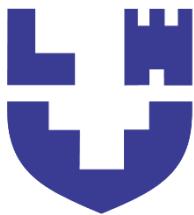


Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Харчові технології»
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G 13 Харчові технології
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 54(07)
О 22

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету митної справи, матеріалів та технологій ЛНТУ,
протокол № ___ від «___» _____ 2025 року.
Голова вченої ради факультету ММТ _____ В.В. Ткачук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ,
протокол № ___ від «___» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри харчових технологій та хімії _____ І.М. Дударев

Укладач: _____ В.Я. Шемет, кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Рецензент: _____ О.І. Гулай, доктор педагогічних наук, професор кафедри цифрових освітніх технологій ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ І.М. Дударев, д.т.н., професор, завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ.

О-22 **Органічна хімія** [Текст]: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Харчові технології» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G 13 Харчові технології денної та заочної форм навчання денної та заочної форм навчання. / уклад. В.Я. Шемет – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 84 с.

Видання містить методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Органічна хімія».

Призначене для студентів спеціальності G 13 Харчові технології денної та заочної форм навчання.

© Шемет В.Я. 2025

ВСТУП

Органічна хімія є однією із основних дисциплін природничо-наукової підготовки бакалаврів спеціальності «Харчові технології». Завдання дисципліни – пізнання студентами загальних законів, які пов'язують будову та властивості органічних сполук, вивчення методів синтезу та хімічних властивостей органічних речовин, а також їх застосування у харчових технологіях. Метою є формування у студентів цілісного хімічного мислення, яке дозволить, опираючись на будову органічних сполук, прогнозувати їх реакційну здатність, властивості та сфери застосування.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з хімії складені для 15-ти чотиригодинних занять. Для кожної теми подані теоретичні відомості, докладний опис методики виконання експерименту й обчислень, контрольні питання для самостійної роботи студентів.

Перед початком лабораторного практикуму кожен студент повинен добре засвоїти правила роботи і техніку безпеки в хімічній лабораторії, а також способи надання у разі необхідності першої допомоги.

У процесі вивчення дисципліни «Органічна хімія» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- захист лабораторних робіт;
- модульна контрольна робота;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- оцінювання результатів КППЗ;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- екзамен.

Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни "Органічна хімія" виконується упродовж семестру. Виконання його є обов'язковою умовою успішного вивчення курсу та отримання позитивної оцінки.

КППЗ оцінюється за 100-бальною шкалою. Виконання КППЗ є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту.

Підсумковий контроль у вигляді екзамену проводиться за умови виконання та захисту студентами всіх запланованих лабораторних робіт та успішному виконанні модульних контрольних робіт.

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Органічна хімія» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Заліковий модуль 1 (захист робіт, модульна контрольна робота)	Заліковий модуль 2 (захист робіт, модульна контрольна робота)	Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КПІЗ)	Заліковий модуль 4
30%	30%	10%	30%
9-й тиждень	17-й тиждень	18-й тиждень	екзамен

Таблиця відповідності шкали оцінювання

За шкалою Луцького НТУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

Теми лабораторних занять

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи органічної хімії. Вуглеводні. Оксигеновмісні органічні сполуки.	
1	Лабораторне заняття 1. Порядок роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії. Основні види хімічного посуду.
2	Лабораторне заняття 2. Способи очистки органічних речовин.
3	Лабораторне заняття 3. Алкани. Алкени
4	Лабораторне заняття 4. Алкіни. Арени.
5	Лабораторне заняття 5. Властивості спиртів та фенолів.
6	Лабораторне заняття 6. Властивості альдегідів та кетонів.
7	Лабораторне заняття 7. Властивості карбонових кислот.
8	Лабораторне заняття 8. Синтез естерів. Властивості жирів.
Змістовий модуль 2. Поліфункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки. Встановлення будови органічних речовин.	
9	Лабораторне заняття 9. Властивості гідроксикислот.
10	Лабораторне заняття 10. Вуглеводи.
11	Лабораторне заняття 11. Амінокислоти. Білки.
12	Лабораторне заняття 12. Властивості гетероциклів.
13	Лабораторне заняття 13. Якісне визначення основних класів органічних сполук.
14	Лабораторне заняття 14. Інфрачервона та ультрафіолетова спектроскопія.
15	Лабораторне заняття 15. Спектроскопія протонного магнітного резонансу.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Лабораторна робота № 1

Тема: Порядок роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії. Основні види хімічного посуду.

Мета: Засвоїти правила техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії. Ознайомитись із основними видами хімічного посуду, особливостями його застосування.

I. ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

При роботі у хімічній лабораторії необхідно дотримуватись наступних правил:

1. Працювати старанно і уважно, дотримуватись тиші.
2. На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Портфелі, головні убори, тощо повинні знаходитись в спеціально відведеному в лабораторії місці.
3. При виконанні експериментів дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних в методичних рекомендаціях.
4. Уважно спостерігати за ходом досліду і відмічати кожен його особливості і зміни (випадання або розчинення осаду, зміну забарвлення, температури, виділення газу тощо).
5. Оформлення лабораторної роботи необхідно підготувати вдома (п.1-4) та закінчити відразу після виконання досліду в лабораторному зошиті за наступною схемою:
 1. Дата, номер і тема лабораторної роботи.
 2. Номер і назва досліду.
 3. Короткий зміст або умови проведення досліду.
 4. Схема або малюнок приладу.
 5. Спостереження і результати.
 6. Рівняння реакцій.
 7. Розрахунки.
 8. Висновки.
6. Без дозволу викладача забороняється проводити експерименти, не вказані в інструкції.
7. Зберігати своє робоче місце чистим. Пролиту воду чи реактив витерти, дотримуючись обережності. Розбите скло, шматки паперу, залишки твердих речовин, металів, тощо викидати в урну чи в спеціальну посудину, але не у зливну раковину.
8. Після закінчення роботи привести до порядку своє робоче місце і здати його черговому, який виключає світло, газ, воду.

II. ПРАВИЛА РОБОТИ З РЕАКТИВАМИ

1. На кожній склянці з реактивом повинна бути етикетка з назвою і концентрацією реактиву (для розчинів).
2. Реактиви слід витрачати економно. Сухі реактиви з баночок брати чистим шпателем чи спеціальною ложечкою. Наливаючи рідкі реактиви, склянку слід тримати етикеткою до себе.
3. Реактиви загального користування, що знаходяться на спеціальних полицках або у витяжних шафах, забороняється заносити на свої робочі місця.
4. Після використання реактиву склянку слід відразу ж щільно закрити тим самим корком і поставити на місце. Не можна тримати реактиви відкритими і, закриваючи, плутати корки.
5. Не зсипати і не зливати реактиви, що були взяті в надлишку, назад в склянку: це може зіпсувати весь реактив в склянці.
6. Якщо реактив відбирають піпеткою, то не можна тією ж піпеткою, не вимивши її, брати інший реактив.
7. Не виливати в раковини невикористані концентровані кислоти і луги, а також реактиви, що містять сполуки срібла, ртуті: їх треба зливати в спеціальні склянки.

III. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Всі досліди, при яких виділяються отруйні гази і пара, а також досліди з концентрованими кислотами, проводити у витяжній шафі при включеній вентиляції.
2. Концентровані кислоти і луги наливати в пробірки обережно, слідкуючи за тим, щоб реактиви не попадали на руки і одяг.
3. При розбавленні концентрованих кислот, особливо сульфатної, вливати невеликими порціями кислоту в воду, а не навпаки.
4. Не нюхати гази, що виділяються, близько нахилиючись до посуду. При визначенні запаху газу чи рідини обережно вдихати повітря, злегка направляючи струмінь його від посуду до себе помахом руки.
5. Не працювати з легкозаймистими речовинами поблизу запаленого пальника.
6. При наливанні реактивів не нахилитись над посудом з рідиною, щоб уникнути попадання реактиву на обличчя чи одяг.
7. Не нахилитись над посудом з рідиною, що нагрівається, тому що вона може вибризнути.
8. При нагріванні рідини в пробірці її треба тримати так, щоб отвір пробірки був направлений в бік від себе і від товаришів, що знаходяться поруч.
9. Не залишати шматків металічного натрію на повітрі, не викидати їх в раковину чи в урну з сміттям.
10. При загорянні горючих рідин негайно погасити вогонь, накинувши протипожежну ковдру або засипати полум'я піском.

11. Гарячі предмети брати тільки спеціальними щипцями.
12. Якщо під час роботи пролито кислоту чи луг у великій кількості, негайно повідомити лаборанта чи викладача.
13. Після роботи в лабораторії треба старанно вимити руки.

IV. НАДАННЯ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ

1. При попаданні кислоти на руки або обличчя їх треба негайно витерти сухою ватою, старанно змити уражене місце сильним струменем води, а потім 5% розчином гідрокарбонату натрію (питної соди).

2. При попаданні лугу на руки або обличчя їх потрібно спочатку витерти ватою, змити водою, а потім – 2% розчином борної кислоти.

3. При попаданні лугу або кислоти в очі треба добре помити очі великою кількістю води, а потім 3% розчином гідрокарбонату натрію, якщо в очі попала кислота, або 2% розчином борної кислоти, якщо в очі попав луг, і негайно звернутись до лікаря.

4. При опіках гарячими предметами треба прикласти на обпечене місце вату, змочену етиловим спиртом або 3-5% розчином перманганату калію і перев'язати бинтом. При серйозних опіках необхідно відразу звернутись до лікаря.

5. У випадку порізів рук слід насамперед видавити з рани осколки скла, потім змити кров 2% розчином перманганату калію, змастити рану 3% спиртовим розчином йоду, а тоді забинтувати.

6. При отруєнні необхідно відразу звернутись до лікаря.

ОСНОВНІ ВИДИ ХІМІЧНОГО ПОСУДУ

Хімічний скляний посуд поділяють на групи за призначенням: загальний; спеціальний; мірний; за матеріалом: із простого скла, спеціального, із кварцу.

До групи загального призначення належать ті предмети, які завжди повинні бути в лабораторії і без яких не можна про вести більшість робіт. Такими є: пробірки, лійки прості та мірні, склянки, плоскодонні колби, кристалізатори, конічні колби (Ерленмейєра), колби Бунзена, холодильники, реторти, колби для дистильованої води, трійники, крани тощо.

До групи спеціального призначення належать ті предмети, які використовуються для певної мети, наприклад: апарат Кіппа, апарат Сокслета, прилад К'ельдаля, дефлегматори, склянки Вульфа, склянки Тищенко, пікнометри, ареометри, круглодонні колби, спеціальні холодильники, прилади для визначення температури плавлення і кипіння тощо.

До мірного посуду належать: мірні циліндри і мензурки, піпетки, бюретки та мірні колби.

Пробірки – вузькі циліндричної форми посудини із закругленим дном; вони бувають різних розмірів та діаметра і з різного скла. Звичайні лабораторні пробірки виготовляють із легкоплавкого скла, але для особливих робіт, коли необхідне

нагрівання до високих температур, пробірки виготовляють із тугоплавкого скла і кварцу. Якщо пробірку потрібно нагріти, її слід затиснути в тримачі.

Лійки використовують для переливання рідин, фільтрування тощо. Хімічні лійки випускають різних розмірів, верхній діаметр їх становить 35, 55, 70, 100, 150, 200, 250 і 300 мм. Звичайні лійки мають рівну внутрішню стінку, але для прискореного фільтрування інколи застосовують лійки з ребристою внутрішньою поверхнею. Лійки для фільтрування завжди мають кут 60° і зрізаний довгий кінець (рис. 1). Розподільчі (ділильні) лійки (рис. 1.8) застосовують для того, щоб розділити рідини, які не змішуються (наприклад, вода та олія).



