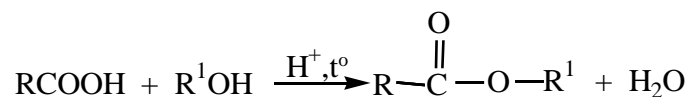


в) реакція естерифікації

У пробірку налити етиловий спирт об'ємом 4 см³, кислоту об'ємом 5 см³, концентровану сульфатну кислоту об'ємом 0,5 см³ і додати кип'ятильний камінець. Пробірку закрити пробкою із зворотнім повітряним холодильником і нагрівати суміш 30 хв. на киплячій водяній бані. Після цього пробірку охолодити і додати надлишок насиченого розчину натрій хлориду.

Суміш розшаровується. Верхній шар – естер, який має специфічний запах.

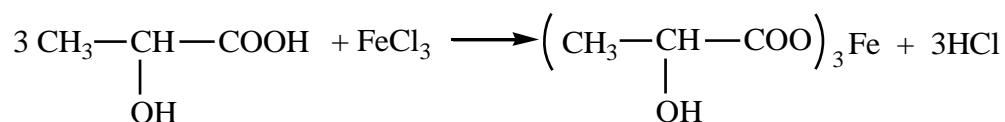
При взаємодії кислот і спиртів між собою у кислому середовищі при нагріванні утворюються естери:



г) реакція на α-гідроксикислоти

У пробірку налити водний розчин фенолу ($w(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 5\%$) об'ємом 0,5 см³, додати 1-2 краплі розчину ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 1\%$). Розчин набуває фіолетового забарвлення. При додаванні до нього 1-2 крапель гідроксикислоти колір розчину змінюється на зеленувато-жовтий.

α-Гідроксикислоти витискують фенол з комплексного феноляту, утворюючи відповідні солі:



Якісні реакції на похідні карбонових кислот

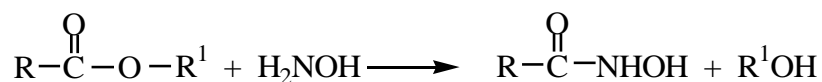
2.3.9. Якісні реакції естерів

а) реакція з гідроксиламіном

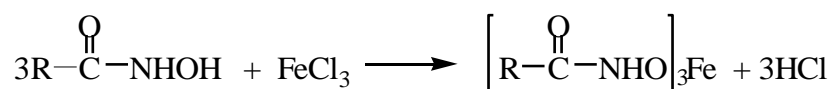
У пробірці нагріти 2-3 краплі естеру з двома краплями насиченого розчину гідроксиламін хлориду у метиловому спирті. Суміш залишити на 1 хв., потім додати 1 краплю насиченого спиртового розчину калій гідроксиду і обережно нагріти до початку кипіння. Після охолодження суміш підкислити 3-5 краплями розчину хлоридної кислоти ($C(\text{HCl}) = 1 \text{ моль/дм}^3$) і додати 1 краплю розчину ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 3 \%$).

У залежності від природи естеру і його кількості виникає рожево-червоне або фіолетове забарвлення.

При взаємодії естерів з гідроксиламіном утворюється гідроксамова кислота:



Гідроксамові кислоти утворюють з ферум (III) хлоридом забарвлені сполуки:



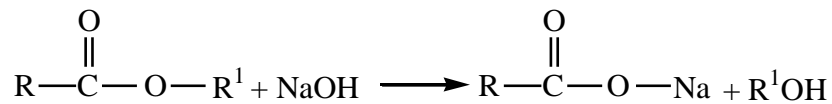
Використання даної якісної реакції є обмеженим, оскільки позитивний результат дають також галогенангідриди, ангідриди кислот і деякі інші сполуки.

б) гідроліз естерів

У пробірці розчинити досліджувану речовину масою 0,05-0,1 г у спирті об'ємом 3 см³. Додати кілька крапель фенолфталеїну і розчин натрій гідроксиду в етанолі ($C(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$) до появи малинового забарвлення суміші. Пробірку нагріти на водяній бані до 40-50 °С.

Зникнення забарвлення вказує на зв'язування лугу кислотою, яка утворюється внаслідок гідролізу естеру. Дана реакція є позитивною пробою на наявність у зразку естеру.

Таким чином, естери виявляють за їх здатністю омилюватися лугами:



2.3.10. Якісна реакція ангідридів карбонових кислот (реакція з гідроксиламіном)

Краплю етерного розчину ангідриду змішати з 1-2 краплями свіжовиготовленого розчину реагенту. Для виготовлення реагенту спиртовий розчин ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 0,5 \%$) підкислити декількома краплями концентрованої хлоридної кислоти і насичити при нагріванні гідроксиламіном хлоридом. Суміш повністю випарувати. Після охолодження додати декілька краплин води.

У залежності від вмісту ангідриду утворюється фіолетове або рожеве забарвлення.

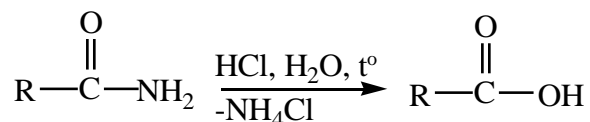
Принцип методу розкрито у якісних реакціях естерів.