Рис. 1. Лійки

Хімічні стакани – тонкостінні циліндри різної ємності. Вони бувають двох видів: з носиками і без носиків (рис. 2). Стакани виготовляють із тугоплавкого та з хімічно стійкого скла.



Рис. 2. Хімічні стакани

Плоскодонні колби (рис. 3) бувають найрізноманітнішої ємності, починаючи від 50мл і до декількох літрів, з шліфом і без шліфа на горлі. Їх виготовляють із звичайного, а також із кварцового і спеціальних сортів скла. Круглодонні колби, так само як і плоскодонні, бувають різної ємності, зі шліфом на горлі і без нього.

Для перегонки рідини використовують спеціальні колби, наприклад, колби Вюрца (рис. 4) ємністю від 50 мл до 1-2 л; це круглодонні колби з довгим горлом, від якого відходить під кутом довга, вузька відвідна трубка. Під час роботи в горло колби Вюрца щільно вставляють коркову або гумову пробку з термометром, а бокову трубку приєднують на пробці або до шліфа холодильника.

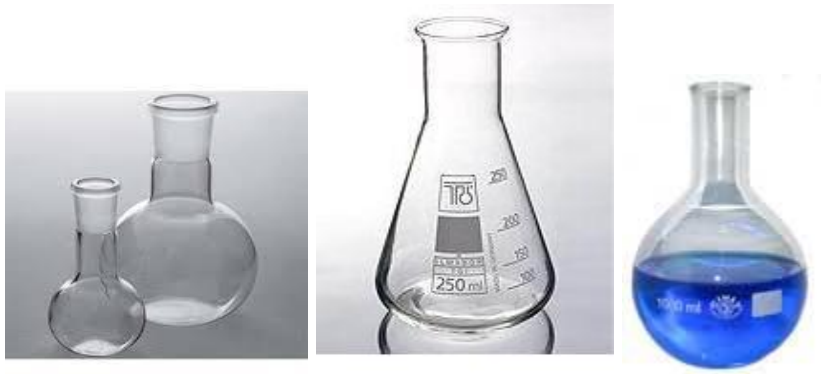


Рис. 3. Плоскодонні та круглодонні колби



Рис. 4. Колби Вюрца і Клайзена

Термометр встановлюють так, щоб його резервуар не торкався стінок шийки і був посередині її проти отвору відведеної трубки. Пробки на бокову трубку одягають так, щоб кінець трубки, який буде встановлено в холодильник, входив у нього не менше, ніж на 4-5 см.

Коли колба підготовлена, її закріплюють у лапці на штативі, розміщують на баню або азбестову сітку і потім приєднують до неї холодильник.

Перед початком роботи пробку з термометром виймають, в горло вставляють лійку з кінцем такої довжини, щоб він був нижче рівня відповідної трубки, і в колбу наливають рідину, яку потрібно перегнати. Коли рідина заповнить об'єм колби максимум на 3/4, послідовно закривають пробкою з термометром, перевіряють ще раз весь прилад і починають перегонку.

Колба Клайзена (рис. 4) відрізняється від колби Вюрца тим, що її горло має дві шийки, причому одна забезпечена відвідною трубкою колінчастої форми. Інколи шийки бувають з одним або декількома шароподібними розширеннями. Колби Клайзена застосовують для перегонки рідин під зниженим тиском.

Колби Бунзена використовують для фільтрування із застосуванням вакуум-насоса. Колба для відсмоктування (рис. 5) має тубус, який міститься в її верхній частині, він з'єднується гумовою трубкою із запобіжною склянкою, а потім вакуум-насосом. У горло колби вставляють лійку, закріплену в гумовій пробці. Колби для відсмоктування бувають різної форми. Найчастіше в лабораторіях зустрічаються колби конічної форми як найбільш стійкі і зручні.



Рис. 5. Колба для фільтрування під вакуумом (Бунзена)

Холодильники – прилади, які застосовуються для охолодження і конденсації парів. Залежно від умов роботи, рідина, яка утворилася в холодильнику при охолодженні парів (конденсат), повинна відводитись у приймач, або повертатися в ту посудину, в якій проводять нагрівання. Ця різниця в призначенні холодильників визначає їх форму і назву. Холодильники, які призначені для збирання конденсату, називають прямими, а холодильники, із яких конденсат повертається в процес, називають зворотними.

Прямі холодильники (Лібіха). У лабораторіях дуже поширені холодильники Лібіха (рис. 6), які складаються із довгої скляної труби (форштоса), один кінець якої розширений. Цю трубку пропускають через скляну або металеву сорочку, чи муфту і закріплюють відрізками гумової трубки, насадженими на кінець муфти. Кінці муфти (перпендикулярно до її осі) розташовано на одному відводі, на них одягають гумові трубки, одну із яких, яка міститься біля вузького кінця форштоса, з'єднують з водопровідним краном, а другу відводять у стічну трубу. При такому приєднанні трубок вода в холодильнику рухається назустріч парам охолоджуючої рідини.

Під час приєднання холодильника необхідно дотримуватися таких правил: вода повинна надходити в холодильник завжди з нижнього опущеного кінця і виходити з верхнього припіднятого. Холодильна сорочка (муфта) повинна бути завжди заповнена водою. Інакше за умов довготривалої перегонки холодительна трубка дуже нагрівається і на межі з рівнем води може тріснути.

Зворотні холодильники можуть бути кулькові (холодильники Алліна), змішувальні (рис. 6) та інших форм. Холодильник Алліна встановлюють тільки у вертикальному положенні, а не в похилому, так як в останньому випадку в кульках буде збиратися сконцентрована рідина, яка перешкоджає правильному відбору фракцій.

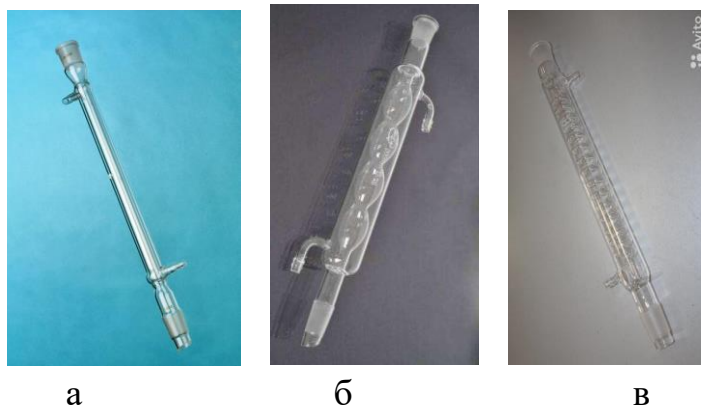


Рис. 6. Прямий холодильник Лібіха (а). Зворотні холодильники: б – кульковий (Алліна) , в – змійовиковий

Алонжі – скляні зігнуті трубки (рис. 7). Алонжі застосовують при перегонці для з'єднання холодильника з приймачем та при інших роботах.

До широкого кінця алонжа спочатку підбирають пробку, в якій просвердлюють отвір для форштоса холодильника. Форштос холодильника повинен входити в алонж на 3-4 см. Вузкий кінець алонжа опускають у приймач.



Рис. 7. Алонж

Ексикатори – прилади для повільного висушування і зберігання речовин, що легко вбирають вологу із повітря. Ексикатори закривають скляними кришками, краї яких притерті до верхньої частини циліндра. Розрізняють два основні типи ексикаторів: звичайні (рис. 1.41) і вакуум-ексикатори (рис. 8).



Рис. 8. Ексикатор

Найбільш зручні прилади, частини яких з'єднуються шліфами, бо пришліфовані з'єднання дуже надійні і забезпечують повну герметичність приладу.

Існують стандартні розміри шліфів, що дає можливість замінити розбиту частину приладу іншого з шліфами, того ж номера. Номер шліфа визначається його найбільшим діаметром. Шліфи при з'єднанні частин слід добре притирати. Якщо дозволяють умови роботи, їх корисно змащувати тонким шаром спеціальних змазок для більш легкого з'єднання і роз'єднання пришліфованих частин, а також для більш надійної герметичності місць з'єднання.

Лабораторна робота № 1

Тема: Способи очистки органічних речовин.

Мета: Засвоїти основні способи очистки органічних сполук.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Які етапи включає процес кристалізації? Вимоги до розчинника. Описати методику перекристалізації.
2. Навіщо додають активоване вугілля при проведенні перекристалізації?
3. Як розрізняють перегонки за умовами проведення? Які типи перегонки ви знаєте? У яких випадках вони застосовуються?
4. Закон Рауля. Відносна леткість.
5. Які рідкі суміші можна розділити?
6. Що таке ректифікація?
7. Закони Коновалова. Азеотропні суміші.
8. Як проводити перегонку при атмосферному тиску?
9. Як проводити сублимацію?
10. Для чого використовується екстракція? Опишіть методику її проведення.
11. Що таке коефіцієнт розподілення?
12. Як працює апарат Сокслета?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Органічні речовини, що виділені із природних джерел (чи одержані синтетично), часто забруднені різними домішками. Ось чому, перш ніж приступити до вивчення органічних сполук, необхідно одержати їх у чистому вигляді.

Для виділення і очищення органічних сполук застосовуються такі методи: кристалізація, сублимація, екстракція, перегонки, хроматографія (на папері, на колонках з адсорбентом, тонкошарова) та ін. Показниками ступеню чистоти одержаної органічної речовини є фізичні константи: температура плавлення (загустіння), температура кипіння (замерзання), питома вага (густина), показник заломлення світла, молекулярна рефракція та ін.

Кристалізація - один з найширше застосовуваних методів очищення твердих речовин, а також розділення сумішей. Принцип даного методу ґрунтується на різній розчинності речовин в розчиннику залежно від його температури.

Процес кристалізації включає:

- 1) приготування нагрітого насиченого розчину речовини у відповідному розчиннику;
- 2) фільтрування гарячого розчину від нерозчинених домішок,
- 3) охолодження розчину, яке призводить до кристалізації,
- 4) відділення кристалів від маточного розчину,
- 5) сушка кристалів.

Для успішного проведення кристалізації важливе значення має правильний вибір розчинника. Одна з головних вимог до розчинника полягає в тому, щоб останній розчиняв речовину, яку потрібно кристалізувати, значно краще при нагріванні, ніж на холоді. Розчинник не повинен розчиняти домішки (в такому випадку їх можна буде відфільтрувати) або, навпаки, повинен розчиняти їх дуже добре (тоді при охолодженні розчину вони не випадуть разом з основним продуктом і залишаться в маточному розчині). Відомості про розчинність органічних сполук можна знайти в довідковій літературі, а якщо такі дані відсутні, то підбирають відповідний розчинник на основі пробних дослідів в пробірках. При цьому треба мати на увазі, що “подібне розчиняє подібне”.

Гарячий розчин, насичений речовиною, яку потрібно кристалізувати, відфільтровують від нерозчинених домішок, потім фільтрат охолоджують. Осад, що випадає при охолодженні, відділяють фільтруванням, промивають свіжим розчинником, а потім сушать. Для більш повного виділення осаду охолодження можна проводити у охолоджуючих сумішах.

При розчиненні органічних сполук, що містять смолисті домішки, останні можуть надати забарвлення розчину. Забарвлені домішки, як правило, ускладнюють кристалізацію основного продукту. Ці домішки за фізико-хімічними властивостями в більшості випадків відрізняються від основного продукту і можуть бути видалені з розчину за допомогою адсорбентів.

Сублімацію (або возгонку) застосовують для очищення твердих речовин, які при нагріванні минаючи рідку фазу (не плавлячись), переходять у пару, яка при охолодженні легко знову конденсується у твердий стан.

Дистиляція, перегонка – процес розділення твердих або рідких речовин (чи їхніх суміші) на складові частини (компоненти) шляхом випаровування з наступною конденсацією без доступу повітря. Процес дистиляції заснований на різній здатності речовин переходити в пароподібний стан у залежності від температури і тиску.