2.3.11. Якісна реакція амідів карбонових кислот (гідроліз амідів)

Декілька кристалів досліджуваної речовини або 1-2 краплі її розчину повністю випарувати з 1-2 краплями концентрованої хлоридної кислоти. Надлишок гідроген хлориду відокремити нагріванням до $120 \text{ }^\circ\text{C}$. Для ідентифікації амоній хлориду до залишку додати краплю розчину лугу ($\text{C}(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$), накрити отвір пробірки шматочком фільтрувального паперу, який змочений реактивом Неслера і трохи нагріти.

Утворення коричневої або жовтої плями вказує на гідроліз амідів.

Аміди гідролізуються хлоридною кислотою з утворенням амоній хлориду:



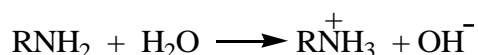
2.3.12. Якісні реакції амінів

а) основність амінів

Краплю водного розчину досліджуваної речовини нанести на індикаторний папір (лакмус, фенолфталеїн, універсальний папір).

Зміна забарвлення індикатора вказує на присутність амінів.

Аліфатичні аміни як сильні основи здатні змінювати забарвлення таких індикаторів як червоний лакмус, фенолфталеїн, універсальний індикаторний папір:



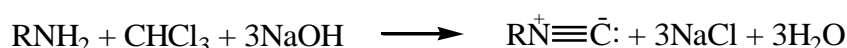
У залежності від будови аміну його основність змінюється у великому діапазоні. Тому краще використовувати універсальний індикаторний папір.

б) ізонітрильна проба

Одну краплю або декілька кристалів досліджуваної речовини розчинити у спирті, додати розведений розчин натрій гідроксиду об'ємом 1-2 см³ і кілька крапель хлороформу, суміш нагрівати у витяжній шафі до кипіння.

Поява сильного неприємного запаху ізонітрилу вказує на присутність первинного аміну. Після закінчення досліду до ізонітрилу необхідно додати концентрований розчин хлоридної кислоти з метою його руйнування.

Аліфатичні й ароматичні первинні аміни здатні утворювати ізонітрили, які мають неприємний запах:



в) реакція з нітратною(III) кислотою

1. До охолодженого льодом до 2-5 °С солянокислого розчину досліджуваної речовини масою 0,08-0,1 г додати по краплях розчин натрій нітрату(III).

Виділення газу вказує на наявність первинного аліфатичного аміну.

2. До охолодженого солянокислого розчину досліджуваної речовини додати розчин натрій нітрату(III). До одержаного прозорого розчину додати слаболужний розчин β-нафтолу.

Якщо утворюється забарвлений осад, то речовина є первинним аміном.

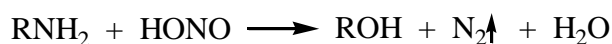
3. У пробірку вмістити одну краплю або кілька кристалів досліджуваної речовини, 2 краплі хлоридної кислоти, 3 краплі розчину натрій нітрату(III) ($w(\text{NaNO}_2) = 30\%$). Змішування проводити при охолодженні шматочками льоду.

Суміш забарвлюється у жовто-бурий колір внаслідок утворення солянокислої солі нітрозосполуки.

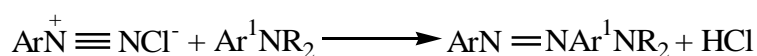
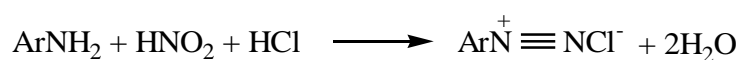
Для виділення вільної С-нітрозосполуки у пробірку поступово додати по краплях розчин соди ($w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5\%$) до появи зеленого забарвлення, а потім – етер об'ємом 2 см^3 і струсити.

Етерний шар стає зеленим завдяки С-нітрозосполуці. Це свідчить про те, що досліджувана речовина була третинним аміном.

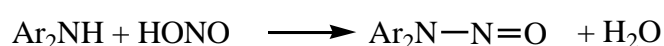
Відрізнити первинні аліфатичні аміни від ароматичних можна реакцією з нітратною(III) кислотою. Первинні аліфатичні аміни при дії нітратної(III) кислоти перетворюються на відповідні спирти, при цьому виділяється азот:



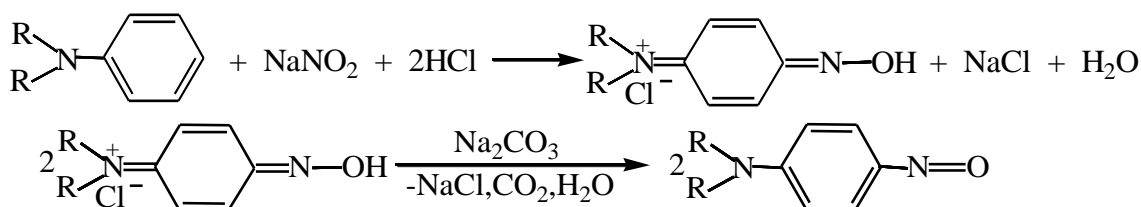
Ароматичні первинні аміни при реакції з нітратною(III) кислотою перетворюються на діазосполуки, які дають з нафтолами і третинними жирноароматичними амінами азобарвники яскравого кольору:



Вторинні аміни (як аліфатичні, так і ароматичні) при дії нітратної(III) кислоти утворюють нітрузоаміни:



Аліфатичні й ароматичні третинні аміни не реагують з нітратною(III) кислотою. Жирноароматичні третинні аміни при обробці HNO_2 утворюють С-нітрозосполуки:

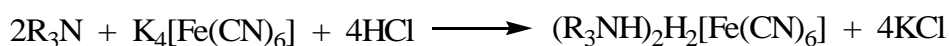


г) реакція з калій гексаціанофератом(II)

До двох крапель або кількох кристалів досліджуваної речовини додати воду об'ємом 2 см³ і ретельно перемішати. Цю суміш додати до концентрованої розчину калій гексаціаноферату(III) об'ємом 1-2 см³.