При дистиляції рідину нагрівають у колбі (перегінному кубі) до температури кипіння, пару пропускають через холодильник, де вона збирається, утворюючи очищений від домішок дистилят (наприклад, дистильована вода). Дробова дистиляція слугує для розділення рідин, що киплять при різній температурі. У міру підвищення температури кипіння суміші змінюють приймач і отримують ряд фракцій дистиляту. Повторну дистиляцію для більш досконалого очищення називають ректифікацією.

Шляхом дистиляції неможливо розділити азеотропні суміші рідин, тобто суміші рідин, що киплять при даному зовнішньому тиску при постійній температурі без зміни складу. Прикладом такої суміші є 96 % водний розчин етилового спирту, який кипить за температури 78,17 °С.

Екстракція базується на використанні різниці в розчинності органічних речовин і домішок в тому чи іншому розчиннику. Підбирають відповідний

розчинник, який добре розчиняє необхідну речовину і погано розчиняє домішки. Найчастіше в лабораторії органічної хімії екстрагування проводять з водних розчинів. Для виділення органічних речовин, що розчинені у воді, використовують подільну лійку. Ефір, ацетон, бензол, хлороформ, чотири хлористий вуглець та інші часто використовують як розчинники органічних сполук.

Знаючи коефіцієнт розподілення між обома розчинниками, можна легко визначити, скільки раз доцільно в даних умовах проводити видалення. Найкращого ефекту можна досягнути при неперервному видаленні. Для екстракції розчинної речовини із суміші твердих речовин, наприклад, ефірів, пахучих речовин з квітів, кори дерев тощо, використовують апарат Сокслета, в якому і відбувається багаторазове неперервне видалення.

В багатьох випадках при видаленні з водної фази рекомендують перед тим наситити водний розчин якою-небудь сіллю. В результаті цього коефіцієнт розподілення речовини, як правило, змінюється в сприятливу сторону, полегшується розділення шарів і зменшуються втрати розчинника за рахунок розчинення його у воді.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Кристалізація бензойної кислоти.

У склянку або колбу ємністю на 35 - 50 мл наливають 25 мл води та додають 0,5 г забрудненої бензойної кислоти, зміст нагрівають до початку кипіння; при цьому бензойна кислота повністю розчиняється. Одночасно, в окремій колбі нагрівають воду, яка знадобиться в подальшому для змивання, а також готують пристрій для гарячого фільтрування: на дно склянки наливають 2 - 3 мл води так, щоб дно склянки було цілком покрито водою і вільно вставляють конічну лійку зі складчастим фільтром; нагрівають воду до кипіння.

Після того як пари води обігріють лійку, на фільтр обережно виливають гарячий розчин бензойної кислоти. Колбу, у якій проводилося розчинення, двічі споліскують гарячою водою (по 2 - 3 мл).

Гарячий розчин швидко фільтрують через маленький складчастий фільтр. В процесі фільтрування нерозчинні домішки залишаються на фільтрі.

Одержаний гарячий фільтрат ділять на дві частини (А і Б). Фільтрат А швидко охолоджують, занурюючи пробірку в воду з льодом; бензойна кислота випадає при цьому у вигляді маленьких кристалів. Другу частину фільтрату Б залишають повільно охолоджуватися на повітрі (20-25 хвилин); утворюються великі пластинчасті кристали. При роботі з щавлевою кислотою розчиняють 2 г кислоти в 5 мл води та роблять так само, як описано вище. Щавлева кислота кристалізується у вигляді голок; і в цьому випадку величина кристалів теж залежить від швидкості охолодження.

Дослід 2. Сублімація нафталіну.

В стакан насипають 0,5-1 г нафталіну і накривають годинниковим склом. Стакан обережно підігривають на пісочній бані. При цьому пари сублімованого нафталіну охолоджуються на поверхні годинникового скла і осідають на ньому у вигляді кристалів.

На скло необхідно покласти вату, змочену холодною водою. Якщо пари виділяються інтенсивно, стакан знімають з пісочної бані. Після охолодження годинникове скло обережно знімають. На ньому видно чисті кристали нафталіну чи іншої речовини. Домішки, які не сублімуються, залишаються в стакані. Інші прості пристрої для сублімації при атмосферному тиску зображено на рис. 9.

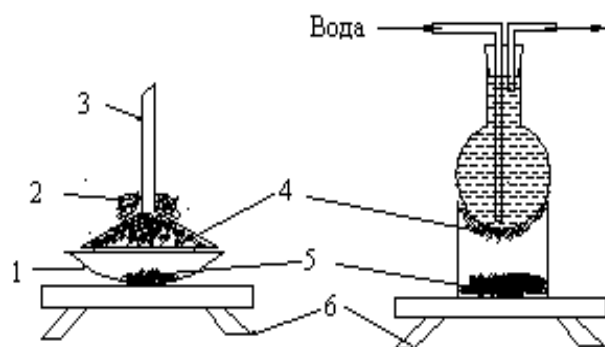


Рис. 9. Пристрої для сублімації речовин: 1 - порцелянова чашка, 2 – змочена водою вата, 3 – лійка, 4 – сублімована речовина, 5 - речовина з домішками, 6 – електроплитка.

Порцелянову чашку накривають лійкою, яка за діаметром трохи менше від чашки. Вузкий кінець лійки нещільно закривають ватою, а для того щоб сублімована речовина не попала знову в чашку, її закривають круглим листком фільтрувального паперу з декількома отворами в ньому. На зовнішню сторону лійки можна покласти вату, що змочена водою для кращого охолодження.

У другому пристрої для сублімування речовину вміщують у низький стакан без носика і закривають круглодонною колбою, через яку пропускають воду. При високих температурах сублімації вода в колбі може бути і непроточною. В процесі сублімації нагрівати речовину потрібно дуже повільно.

Дослід 3. Проста перегонка з колбою Вюрца.

Для перегонки забруднених рідин (перегонки води, спирту, хлороформу, ацетону та ін.) складають установку (рис. 10). При збиранні установки необхідно звернути увагу на те, щоб ртутна кулька термометра знаходилася приблизно на 0,5 см нижче отвору відвідної трубки і щоб він добре обмивався парою рідини, яку переганяють. В колбу Вюрца наливають рідину для перегонки на дві третини її об'єму, додають декілька шматочків битого фарфору і закривають пробкою з термометром так, щоб ртуть термометра була дещо нижче рівня відвідної трубки.

При допомозі пробки відвідну трубку колби Вюрца з'єднують з холодильником, через який циркулює холодна вода. На вільний кінець холодильника з пробкою надівають алонж і опускають його в колбу-приймач. Колба Вюрца закріплюється над джерелом нагрівання (колбонагрівач). Усі частини приладу з'єднують герметично, щоб через них не проходила пара.

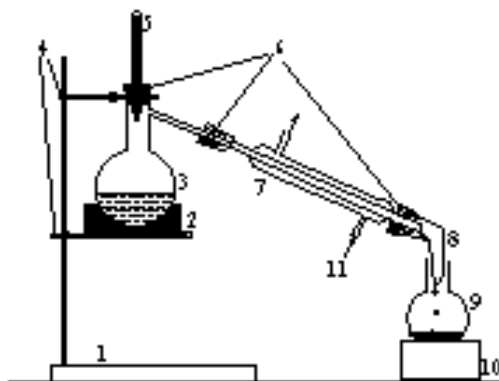


Рис. 10. Установа для простої перегонки з колбою Вюрца: 1 – штатив, 2 колбонагрівач, 3 – колба Вюрца, 4 – держак, 5 – термометр, 6 – гумові пробки, 7 – холодильник, 8 – алонж, 9 – колба-приймач, 10 – підставка.

Колба Вюрца нагрівається до кипіння рідини. Пара, що проходить через відвідну трубку в холодильник, охолоджується і конденсується в рідину, яка стікає в колбу-приймач. Термометр показує температуру кипіння рідини, що переганяється. Швидкість перегонки встановлюють в межах 2-3 краплі в секунду. Потрібно ретельно слідкувати за тим, щоб внутрішній об'єм приладів, що не передбачені для роботи під тиском, завжди був з'єднаний з атмосферою.

Після закінчення перегонки витирають приймачі, якщо вони охолоджувалися водою, і зважують їх. З охолодженої перегінної посудини, виймають пробку з термометром і від'єднують холодильну трубку, а посудину із залишком зважують. Всі дані записують в робочий журнал, після чого обраховують долю кожної фракції від загальної кількості взятої суміші (в %), а також залишку.

Дослід 4. Екстракція.

У ділительну лійку ємністю 50-100 мл наливають 10-15 мл 5% водного розчину гідрохінону і 5-10 мл діетилового етеру (рис. 11). Лійку закривають пробкою (1) і перевертають краном (4) уверх, підтримуючи однією рукою пробку, а другою - кран і енергійно струшують 2-3 хв. В процесі струшування необхідно кілька разів на короткий час відкривати пробку для випуску пари етеру. Після цього перевертають лійку пробкою уверх, ставлять її в штатив на кілька хвилин для розділення водного (3) та етерного (2) шарів.

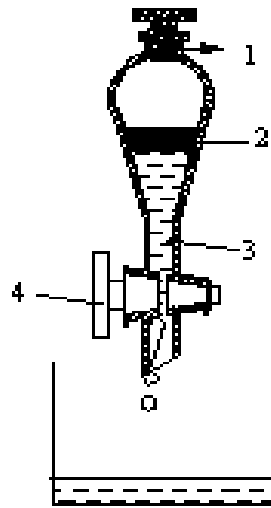


Рис 11. Ділильна лійка.

Потім відкривають пробку і через кран виливають спочатку увесь водний шар в колбу, а етерний шар через верхній отвір лійки в іншу суху та чисту колбу. Частину етерної витяжки наливають на годинникове скло і випаровують у витяжній шафі на теплій водяній бані (подалі від вогню). На годинниковому склі залишається гідрохінон.

Лабораторна робота № 3

Тема: Алкани. Алкени.

Мета: Засвоїти основи класифікації органічних сполук. Закріпити знання про методи добування та хімічні властивості вуглеводнів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація органічних сполук.
2. Поняття про гомологічні ряди і функціональні групи (конкретні приклади).
3. Ізомерія органічних сполук на прикладі вуглеводнів.
4. Хімічні та фізичні властивості алканів.
5. Знаходження вуглеводнів у природі.
6. Хімічні властивості ненасичених вуглеводнів.
7. Якісні реакції ненасичених вуглеводнів.
8. Наведіть приклади, що ілюструють правила Марковникова та Зайцева.
9. Полімеризація.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Органічна хімія – це хімія сполук Карбону (органічних сполук). За іншим визначенням органічна хімія — це хімія вуглеводнів та їх похідних. Основою органічної хімії є структурна теорія, або теорія хімічної будови органічних сполук, яку розробили в другій половині XIX ст. і в яку величезний внесок зробила наукова школа російського хіміка О.М. Бутлерова.

Основні положення структурної теорії:

1) Атоми в органічних молекулах сполучені між собою у певній послідовності відповідно до їх валентності. Ця послідовність називається хімічною будовою. Карбон у всіх органічних сполуках чотиривалентний.

2) Хімічну будову можна виразити структурною формулою, в якій хімічні зв'язки між атомами зображуються рисочками. Загальне число рисочок, що відходять від коленого атома, дорівнює його валентності.

3) Фізичні та хімічні властивості речовин залежать не лише від їх кількісного і якісного складу, але й від будови молекул. Речовини, що описуються однаковою молекулярною формулою (Ізомери), можуть мати цілком різні фізичні й хімічні властивості.

4) Атоми в молекулі взаємно впливають один на одного. Властивості кожного атома залежать не лише від його природи, а й від його оточення.