При підкисленні хлоридною кислотою випадає осад алкіл- або ариламоній гексаціаноферату(III).

Для третинних амінів усіх типів характерна реакція з комплексними солями, наприклад з калій гексаціанофератом(II):



Кислий алкіламоній гексаціаноферат(III) або арилмоній гексаціаноферат(III) випадає в осад.

д) відкриття первинних і вторинних аліфатичних амінів пробою з натрій нітропруссидом

1. Змішати краплю ацетону з краплею свіжовиготовленого розчину натрій нітропрусида ($w(\text{NaNPP}) = 1\%$) і додати одну краплю досліджуваної речовини.

У випадку присутності первинного аміну з'являється червоно-фіолетове забарвлення.

2. Краплю досліджуваної речовини змішати з краплею свіжовиготовленого розчину натрій нітропрусида ($w(\text{NaNPP}) = 1\%$), що містить 10% за об'ємом оцтового альдегіду. Лужне середовище суміші забезпечити шляхом додавання двох краплин розчину натрій карбонату ($w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5\%$).

Поява синьо-фіолетового забарвлення вказує на наявність вторинного аліфатичного аміну.

Первинні аліфатичні аміни з ацетоном і натрій нітропруссидом утворюють сполуки, забарвлені у червоно-фіолетовий колір. Вторинні

аліфатичні аміни при взаємодії з альдегідом і натрій нітропрусидом утворюють сполуки, забарвлені у синьо-фіолетовий колір.

ж) відкриття третинних амінів реакцією з лимонною кислотою і оцтовим ангідридом

Краплю розчину (хлоридну кислоту масою 2 г розчинити у оцтовому ангідриді об'ємом 100 см³) змішати з кристалами або краплею досліджуваної речовини. Нагрівати суміш на киплячій водяній бані.

За наявності третинних амінів з'являється пурпурово-червоне забарвлення.

Хімізм процесу не встановлено.

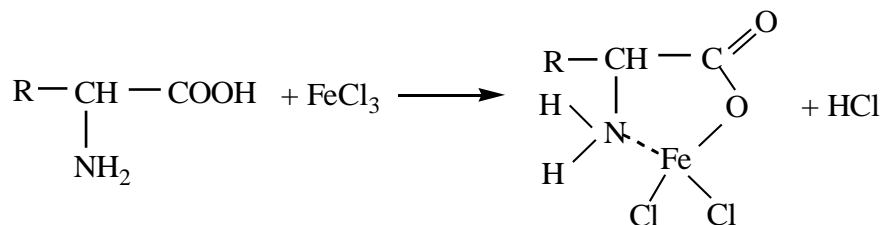
2.3.13. Якісні реакції амінокислот

а) реакція α -амінокислот з ферум(III) хлоридом

До досліджуваної речовини масою 0,05 г, яка розчинена у воді об'ємом 1 см³, додати розчин ферум(III) хлориду ($w(\text{FeCl}_3) = 3\%$).

Забарвлення, що виникає, доводить присутність α -амінокислот.

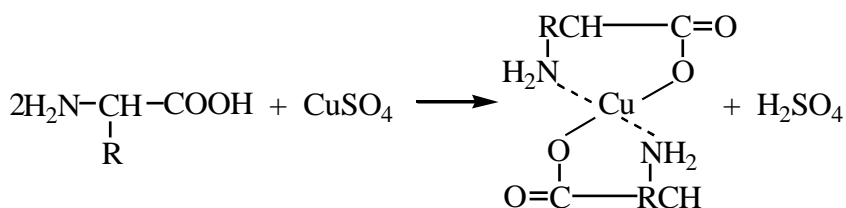
При дії FeCl_3 у водних розчинах на амінокислоти утворюються хелати, забарвлені у червоний колір:



При додаванні мінеральних кислот забарвлення зникає.

б) реакція з солями купруму

До розчину досліджуваної речовини ($w(\text{амінокислоти}) = 1\%$) об'ємом 1 см³ внести кристалик мідного купоросу і кристалик натрій ацетату:



У слабкокислих середовищах α -амінокислоти утворюють з солями купруму яскраво-синє забарвлення.

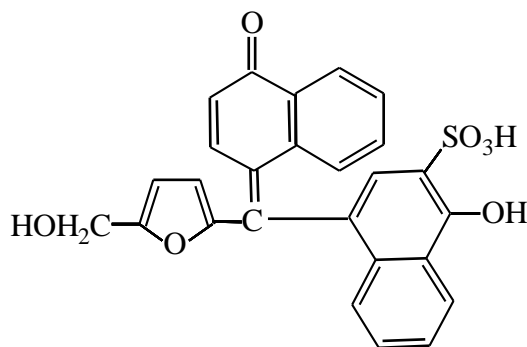
2.3.14. Якісні реакції вуглеводів

а) реакція з α -нафтолом (реакція Моліша)

У пробірку внести вуглевод масою 0,01 г і 2 краплі свіжовиготовленого спиртового розчину α -нафтолу ($w(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}) = 10\%$). Обережно з маленької піпетки по стінці пробірки додати концентровану сульфатну кислоту об'ємом 1 см^3 таким чином, щоб вона опустилася на дно, не змішуючись з водним шаром.