Органічні сполуки, які складаються тільки з атомів карбону і гідрогену, називаються **вуглеводнями**. При цьому розрізняють гомологічні ряди ациклічних насичених та ненасичених вуглеводнів, які називають **аліфатичними**; насичених циклічних вуглеводнів (C_nH_{2n}), які називають **аліциклічними** та ненасичених циклічних похідних бензолу - **ароматичних** сполук.

Інші органічні сполуки найчастіше можна розглядати як похідні вуглеводнів, до складу яких замість атомів гідрогену входять різні **функціональні групи**. Серед функціональних груп виділяють: гідроксильні групи -ОН спиртів, карбонільні групи $>C=O$ альдегідів і кетонів, карбоксильні групи -COOH кислот, аміногрупи -NH₂ первинних амінів, групи -C=N нітрילів тощо. **Вуглеводневими радикалами** називаються одно- (іноді більше) валентні залишки, утворені послідовним відніманням від молекули вуглеводню атомів гідрогену. Наприклад:

CH₄ (метан); -CH₃ (метил);
C₂H₆ (етан); -C₂H₅ (етил);
C₃H₈ (пропан); -C₃H₇ (пропіл);
C₆H₆ (бензол); -C₆H₅ (феніл) тощо.

Для всіх класів органічних сполук дуже поширеним є **явище ізомерії**. Воно полягає в тому, що однаковому якісному і кількісному складу можуть відповідати декілька (не менше двох) речовин, які мають різну просторову будову, а від того й різні фізичні та хімічні властивості.

Назви органічних сполук утворюють згідно з правилами Міжнародного союзу чистої і прикладної хімії (ІЮПАК), які базуються, головним чином, на женеvській номенклатурі. Ці назви створюються за наведеними нижче правилами.

1. Назву кожної сполуки утворюють, виходячи з назви найдовшого нерозгалуженого ланцюга атомів Карбону в молекулі.

2. Вибраний найдовший нерозгалужений ланцюг відповідає певному представнику гомологічного ряду. Гомологічний ряд, в свою чергу, позначається функціональним закінченням:

насичені вуглеводні позначаються закінченням -ан: CH₄ -метан, C₂H₆ - етан, C₃H₈ - пропан, C₄H₁₀ - бутан і т.д.;

етиленові - закінченням -ен: C₂H₄ - етен, C₃H₆ -пропен, C₄H₈ - бутен;

ацетиленові - закінченням -ін або ин: C₂H₂ - етин, C₃H₄ -пропін, C₄H₆ - бутин;

спирти - закінченням -ол: CH₃OH - метанол, C₂H₅OH - етанол, C₃H₇OH - пропанол, C₄H₉OH - бутанол;

альдегіди - закінченням -аль: HCHO - метаналь, CH₃CHO — етаналь, C₂H₅CHO - пропаналь;

кетони - закінченням -он: пропанон, ацетон, бутанон.

Кислоти вважаються карбоксилвмісними похідними відповідного вуглеводню: CH₄ - метан HCOOH - метанова (мурашина) кислота;

C₂H₆ - етан CH₃COOH - етанова (оцтова) кислота;

C₃H₈ - пропан C₂H₅COOH - пропанова (пропіонова) кислота;

C₄H₁₀ - бутан C₃H₇COOH - бутанова (масляна) кислота і т.д.

У амінів перед закінченням -амін вказуються радикали: C₂H₅NH₂ - етиламін, (C₂H₅)₂NH - диетиламін, (C₂H₅)₃N - триетиламін.

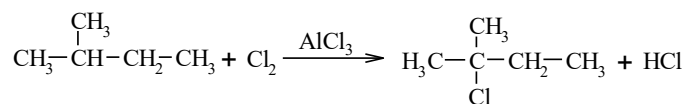
3. Положення замісників уздовж ланцюга атомів Карбону вказують після номера цих атомів. Нумерацію починають з того кінця, до якого ближче замісник. Якщо замісник повторюється кілька разів, у назві вказують його число префіксами ди-, три- і т.д., наприклад:

За наявності у вибраному ланцюгу кратного зв'язку нумерація атомів Карбону починається від кратного зв'язку:

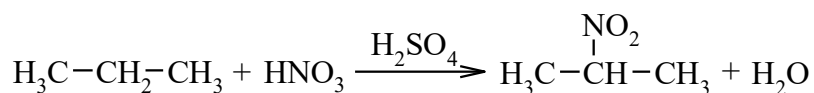
Остання цифра відповідає номеру атома Карбону, біля якого знаходиться кратний зв'язок.

Насичені вуглеводні (**алкани**) – це речовини, що важко вступають в реакції при звичайних температурах. Вони не здатні вступати в реакції приєднання. Найбільш характерні для них реакції - реакції *електрофільного заміщення*.

Взаємодія з галогенами. При взаємодії з галогенами найлегше заміщуються атоми Гідрогену, зв'язані з третинним атомом Карбону, гірше – біля вторинного і найгірше – біля первинного:

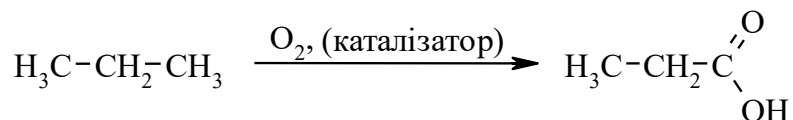


Реакція з нітратною кислотою (нітрування). Реакція нітрування алканів відома як реакція Коновалова. Концентрована нітратна кислота при нагріванні окислює насичені вуглеводні, а на холоді не діє на них. З розведеною нітратною кислотою при нагріванні і під тиском можливе заміщення гідрогену в вуглеводні на залишок нітратної кислоти –NO₂ (нітрогрупу). Заміщення відбувається біля менш гідрогенізованого атома Карбону:

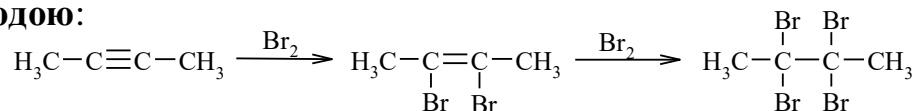


Відношення до дії окисників і високих температур. При низьких температурах алкани стійкі навіть до дії сильних окисників. Розчин перманганату калію (KMnO₄) чи хромова суміш (K₂Cr₂O₇ + H₂SO_{4(конц.)}) при кімнатній температурі не окислюють насичені вуглеводні.

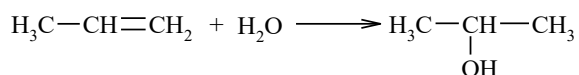
При високих температурах під дією кисню алкани спалахують і згоряють з утворенням CO₂ і H₂O, виділяючи велику кількість тепла. При низьких температурах і наявності каталізатора шляхом окиснення можна отримати карбонові кислоти:



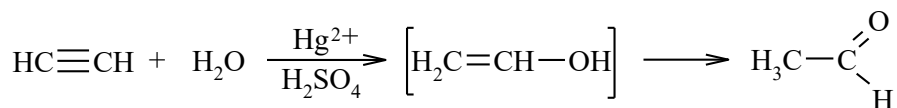
Для ненасичених вуглеводнів (**алкенів, алкінів**) характерні реакції *приєднання, окиснення і полімеризації*. Якісною реакцією на кратні зв'язки є **реакція з бромною водою**:



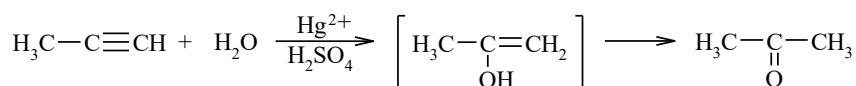
Реакція **гідратації** (чи гідрогалогенування) ненасичених вуглеводнів відбувається за правилом Марковнікова. Атом Гідрогену приєднується до більш гідрогенізованого атома Карбону, а гідроксильна група (чи галоген) – до Карбону, у якого атомів Гідрогену менше, чи взагалі нема:



При гідратації ацетилену, через проміжну сполуку (вініловий спирт), утворюється оцтовий альдегід (*реакція Кучерова*):

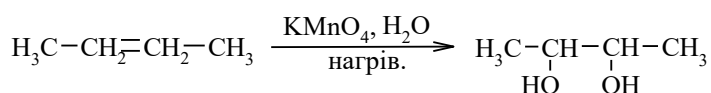


При гідратації гомологів ацетилену, так як реакція протікає за правилом Марковнікова, завжди утворюються кетони:

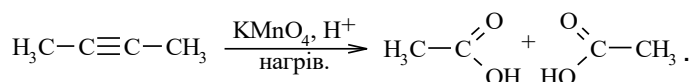


Залежно від умов ненасичені вуглеводні **окислюються** по різному. При високих температурах на повітрі вони згоряють, утворюючи CO_2 і H_2O .

За інших умов реакції окиснення можуть протікати без розриву подвійного (потрійного) зв'язку і з його розривом, залежно від умов і середовища. За м'яких умов окиснення алкенів іде до утворення двохатомних спиртів:



Окиснення алкінів відбувається з розривом потрійного зв'язку:



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісне визначення вуглецю і водню.

На дно сухої пробірки насипають біля 0,1 г. порошку оксиду міді (I) і стільки ж органічної речовини (наприклад, глюкози). В верхню частину пробірки вкладають ватний тампон, на який насипають 2 мм шар безводного купрум сульфату, пробірку закривають корком з трубкою, кінець якої занурюють в розчин барій гідроксиду. Першу пробірку поступово нагрівають на полум'ї пальника, тримаючи її майже в горизонтальному положенні. Спостерігають посиніння шару купрум сульфату (доказ наявності водню) і помутніння баритової води (доказ наявності вуглецю). Написати рівняння реакцій.

Дослід 2. Якісне визначення галогенів в органічних сполуках.

Мідний дріт закручують на кінці з спіраль, прожарюють цей кінець дроту в полум'ї пальника, ще теплим занурюють в органічну сполуку, що містить галоген, наприклад у хлороформ $CHCl_3$ і швидко вносять знову у полум'я пальника, яке забарвлюється в яскраво зелений колір.

Дослід 3. Одержання та властивості метану.

У суху пробірку з газовідвідною трубкою насипають 1/4 її об'єму суміші, яка складається з однієї частини зневодненого CH_3COONa та двох частин попередньо прожареного натронного вапна. Пробірку з сумішшю нагрівають полум'ям пальника. Спочатку прогрівають всю пробірку, а потім сильно нагрівають суміш. Газ, що виділяється, пропускають в окремій пробірці з розчином $KMnO_4$. Який газ виділяється? Чи змінюється забарвлення розчину? Чому? Записати рівняння реакції повного і неповного горіння метану.

Дослід 4. Одержання та властивості етилену.

У суху пробірку з газовідвідною трубкою наливають 5-6 мл завчасно приготовленої суміші, що складається з однієї частини етилового спирту та трьох частин концентрованої сульфатної кислоти, і кидають маленький кусочок пемзи для рівномірного кипіння суміші. Пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою і суміш обережно нагрівають. Газ, що виділяється, пропускають в окремій пробірці з розчином $KMnO_4$. Який газ виділяється? Чи змінюється забарвлення розчину? Чому? Записати рівняння реакцій. Записати рівняння реакції повного і неповного горіння етилену.

Лабораторна робота № 4

ТЕМА: Алкіни. Арени.

Мета: Закріпити знання про методи добування та хімічні властивості ненасичених вуглеводнів. Засвоїти номенклатуру, хімічні властивості та методи добування ароматичних вуглеводнів.

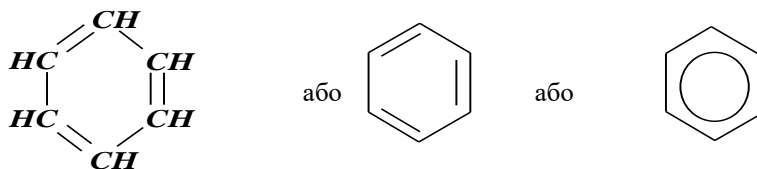
ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Номенклатура, фізичні і хімічні властивості алкінів.
2. Методи добування алкінів.
3. Реакція Кучерова.
4. Кислотні властивості ацетилену. Ацетиленіди.
5. Які сполуки називають ароматичними?
6. Методи отримання бензену.
7. Які типи реакцій характерні для ароматичних вуглеводнів?
8. Механізм електрофільного заміщення в ароматичному ядрі.
9. Порівняти здатність до окиснювання бензену і толуену.
10. Токсичність похідних бензену.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Аренами, або ароматичними вуглеводнями, називаються органічні сполуки, молекули яких містять один або декілька циклів з шести атомів Карбону, - бензенове кільце. Бензен та його найпростіші гомологи – безбарвні рідини з характерними запахами, що не змішуються з водою. Деякі вищі гомологи – тверді речовини.

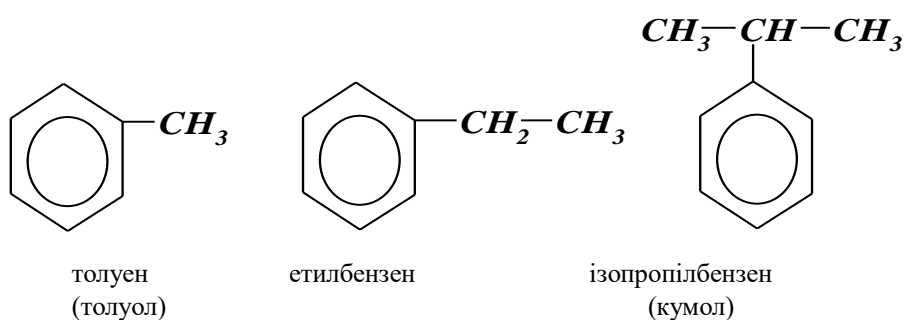
Бензен (бензол)



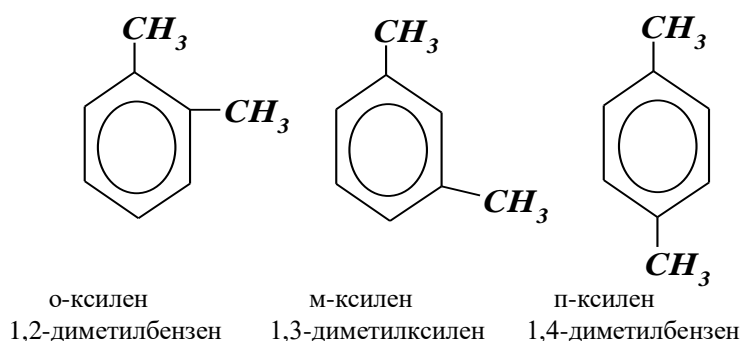
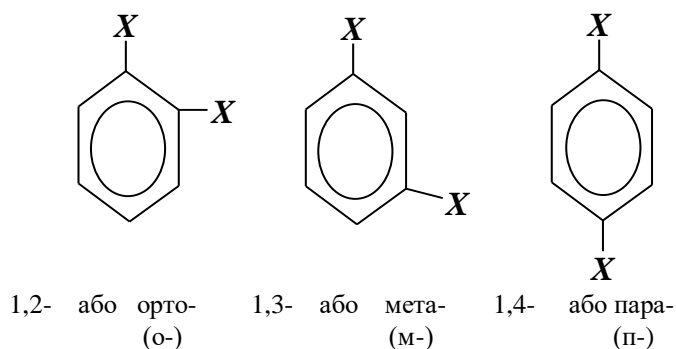
Між атомами Карбону існує σ -зв'язок і шестиелектронний кільцевий π -зв'язок, який охоплює одночасно всі шість атомів Карбону.

Гомологи бензену (бензолу)

Гомологи бензену – це похідні бензену, утворені в результаті заміщення атомів гідрогену бензенового ядра насиченими вуглеводневими радикалами.

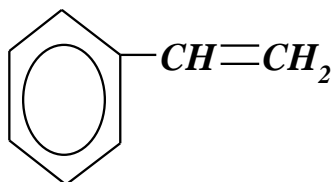


Якщо в бензені є не один, а кілька замісників, то для позначення їх положення атоми Карбона в ядрі нумерують.



Арени з ненасиченими бічним ланцюгом

Серед них найбільш поширеним є стирол (вінілбензен, фенілетилен):



Стирол застосовують для одержання бутадієн-стирольного каучуку і пластмас.

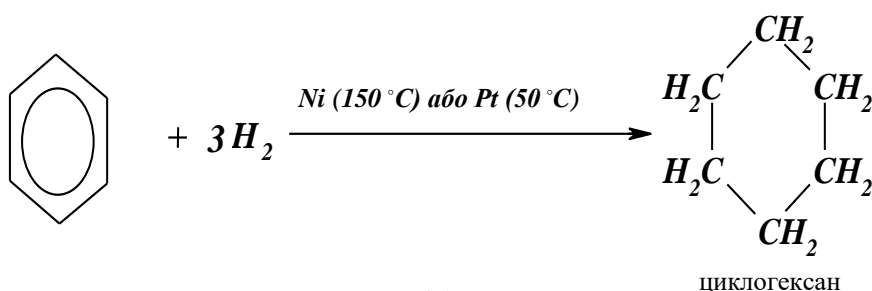
Бензенове ядро дуже стійке і тому ароматичні сполуки, зокрема бензен – проявляють схильність до реакцій заміщення, подібно до парафінів. Наявність замісників в бензеновому ядрі змінює його стійкість і реакційну здатність.

Для ароматичних вуглеводнів характерні такі типи реакцій:

- 1) реакція заміщення;
- 2) реакції приєднання;
- 3) дія окислювачів.

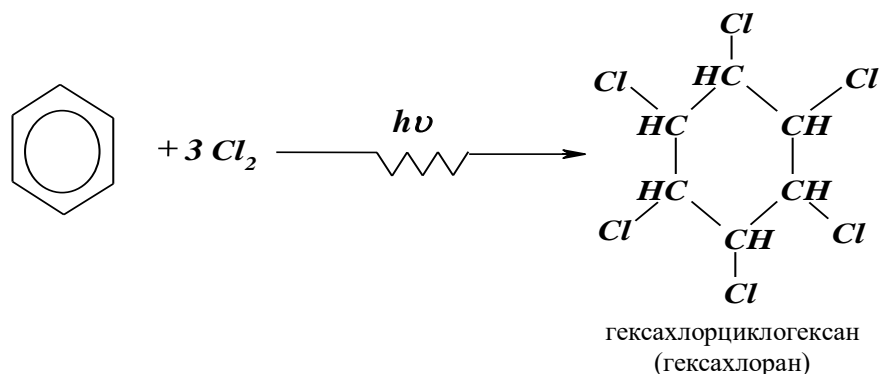
Реакції приєднання:

а) приєднання водню (реакція гідрування):



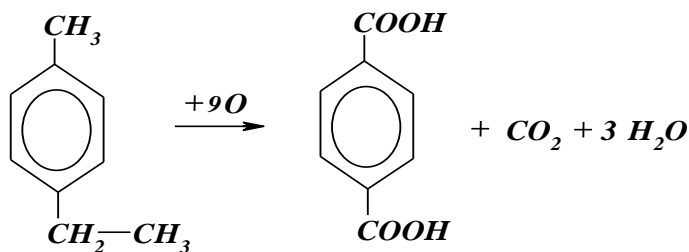
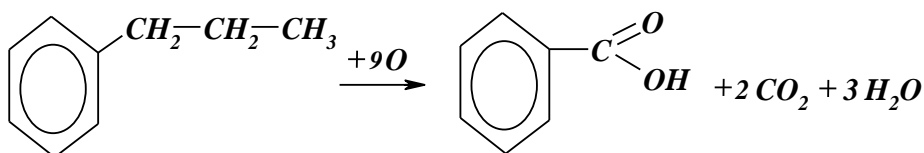
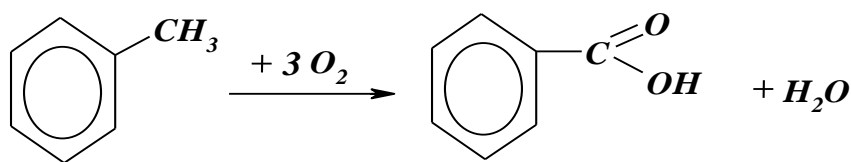
б) приєднання галогенів:

Якщо діяти хлором чи бромом на бензен при освітленні ультрафіолетовими проміннями або прямим сонячним світлом, відбувається приєднання шести атомів галогена:



Дія окиснювачів

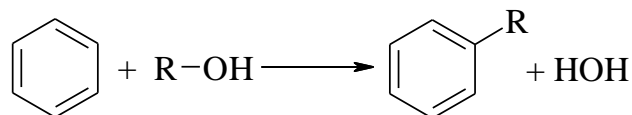
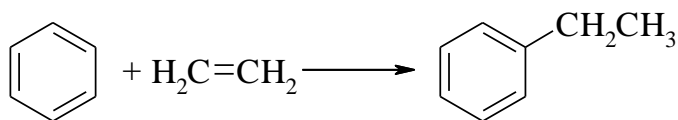
Бензен дуже стійкий до дії окислювачів. Він не окислюється при дії розбавленої HNO_3 , розчина $KMnO_4$ тощо. Гомологи бензену окислюються значно легше. Але і в них бензенове ядро досить стійке до дії окисників, просте приєднання до ядра вуглеводневї радикали окислюються. Вуглеводневий радикал при дії окисників руйнується і перетворюється в карбоксильну групу, при цьому завжди утворюється бензойна кислота:



терефталева кислота

Реакції електрофільного заміщення

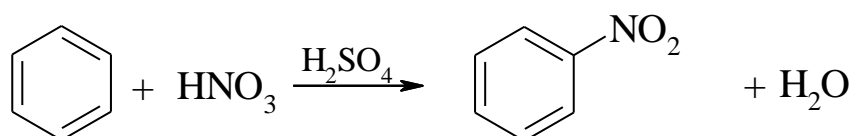
1. Алкілування за Фріделем-Крафтцом (каталізатор – кислоти Льюїса):



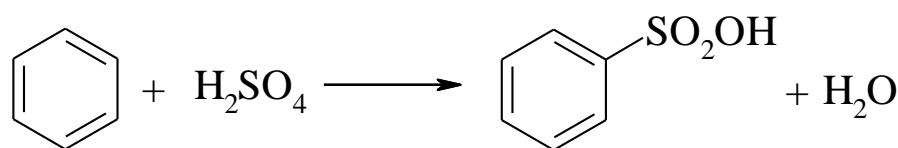
2. Галогенування:



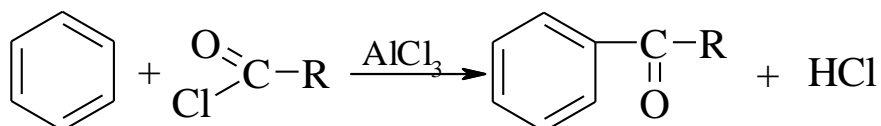
3. Нітрування:



4. Сульфування:



5. Ацилювання:



Правила заміщення в бензольному ядрі

Якщо похідні бензолу вступають в реакції електрофільного заміщення, то новий замісник вступає переважно у певні положення відносно замісників, які вже є.

Усі замісники за їх напрямною дією поділяють на дві основних групи.