За наявності вуглеводів на межі шарів з'являється червоно-фіолетове забарвлення. Реакція дуже чутлива.

При дії сульфатної кислоти на різні вуглеводи (крім моносахаридів) спочатку відбувається гідроліз. Моносахарид, що утворюється, конденсується з 5-гідроксиметилфурфуролом. Останній конденсується з двома молекулами α -нафтолу у хіноїдну структуру, яка потім сульфатується. Утворюється яскраво забарвлена червоно-фіолетова сполука хіноїдного типу:



б) взаємодія сахаридів з солями купруму (II) у лужному розчині (реакція Троммера)

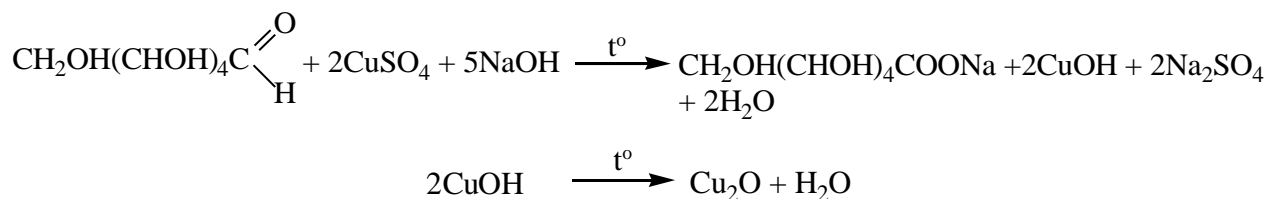
Розчин моно- або дисахариду ($w(\text{вуглеводу}) = 2\%$) об'ємом 2 см^3 внести у розчин натрій гідроксиду ($C(1/1\text{NaOH}) = 2\text{ моль/дм}^3$) об'ємом 1 см^3 та додати 2 краплі розчину купрум(II) сульфату ($w(\text{CuSO}_4) = 5\%$).

Гідроксид, що випадає, швидко розчиняється, утворюючи темно-синій розчин внаслідок утворення хелатів купруму з розташованими поруч гідроксигрупами.

Повільно нагрівати верхню частину пробірки у полум'ї пальника до початку кипіння.

У присутності відновлюючих сахаридів синій колір зникає, з'являється жовтий або червоно-коричневий осад. Якщо сахарид невідновлюючий, то зміна кольору не спостерігається.

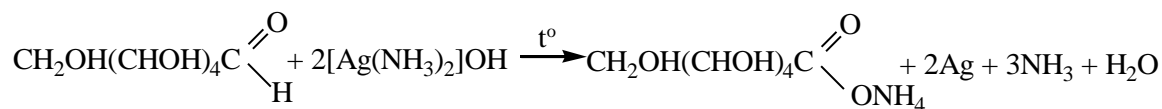
Розчини відновлюючих сахаридів у лужному середовищі відновлюють купрум(II) оксид до геміоксиду, окиснюючись до альдонових кислот:



в) взаємодія альдоз з амоніачним розчином аргентум оксиду (реакція “срібного дзеркала”)

Техніка виконання досліду наведена у якісних реакціях оксосполук.

Альдози відновлюють амоніачний розчин аргентум гідроксиду до металічного срібла:

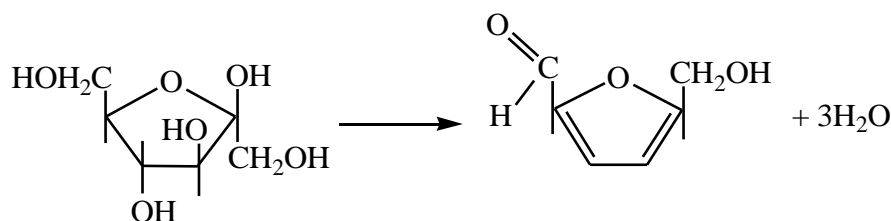


г) реакція Селіванова на кетози

Змішати розчин кетози ($w(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3\%$) об'ємом 1 см^3 з реактивом Селіванова об'ємом 2 см^3 і нагрівати 2-3 хв. на киплячій водяній бані.

Поява яскраво-чорного забарвлення вказує на присутність кетози.

При нагріванні кетоз з хлоридною кислотою утворюється оксиметилфурфурол. Рівняння для фруктози має вигляд:



Гідроксиметилфурфурол з резорцинолом утворює сполуку (продукт конденсації), яка забарвлена у червоно-вишневий колір.