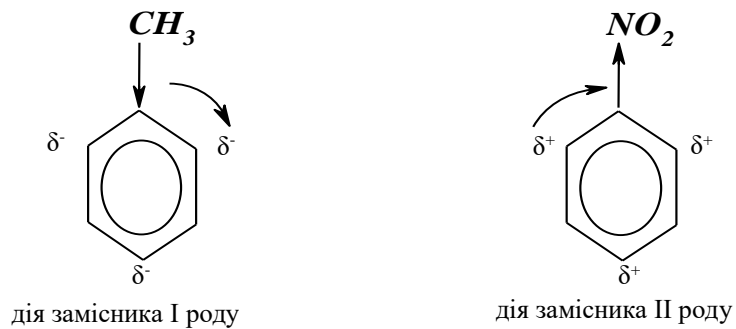
Замісники I роду – це електронно-донорні групи: $-\text{OH}$; $-\text{NH}_2$; $-\text{NHR}$; $-\text{NR}_1\text{R}_2$; $-\text{Hal}$.

Вони спрямовують наступні замісники орто- і пара- положення.

Замісники II роду – це електронно-акцепторні групи: $-\text{NO}_2$; $-\text{SO}_3\text{H}$; $-\text{COOH}$; $-\text{CN}$.

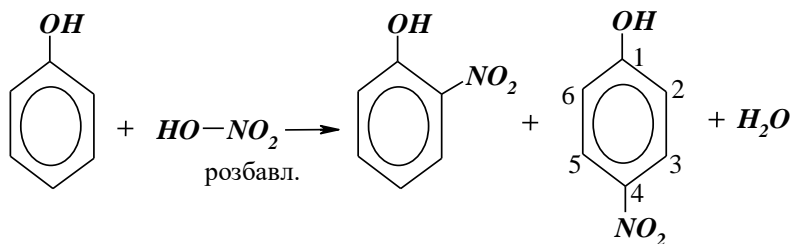
Вони спрямовують наступні замісники в мета-положення.

Місце приєднання нового електрофільного замісника ілюструють наведені нижче схеми поляризації бензинового ядра:

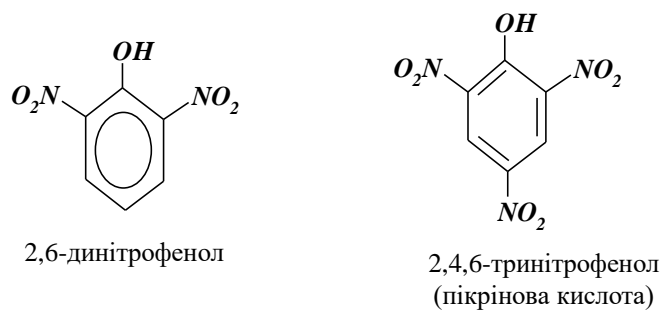


Приклади реакцій заміщення в бензольному ядрі:

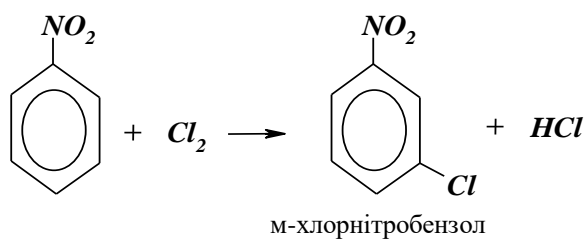
а)



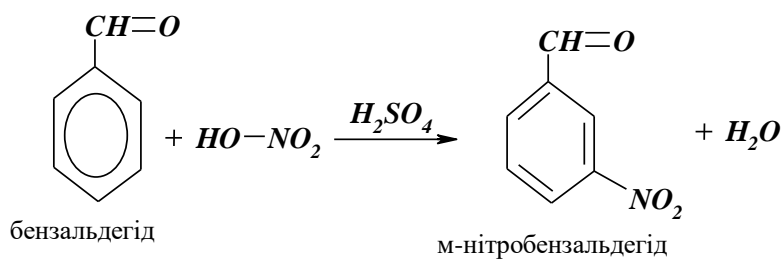
В результаті дії концентрованої нітратної кислоти утворюється:



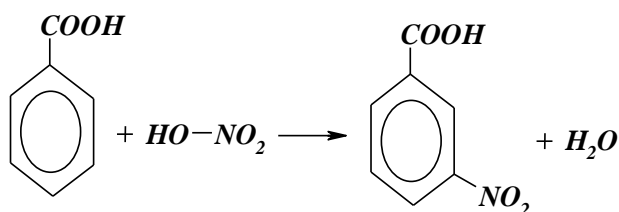
б)



в)



г) при нітруванні бензойної кислоти утворюється мета-нітробензойна кислота:



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Одержання та властивості ацетилену.

У суху пробірку з газовідвідною трубкою поміщають 2-3 кусочки кальцій карбиду і наливають 1/3 води. Пробірку швидко закривають корком з газовідвідною трубкою. Газ, що виділяється, пропускають в окремі пробірці з розчином KMnO_4 . Який газ виділяється? Чи змінюється забарвлення розчину? Чому? Записати рівняння реакцій. Записати рівняння реакції повного і неповного горіння ацетилену

Дослід 2. Одержання бензену та дослідження його властивостей.

У порцеляновій ступці розтирають 2 - 3 г бензоату натрію з 4 - 6 г попередньо прожареного натронного вапна. Приготовлену суміш поміщають у пробірку, яка закрита пробкою з газовідвідною трубкою. Пробірку закріплюють похило в штативі й обережно нагрівають її вміст. Кінець газовідвідної трубки поміщають у пробірку, занурену в склянку з холодною водою. Бензен, що утворюється, збирається на дні пробірки. Написати рівняння реакції утворення бензену, охарактеризувати колір і запах сполуки, що утворилася.

У пробірку поміщають 2 - 3 мл бензолу, 2 мл 0,1%-го розчину KMnO_4 , 2-3 краплі 10%-го розчину сульфатної кислоти і збовтують. Спостерігають, чи відбувається зміна забарвлення.

Дослід 3. Властивості толуену.

До 1-2 мл толуолу додають 2-3 мл розчину бром у чотирьохлористому вуглеці і 0,1 - 0,2 г залізних ошурок, суміш нагрівають на водяній бані. Записують рівняння реакції і спостереження.

У пробірку поміщають 2 - 3 мл толуолу, 2 мл 0,5%-го розчину KMnO_4 і 2-3 краплі 10%-го розчину сульфатної кислоти. Вміст пробірки струшують і обережно нагрівають. Записати рівняння реакції, що відбувається, і спостереження.

Дослід 4. Окиснення толуену.

У пробірку наливають 2-3 мл толуену, додають 2 мл розчину калій перманганату і 2-3 краплі 10%-го розчину сульфатної кислоти. При струшуванні і обережному нагріванні забарвлення розчину змінюється і вибіляється бурій осад манган діоксиду. Толуен окислюється до бензойної кислоти.

Лабораторна робота № 5

ТЕМА: Властивості спиртів та фенолів.

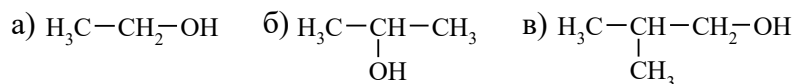
МЕТА: Засвоїти номенклатуру спиртів. Дослідити хімічні властивості спиртів та фенолів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація спиртів.
2. Номенклатура спиртів.
3. Хімічні властивості спиртів.
4. Способи промислового отримання етилового спирту.
5. Багатоатомні спирти – етиленгліколь, гліцерин.
6. Як змінюються фізичні властивості спиртів із зростанням вуглеводневого ланцюга?
7. Які хімічні властивості характерні для спиртів?
8. Технічні способи одержання фенолу. Промислове використання фенолу.
9. Загальні властивості спиртів і фенолів. Чим відрізняються феноли від спиртів і чим це обумовлено?
10. Вплив гідроксильної групи на бензольне кільце.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

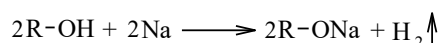
Номенклатура. Розглянемо, як утворюються назви таких сполук:



За радикально-функціональною номенклатурою назви спиртів походять з назви радикалу, сполученого з гідроксильною групою –ОН. Для наведених вище сполук отримаємо назви: а) етиловий спирт; б) ізопропіловий спирт; в) ізобутиловий спирт.

За міжнародною замісничковою номенклатурою назва спирту будується від назви насиченого (чи ненасиченого) вуглеводню з додаванням закінчення –ол, положення гідроксильної групи вказується номером. Так, назви спиртів: а) етанол; б) пропанол-2; в) 2-метилпропанол-1 або 2-метилпропанол.

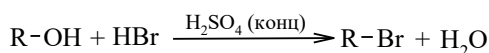
Хімічні властивості. Атом Гідрогену гідроксильної групи в спиртах проявляє певну рухливість (активність). Подібно до води, спирти взаємодіють з лужними металами, утворюючи алкоголяти:



Проте спирти не так бурно взаємодіють з натрієм, як вода. Причому із збільшенням числа атомів Карбону у вуглеводневому радикалі активність спиртів зменшується.

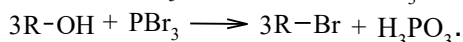
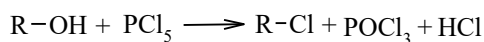
Алкоголяти – тверді речовини, добре розчиняються у відповідному спирті. При дії води – гідролізують.

Заміщення гідроксильної групи спиртів на галоген. Заміщення відбувається при дії надлишку галогеноводню з використанням водовіднімаючих

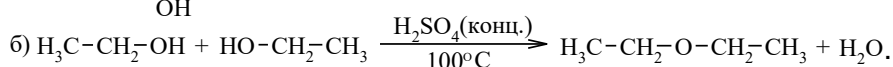
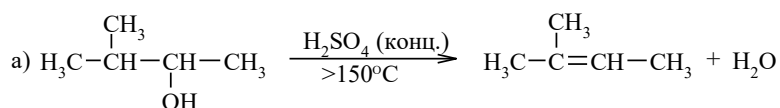


засобів:

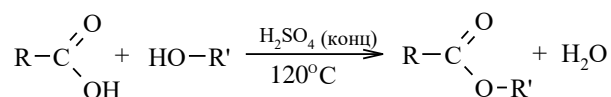
Замість галогеноводнів краще використовувати галогеніди фосфору:



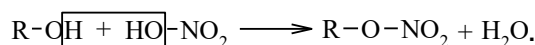
Дегідратація спиртів. Залежно від температури і кількісних співвідношень спирту і концентрованої H_2SO_4 можливі два випадки дегідратації: *внутрішньомолекулярна* (а) і *міжмолекулярна* (б):



Реакція естерифікації. Перебіг реакції естерифікації залежить від будови спирту і кислоти. Легше за всіх естерифікації піддаються первинні спирти, а найважче – третинні:

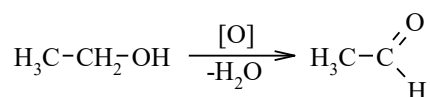


Спирти утворюють естери і з мінеральними кислотами:



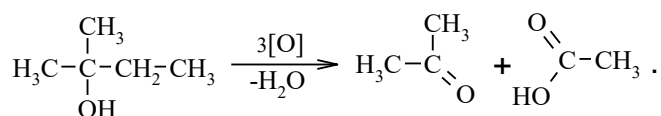
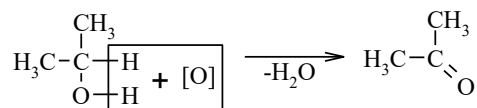
Окиснення спиртів. Повне окиснення спиртів відбувається з утворенням вуглекислого газу CO_2 і води H_2O .