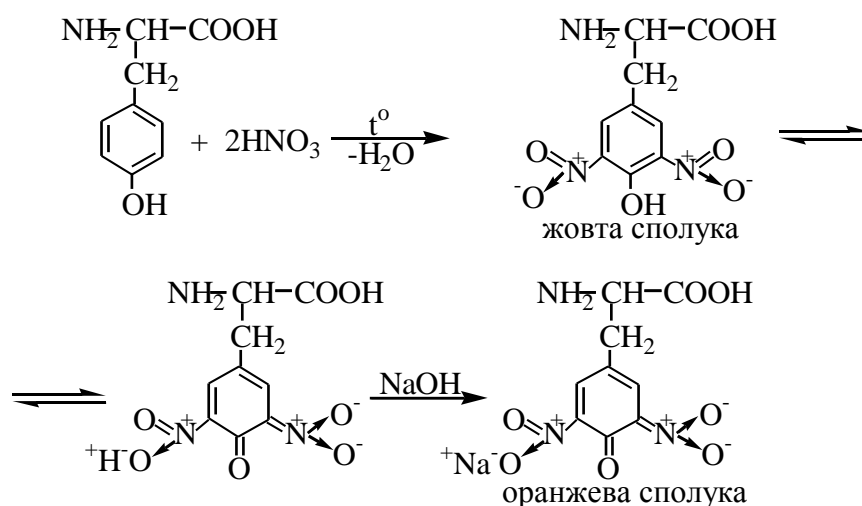
2.3.14. Якісні реакції білків

а) ксантопротеїнова реакція

У пробірку внести розчин білка ($w(\text{білка}) = 1 \%$) об'ємом 1 см^3 і концентровану нітратну кислоту об'ємом 1 см^3 .

Ксантопротеїнова реакція вказує на наявність у білках неконденсованих або конденсованих ароматичних ядер, тобто радикалів таких кислот як фенілаланін, тирозин, триптофан. Жовте забарвлення з'являється внаслідок нітрування цих ядер нітратною кислотою і утворення полінітросполук.

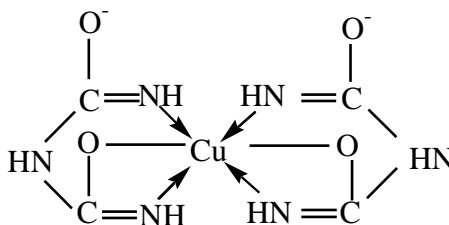
Перехід у лужному середовищі жовтого забарвлення подібних речовин на оранжевий зумовлений утворенням більш інтенсивно забарвлених аніонів. Розглянемо дану реакцію на прикладі тирозину:



б) біуретова реакція

У пробірку з розчином білка ($w(\text{білка}) = 10 \%$) об'ємом 1 см^3 додати розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 10 \%$) об'ємом 1 см^3 і 2 краплі розчину мідного купоросу.

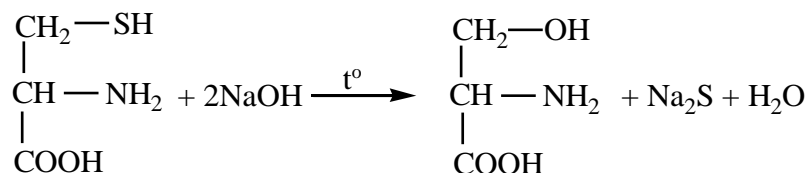
Продукти розпаду білків – пептиди – дають біуретову реакцію. Колір комплексів з Купрумом, які утворюються, визначається кількістю амінокислот, зв'язаних пептидними зв'язками. Дипептиди дають синє забарвлення, трипептиди – фіолетове, тетрапептиди і більш складні пептиди – червоне:



в) реакція на Сульфур

До розчину білка ($w(\text{білка}) = 10\%$) об'ємом 1 см^3 додати розчин натрій гідроксиду ($w(\text{NaOH}) = 30\%$) об'ємом 1 см^3 і 3-4 краплі розчину плюмбум ацетату.

При кип'ятінні цистеїну і цистину в лужному середовищі від них відщеплюється Сульфур у складі гідроген сульфїду, який у лужному середовищі утворює натрій сульфїд:



Утворення натрій сульфїду можна виявити за допомогою йонів плюмбуму. Утворюється нерозчинний плюмбум сульфїд чорного кольору:

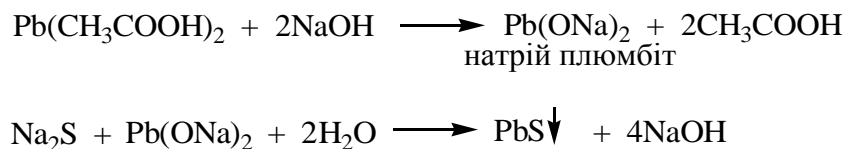
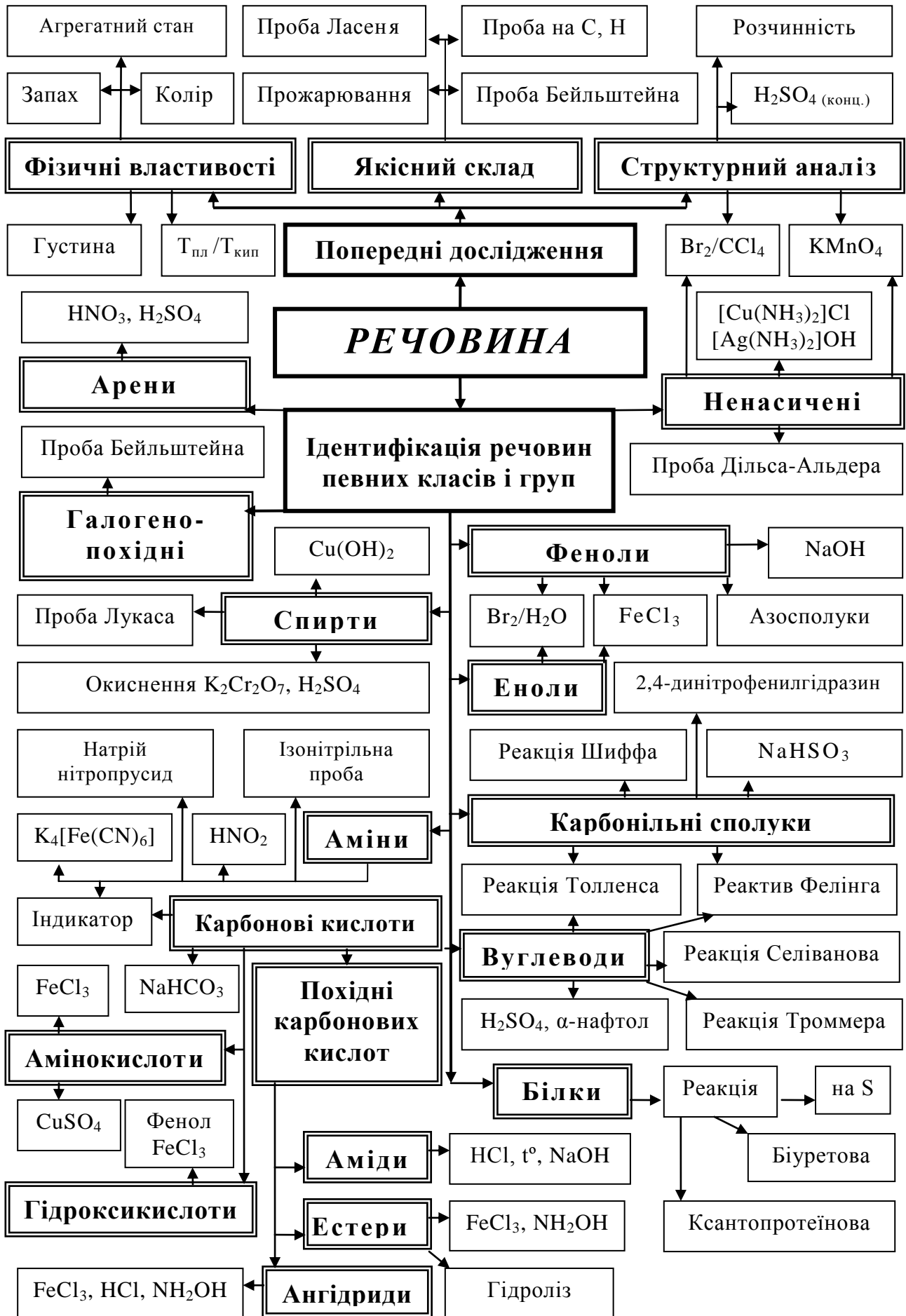


Схема ідентифікації органічних речовин наведена нижче:



РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Виведення формул ізомерів і складання назв органічних сполук

Мета: Набути вміння виводити формули ізомерів та називати їх.

Завдання:

1. Навчитися складати формули органічних речовин за назвою (тривіальною, раціональною, IUPAC).
2. Навчитися виводити формули та називати:
 - а) структурні ізомери;
 - б) конформаційні ізомери;
 - в) конфігураційні ізомери.

Питання самостійної роботи

1. Хімічна будова органічних сполук:
 - а) скелет, характеристична група, гомологічні ряди;
 - б) структурна ізомерія та її види: ізомерія карбонового скелету; ізомерія положення характеристичних груп; валентна ізомерія.
2. Класифікація органічних сполук:
 - а) класифікація за карбоновим скелетом;
 - б) класифікація за характеристичними групами.
3. Номенклатура органічних сполук:
 - а) тривіальна номенклатура;
 - б) раціональна номенклатура;
 - в) IUPAC-номенклатура.
4. Стереохімічна будова:
 - а) стереохімія, стереохімічна конфігурація і конформація, стереоізомерія;
 - б) оптична активність, кут обертання, питоме обертання;
 - в) стереохімія з одним асиметричним атомом, оптичні антиподи, рацемати, R-,S-номенклатура, проєкційні формули Фішера;
 - г) геометрична ізомерія: цис-, транс- та E-,Z-номенклатури;

д) конформаційний аналіз, конформації, проєкції Ньюмена.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 1.

Рекомендована література

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
2. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
3. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
4. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
6. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
7. Потапов В.М. Стереохимия. – М.: Химия. – 1976. – 695 с.
8. Толмачова В.С., Ковтун О.М., Корнілов М.Ю., Гордієнко О.В., Василенко С.В. Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук. – Тернопіль: Навчальна книга. – Богдан.—2008. – 172 с.

Типи задач для розв'язування на занятті

1. За назвою вивести структурну формулу органічної сполуки.
2. За формулою дати всі можливі назви певної органічної речовини.
3. Вивести структурні ізомери і назвати їх.
4. Вивести оптичні ізомери і назвати їх.
5. Зобразити за допомогою проєкцій Фішера енантіомери.
6. Вивести формули і назвати діастереоізомери.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Залежність властивостей органічних сполук від їх складу і будови

Мета: Набути вміння прогнозувати властивості органічних сполук в залежності від їх складу і будови.

Завдання:

1. На основі електронної будови органічних речовин навчитися прогнозувати хімічні властивості органічних речовин.
2. Навчитися порівнювати кислотні і основні властивості органічних речовин.
3. Навчитися порівнювати електрофільні і нуклеофільні властивості органічних сполук.

Питання самостійної роботи

1. Гібридизація атомних орбіталей.
2. Характерні властивості ковалентного зв'язку.
3. Електронні ефекти: індукційний ефект, мезомерний ефект, гіперкон'югація, теорія резонансу.
4. Хімічні властивості органічних речовин (насиченість, ненасиченість, дієновість, ароматичність).
5. Кислотно-основні властивості органічних речовин.
6. Електрофільно-нуклеофільні властивості.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 1, № 2.

Рекомендована література

1. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. – М.: Мир. – 1979. – 832 с.
2. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. – Л.: Химия. – 1979. – 520 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа. – 1992. – 503 с.

4. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир. – 1973. – 1056 с.
5. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
6. Матье Ж., Панико Р. Курс теоретических основ органической химии. – М.: Мир. – 1975. – 556 с.
7. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
8. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
9. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
10. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
11. Речицький О.Н. Реакційна здатність органічних сполук та напрямок проходження деяких органічних реакцій. – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2002. – 76 с.
12. Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. – М.: Мир. – 1968. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 550 с.
13. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.
14. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир. – 1981. – Т. 1. – 678 с., Т. 2. – 651 с.
15. Физер Л., Физер М. Органическая химия. – М.: Химия. – 1970. – Т. 1. – 688 с., Т. 2. – 800 с.

Типи задач для розв'язування на занятті

1. Вказати, якими електронними ефектами можуть володіти наведені групи атомів.
2. Виходячи з формули, передбачити властивості сполуки.
3. Встановити будову сполуки по її властивостям.

4. Розташувати сполуки або частинки в порядку збільшення або зменшення кислотних, основних, нуклеофільних, електрофільних властивостей.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Реакційна здатність органічних сполук та напрямок реакції

Мета: Набути вміння визначати реакційну здатність органічних сполук і напрямок органічних реакцій, виходячи зі стійкості проміжної частинки.

Завдання:

1. Навчитися визначати стійкість проміжної частинки на основі електронної будови.
2. Навчитися проводити порівняльний аналіз реакційної здатності речовин на основі стійкості проміжної частинки.
3. Навчитися визначати напрямок органічних реакцій, виходячи зі стійкості проміжної частинки.

Питання самостійної роботи

1. Класифікація органічних реакцій.
2. Механізми органічних реакцій.
3. Реакційна здатність органічних речовин.
4. Фактори, що впливають на стійкість проміжної частинки.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 2.

Рекомендована література

1. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. – М.: Мир. – 1979. – 832 с.
2. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. – Л.: Химия. – 1979. – 520 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа. – 1992. – 503 с.
4. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир. – 1973. – 1056 с.

5. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
6. Матье Ж., Панико Р. Курс теоретических основ органической химии. – М.: Мир. – 1975. – 556 с.
7. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
8. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
9. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
10. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
11. Речицький О.Н. Реакційна здатність органічних сполук та напрямок проходження деяких органічних реакцій. – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2002. – 76 с.
12. Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. – М.: Мир. – 1968. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 550 с.
13. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.
14. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир. – 1981. – Т. 1. – 678 с., Т. 2. – 651 с.
15. Физер Л., Физер М. Органическая химия. – М.: Химия. – 1970. – Т. 1. – 688 с., Т. 2. – 800 с.

Типи задач для розв'язування на занятті

1. Розташувати йони або радикали у порядку збільшення їх стійкості.
2. На основі стійкості проміжної частинки прогнозувати напрямок реакції.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Синтез органічних сполук

Мета: Набути вміння планувати синтез органічних сполук.

Завдання:

1. Спланувати синтез органічних речовин без зміни довжини ланцюга.
2. Спланувати синтез органічних речовин із зміною довжини ланцюга:
 - а) з подовженням ланцюга;
 - б) з скороченням ланцюга.

Питання самостійної роботи

1. Планування синтезу органічних речовин:
 - а) без зміни довжини ланцюга;
 - б) з подовженням ланцюга;
 - в) з скороченням ланцюга.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 3, 4.

Рекомендована література

1. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии (органический синтез). – М.: Высшая школа. – 1991. – 304 с.
2. Смит В., Бочков А., Кейпл Р. Органический синтез. Наука и искусство. – М.: Мир. – 2001. – 574 с.
3. Пейн Ч., Пейн Л. Как выбрать путь синтеза органического соединения. – М.: Мир. – 1973. – 159 с.

Типи задач для розв'язування на занятті

1. Спланувати синтез речовини:
 - а) без зміни довжини ланцюга;
 - б) з подовженням ланцюга;
 - в) з скороченням ланцюга.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Фізико-хімічні методи встановлення складу та будови органічних сполук

Мета: Набути вміння встановлювати будову органічних сполук за ПМР- і ІЧ-спектрами та складати ПМР-спектри за формулами речовин.

Завдання:

1. Навчитися складати формули органічних сполук за ПМР-спектрами.
2. Навчитися складати ПМР-спектри за формулами органічних сполук.

Питання самостійної роботи

1. ЯМР-, ІЧ-, УФ- та маспектрометрія.
2. ПМР-спектрометрія: число сигналів, положення сигналів, інтенсивність сигналів, розщеплення сигналів.
3. Запис ПМР-спектрів.

Завдання для засвоєння знань та вмінь

Індивідуальне завдання № 2.