При помірному окисненні первинні спирти окислюються до альдегідів,



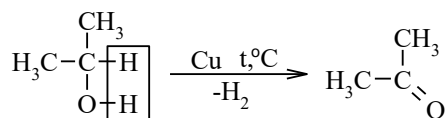
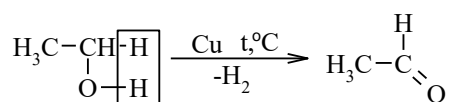
вторинні – до кетонів:

Третинні спирти окислюються значно важче, ніж первинні і вторинні. Під



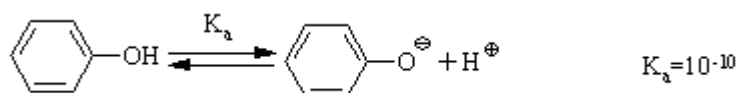
дією сильних окисників і нагріванні відбувається розрив зв'язків між вуглецевими атомами і розпад молекули:

Дегідрування спиртів. При пропусканні парів первинних і вторинних спиртів над поверхнею розжарених роздроблених металів (Cu, Fe) відбувається дегідрування спиртів:

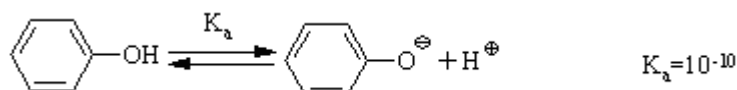


Якісною реакцією на спиртові групи в багатоатомних спиртах є реакція з купрум (II) гідроксидом, утворюється комплексна сполука синього кольору:

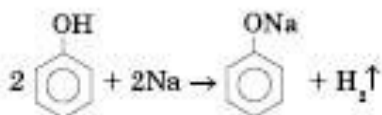
За наявності в молекулі фенолу гідроксильної групи можна припустити подібність між фенолом і спиртами, а за наявності бензольного кільця – до бензолу. Фенол дисоціює по кислотному типу з утворенням досить стабільного фенолят-аніону:



Порівняння констант дисоціації фенолу та аліфатичних спиртів вказує на те, що фенол є значно сильнішою кислотою. Тому для нього характерною є класична реакція нейтралізації:

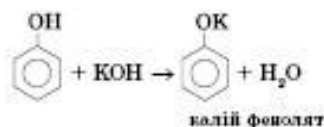


Хімічні реакції за участю гідроксигрупи. 1) Взаємодія з активними металами:

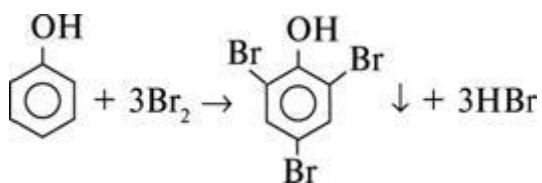


У результаті реакції утворюються феноляти (у даному випадку натрій фенолят).

2) Взаємодія з лугами:

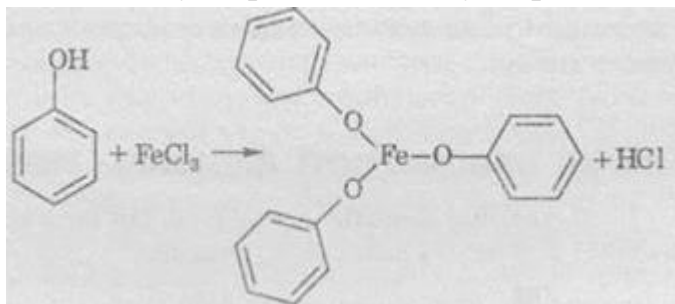


Хімічні реакції за участю бензенового ядра. Фенол легко вступає в реакцію з бромною водою. Взаємодія з бромом (без нагрівання і каталізаторів):

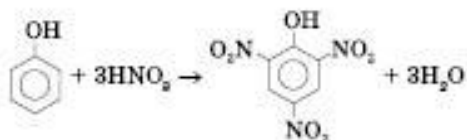


2,4,6-Трибромфенол — осад білого кольору. Ця реакція є якісною для визначення фенолу.

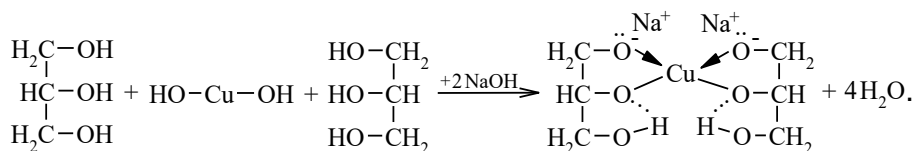
Також якісною реакцією на фенол є взаємодія з розчином феруму(III), у результаті якої утворюється сполука фіолетового кольору.



5) На відміну від бензену, фенол значно легше вступає в реакцію нітрування в присутності концентрованої сульфатної кислоти. При цьому можна добути продукт повного нітрування — тринітрофенол (пікринову кислоту):



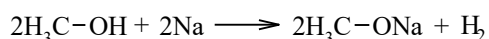
Фенол застосовується як антисептик, дезінфікуючий засіб, використовується у виробництві пластмас (фенопластів), лікарських речовин, барвників, синтетичних волокон, вибухових речовин.



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення натрій алкоголятів та їх гідроліз.

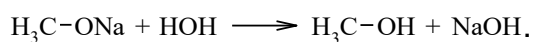
У пробірку наливають 2-3 мл метилового або етилового спирту. Потім додають шматочок очищеного металічного натрію, попередньо висушивши його від гасу між листками фільтрувального паперу. При цьому спостерігається взаємодія



металічного натрію зі спиртом з утворенням натрій алкоголяту. Реакція супроводжується виділенням тепла:

Швидкість утворення алкоголятів у міру збільшення молекулярної маси спирту поступово зменшується.

Після повного розчинення металічного натрію утворений алкогольят

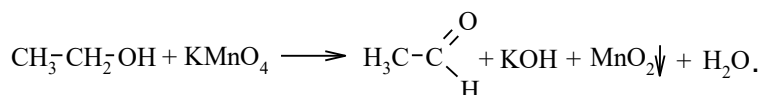


розкладають водою:

Розчин випробовують фенолфталеїном (характерне малинове забарвлення в лужному середовищі).

Дослід 2. Окиснення етилового спирту калій перманганатом.

У пробірку наливають 1-2 мл етилового спирту, додають 1 мл водного розчину калій перманганату і нагрівають. При цьому утворюється оцтовий альдегід, який можна виявити за характерним запахом, а калій перманганат знебарвлюється і випадає бурій осад мангану (IV) оксиду:

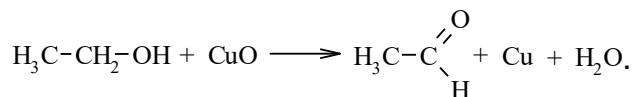


Якщо взяти надлишок калію перманганату, то оцтовий альдегід, що утворився, окислюється далі до оцтової кислоти.

Досить енергійно протікає реакція етилового спирту з твердим калій перманганатом у присутності концентрованої сульфатної кислоти. У фарфорову чашку поміщають 2-3 г кристалічного калій перманганату і туди ж доливають 1-2 мл концентрованої сульфатної кислоти до утворення кашоподібної суміші. Якщо тепер додати 0,5-1 мл етилового спирту, то реакція відбувається настільки бурхливо, що спирт самозаймається і горить ледь голубуватим полум'ям. *Дослід потрібно проводити дуже обережно, тому що можливе розбризкування суміші!*

Дослід 3. Окиснення спиртів оксидом міді.

У пробірку наливають 3-4 мл одного із таких спиртів: метилового, етилового, пропілового чи бутилового. Із мідного дроту виготовляють спіраль, яку вносять в полум'я пальника і нагрівають до червоного жару. При цьому мідь окислюється до оксиду міді. Розжарену окислену спіраль опускають у пробірку із спиртом. Відбувається окиснення спирту і спостерігається відновлення оксиду міді, що покриває мідну дротинку, до вільної міді червоного кольору:



Операцію повторюють 2-3 рази. Утворення альдегідів виявляють фуксинсірчистою кислотою шляхом додавання до охолодженого розчину декількох крапель безбарвної фуксинсірчистої кислоти. У випадку присутності альдегідів з'являється червоно-фіолетове забарвлення.

Дослід 4. Утворення купрум гліцерату.

У пробірку наливають 1-2 мл 10%-ного розчину натрій гідроксиду і декілька крапель розчину мідного купоросу. При цьому утворюється голубий осад гідроксиду міді. До одержаного осаду додають 2-3 краплі гліцерину і збовтують.

Спостерігають розчинення осаду і появу темно-синього забарвлення, що вказує на утворення купрум гліцерату.

Дослід 5. Виявлення домішок метилового спирту в етиловому спирті.

Ополіскують одну пробірку етиловим спиртом ректифікатом, а другу - етиловим спиртом, що містить домішка CH_3OH . У кожену пробірку опускають розпечену спіраль з мідного дроту. Через 2 - 3 хв. у пробірки наливають, не виймаючи спіралі, по 1,5 - 2 мл води, змивають цією водою конденсат пари зі стінок. Мідні спіралі виймають, а до розчинів у пробірках додають по 5 крапель фуксинсірчистої кислоти. Через кілька хвилин рідина в обох пробірках здобуває рожево-фіолетове забарвлення. Після цього в кожену пробірку додають по 10 крапель концентрованої соляної кислоти і витримують не менш 10 хв. У пробірці з чистим етиловим спиртом забарвлення зникає, а з домішкою CH_3OH забарвлення стає синім чи синьо-фіолетовим. Цей метод дозволяє знайти домішки метилового спирту в кількості до 0,5%.

Дослід 6. Розчинність фенолу у воді і його кислотні властивості.

У пробірку поміщають 1 г кристалічного фенолу і доливають 4 - 5 мл води. При струшуванні фенол частково розчиняється. При стоянні утворюється два шари. Нижній шар - фенол, верхній - розчин фенолу у воді. Обережно нагрівають суміш до повного розчинення, потім охолоджують і відзначають зміни, що відбуваються. Отриманий розчин фенолу випробовують синім лакмусовим папірцем і записують спостереження, а також висновки про хімічний характер фенолу.

Уміст пробірки з попереднього досліді збовтують до утворення емульсії і додають краплями 1%-й розчин гідроксиду натрію до утворення гомогенного розчину. Потім до отриманого розчину додають краплями соляну кислоту до утворення другого шару. Запишіть рівняння реакцій.

Дослід 7. Реакція фенолу з бромною водою.

У пробірку поміщають 0,5 мл розчину фенолу і при постійному струшуванні поступово додають насичений розчин бромної води. Спостерігають зміни, що відбуваються, і записують рівняння реакції.

Дослід 8. Якісна реакція з ферум (III) хлоридом.

У пробірки вміщують по 2 мл розчинів фенолу, резорцину, гідрохінону, пірокатехіну і додають 2 - 3 краплі розчину ферум (III) хлориду. Записують зміни, що відбуваються.

Лабораторна робота № 6

ТЕМА: Властивості альдегідів та кетонів.

МЕТА: Засвоїти номенклатуру альдегідів та кетонів. Дослідити хімічні властивості альдегідів та кетонів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

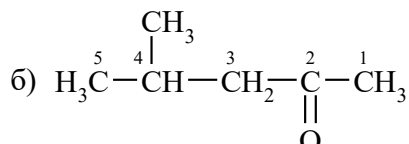
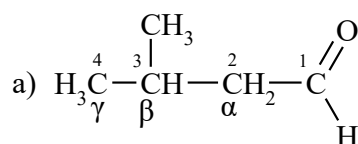
1. Номенклатура альдегідів і кетонів.
2. Способи синтезу альдегідів та кетонів
3. Хімічні властивості карбонільних сполук.
4. Якісна реакція альдегідної групи.
5. Використання альдегідів та кетонів.
6. Записати реакції окиснення та відновлення ацетону й етаналю, назвати отримані продукти.
7. Записати реакцію конденсації для формальдегіду та етаналю. Які речовини при цьому утворюються?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У складі молекул альдегідів та кетонів наявна карбонільна група $\text{C}=\text{O}$. Тому альдегіди і кетони належать до карбонільних сполук.

Номенклатура. Тривіальні назви альдегідів утворюють від тривіальних назв відповідних карбонових кислот. Для кетонів тривіальна номенклатура не використовується.

Розглянемо такі сполуки:



Для наведеного альдегіду а) тривіальна назва буде ізовалеріановий альдегід.