Рекомендована література

1. Ионин Б.И., Ершов Б.А. ЯМР-спектроскопия в органической химии. – Л.: Химия. – 1967. – 328 с.
2. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир. – 1973. – 1056 с.
3. Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. – М.: МГУ. – 1979. – 238 с.
4. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.
5. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
6. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
7. Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. – М.: Мир. – 1968. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 550 с.

8. Сильверстейн Р., Басслер Г., Морил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – М.: Мир. – 1977. – 590 с.

9. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир. – 1981. – Т. 1. – 678 с., Т. 2. – 651 с.

Типи задач для розв'язування на занятті

1. За ПМР-спектрами скласти структурні формули органічних сполук.
2. Виходячи зі структурних формул, скласти теоретичні ПМР-спектри органічних сполук.
3. Виходячи зі структурних формул органічних сполук, визначити характеристичні смуги поглинання в ІЧ-спектрі.

Рекомендована література

1. Аверина А.В., Снегирёва А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. – М.: Высшая школа. – 1975. – 208 с.
2. Веселовская Т.К., Мачинская И.В., Прижилголовская Н.М., Горбунова В.М., Сушкевич Ю.И. Вопросы и задачи по органической химии. – М.: Высшая школа. – 1988. – 256 с.
3. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия. – 1973. – 717 с.
4. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. – М.: Мир. – 1979. – 832 с.
5. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии (органический синтез). – М.: Высшая школа. – 1991. – 304 с.
6. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. – Л.: Химия. – 1979. – 520 с.
7. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа. – 1992. – 503 с.
8. Жедек М.С., Ключник Н.П. Лабораторные работы по курсу органической химии. – К.: Техніка. – 1968. – 256 с.
9. Івашина Г.О., Речицький О.Н., Шевряков М.В. Інструкції з охорони праці в лабораторіях кафедри хімії. – Херсон. – 2001. – 16 с.
10. Ионин Б.И., Ершов Б.А. ЯМР-спектроскопия в органической химии. – Л.: Химия. – 1967. – 328 с.
11. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир. – 1973. – 1056 с.
12. Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. – М.: МГУ. – 1979. – 238 с.
13. Каррер П. Курс органической химии. – М.: Госхимиздат. – 1960. – 1216 с.
14. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи. – 2001. – 864 с.

15. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтелект-Захід. – 2004. – 558 с.
16. Матье Ж., Панико Р. Курс теоретических основ органической химии. – М.: Мир. – 1975. – 556 с.
17. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир. – 1974. – 1132 с.
18. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 752 с.
19. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия. – 1975. – 328 с.
20. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия. – 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
21. Пейн Ч., Пейн Л. Как выбрать путь синтеза органического соединения. – М.: Мир. – 1973. – 159 с.
22. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение. – 1972. – 631 с.
23. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа. – 1973. – 624 с.
24. Потапов В.М. Стереохимия. – М.: Химия. – 1976. – 695 с.
25. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений/ Под ред. О.Ф. Гинзбурга, А.А. Петрова. – М.: Высшая школа. – 1981. – 318 с.
26. Речицький О.Н. Реакційна здатність органічних сполук та напрямок проходження деяких органічних реакцій. – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2002. – 76 с.
27. Речицький О.Н., Решнова С.Ф., Бачківський І.П. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму. – Херсон: Айлант. – 2000. – 28 с.

28. Решнова С.Ф., Речицький О.Н. Методичні рекомендації до самостійної роботи з органічної хімії. – Херсон: Видавництво ХДПУ. – 2002. – 92 с.
29. Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. – М.: Мир. – 1968. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 550 с.
30. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия. – 1991. – 448 с.
31. Сильверстейн Р., Басслер Г., Морил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – М.: Мир. – 1977. – 590 с.
32. Смит В., Бочков А., Кейпл Р. Органический синтез. Наука и искусство. – М.: Мир. – 2001. – 574 с.
33. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение. – 1986. – 304 с.
34. Справочник химика. – Л.- М.: Химия – Т. 2. – 1168 с.
35. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир. – 1981. – Т. 1. – 678 с., Т. 2. – 651 с.
36. Толмачова В.С., Ковтун О.М., Корнілов М.Ю., Гордієнко О.В., Василенко С.В. Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан. – 2008. – 172 с.
37. Физер Л., Физер М. Органическая химия. – М.: Химия. – 1970. – Т. 1. – 688 с., Т. 2. – 800 с.
38. Чирва В.Я., Ярмолук С.М., Голкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. – Львів: Бак. – 2009. – 996 с.
39. Шарп Дж., Госни И., Роули А. Практикум по органической химии. – М.: Мир. – 1993. – 240 с.
40. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение. – 1973. – 286 с.

Речицький Олександр Наумович
Решнова Світлана Федорівна

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Практикум з органічної хімії
для студентів II-III курсів спеціальностей Хімія*, Біологія*

*Технічний редактор – Блах Е.І.
Головний редактор – Беляєва О.Ю.*

Підписано до друку 03.03.2010. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 8,14. Наклад 100.

Друк здійснено з готового оригінал-макета у Видавництві ХДУ.
Свідоцтво серія ХС № 33 від 14 березня 2003 р.
Видано Управлінням у справах преси та інформації облдержадміністрації.
73000, Україна, м. Херсон, вул. 40 років Жовтня, 4. Тел.: (0552) 32-67-95.