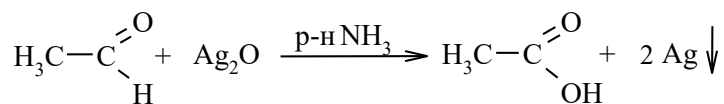
За міжнародною замісничковою номенклатурою найдовший ланцюг, що включає відповідну функціональну групу, нумерують з того кінця, до якого ближче ця функціональна група. Наявність альдегідної групи позначається закінченням *-аль* а кетонної *-он*. Так, в наших прикладах: а) 3-метилбутаналь; б) 4-метилпентанон-2.

Радикально-функціональна номенклатура застосовується лише для кетонів. Назви утворюють із назв радикалів, сполучених з групою $\text{C}=\text{O}$ і слова «кетон». Отримаємо: б) метилізобутилкетон.

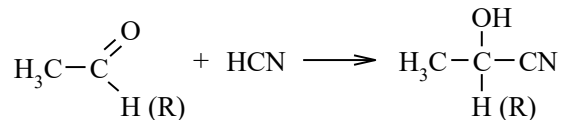
За раціональною номенклатурою альдегіди розглядаються як похідні оцтового альдегіду. Так, сполука (а) називається ізопропілоцтовий альдегід.

Хімічні властивості. Для альдегідів характерні реакції **окиснення** (відновні властивості альдегідів). Реакція окиснення альдегідної групи аміачним розчином

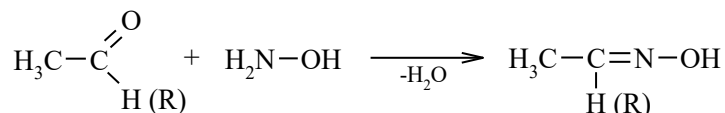
аргентум оксиду (реакція “срібного дзеркала”) є якісною реакцією на альдегідну групу:



Реакції **приєднання** (за місцем подвійного зв'язку карбонільної групи):



Реакції **заміщення карбонільного Оксигену** на галоген чи Нітроген:

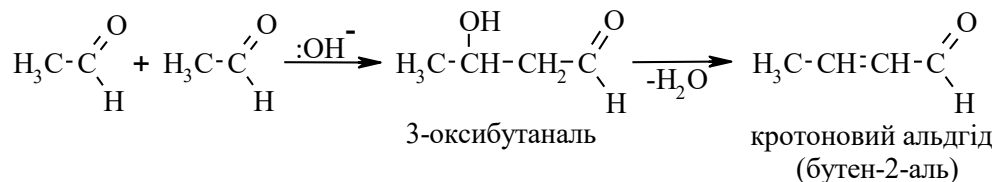


Реакції **заміщення атома Гідрогену в α -положенні** вуглеводневого ланцюга:



Міжмолекулярні реакції. Велике значення мають реакції *конденсації*, котрі відбуваються з кетонами і, особливо, з альдегідами в лужних чи кислих розчинах.

Оцтовий альдегід на холоді в присутності розчину лугу перетворюється в альдолі; альдолі – малостійкі сполуки, вони легко втрачають воду:



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення етаналю при окисленні спирту.

У пробірку з газовідвідною трубкою наливають по 2 мл спирту і хромової суміші і струшують. Спостерігається нагрівання і зміна забарвлення суміші.

Закріплюють пробірку похило в лапці штатива, кінець газовідвідної трубки занурюють майже до дна іншої пробірки-приймача, що містить 2 мл холодної води. Приймач поміщають в стакан з холодною водою. Обережно нагрівають суміш полум'ям пальника, регулюючи рівномірне кипіння суміші, запобігаючи викиду. На протязі 2-3 хв об'єм рідини в приймачі збільшиться майже в двічі, після чого припиняють нагрівання. Рідина в приймачі матиме різкий запах етаналю. Розчин використовують для наступних дослідів.

Дослід 2. Відновлення альдегідами сполук двохвалентної міді.

До 1 мл розчину досліджуваного альдегіду додають 0,5 мл розведеного розчину лугу і потім по краплях розчин сульфату міді до утворення осаду. Одержану суміш нагрівають до початку кипіння, при цьому осад змінює своє забарвлення.

Дослід 3. Відновлення альдегідами сполук срібла.

Розчин альдегіду наливають по 1 мл в дві пробірки і додають в кожен по 1 мл аміачного розчину оксиду срібла. В одну з пробірок додають ще 2-3 краплі розведеного розчину лугу, струсивши пробірки, ставлять їх у штатив. Спостерігають, в якій пробірці зміни наступлять раніше. Якщо срібло не виділяється, то нагрівають пробірки з рідиною кілька хвилин на водяній бані до 50-60°C.

Дослід 4. Утворення йодоформу з альдегідів і кетонів.

До 1-2 мл розведеного водного розчину досліджуваної речовини додають 1 мл розчину йоду і потім декілька крапель розчину лугу до зникнення забарвлення. Спостерігаємо утворення жовтого осаду йодоформу з характерним запахом. Осад утворюється в деяких розчинах дуже швидко і без нагрівання.

Лабораторна робота № 7

ТЕМА: Властивості карбонових кислот.

МЕТА: Засвоїти номенклатуру карбоксильних сполук. Дослідити хімічні властивості карбонових кислот.

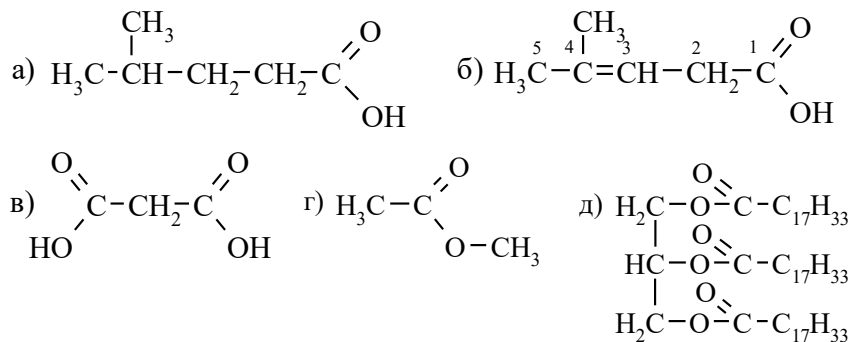
ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація карбонових кислот
2. Номенклатура карбоксильних сполук.
3. Хімічні властивості карбоксильних сполук.
4. Охарактеризуйте хімічні властивості оцтової кислоти і її похідних.
5. Наведіть способи одержання карбонових кислот.
6. Чим відрізняється мурашина кислота від усіх інших карбонових кислот насиченого ряду?
7. Використання карбонових кислот.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Номенклатура. До складу карбонових кислот входить карбоксильна група – COOH.

Розглянемо, як утворюються назви таких сполук:



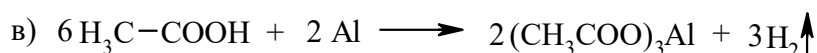
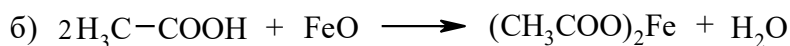
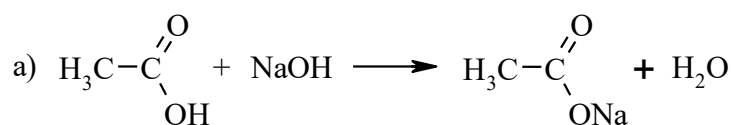
Тривіальні назви історичного походження - використовуються латинські назви кислот. Так, а) ізокапронова кислота; в) малінова к-та; г) метиловий ефір оцтової кислоти, або метилацетат.

За міжнародною номенклатурою назви дають, утворюючи прикметники від назви відповідного алкану. Головним обирають найдовший ланцюг з карбоксильною групою. Атом Карбону карбоксильної групи завжди позначається цифрою 1, яка в назві не пишеться, але мається на увазі. Так, в наших випадках: а) 4-метилпентанова к-та; б) 4-метилпентен-3-ова к-та; в) пропандіова к-та; г) метиловий естер етанової кислоти метилетаноат; д) тригліцерид олеїнової кислоти або триолеїн.

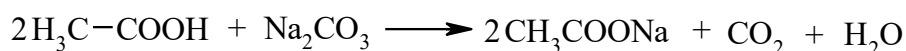
Хімічні властивості карбонових кислот визначаються властивостями карбоксильної групи і зв'язаного з нею вуглеводневого радикала, а також їх взаємним впливом. Розглянемо реакції кислот: а) зумовлені рухливістю атома Гідрогену в карбоксилі (кислотні властивості), б) базовані на властивості

гідроксильної групи карбоксилу заміщуватися різними атомами чи групами і в реакції за рахунок зв'язаного з карбоксилем вуглеводневого радикала.

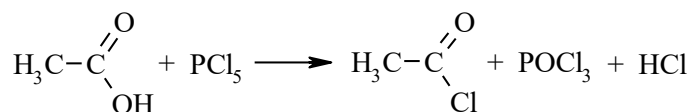
При взаємодії з основами (а) (реакція нейтралізації), з основними оксидами (б) чи активними металами (в) Гідроген карбоксильної групи кислоти заміщується на метал і утворюються солі карбонових кислот:



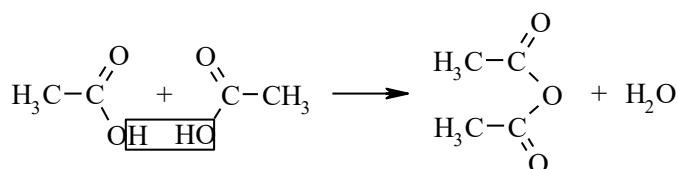
Карбонові кислоти, як і неорганічні кислоти, **взаємодіють із солями слабких кислот**:



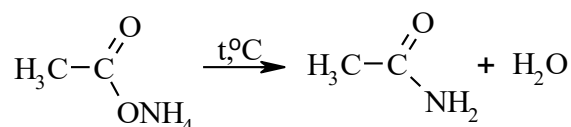
Гідроксильна група карбоксилу здатна **заміщуватись на галоген**, при цьому утворюються галогенангідриди карбонових кислот. Найбільш часто застосовуються хлорангідриди; вони утворюються, наприклад, при дії на кислоти хлориду фосфору (V) PCl_5 :



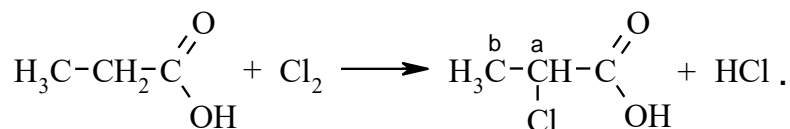
При відніманні молекули води від двох молекул кислоти утворюються **ангідриди карбонових кислот**:



Аміди карбонових кислот утворюються в результаті заміщення гідроксилу в карбоксилі кислоти на одновалентний залишок аміаку – аміногрупу $-\text{NH}_2$. Аміди отримують нагріванням сухих амонієвих солей карбонових кислот; при цьому виділяється вода й утворюється амід:



Галогени можуть заміщувати гідроген у вуглеводневих радикалах кислот, утворюючи галогенкарбонові кислоти; при цьому під дією карбоксильної групи найбільш легко **заміщуються атоми гідрогену в α -положенні** до цієї групи:



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Встановлення сили карбонових кислот.

На смужку універсального індикаторного паперу наносять по краплі розчини органічних кислот і хлоридної кислоти. За допомогою шкали визначають рН цих розчинів. Результати досліду записують.

Дослід 2. Утворення солей карбонових кислот.

У три пробірки поміщають, відповідно, магній, цинк, карбонат натрію. До металів наливають розчин оцтової кислоти. Якщо реакція з цинком проходить повільно, то її підігривають. До отвору кожної пробірки підносять запалений сірник. Що спостерігається?

Дослід 3. Відношення карбонових кислот до окислювачів.

У три пробірки наливають по 2 мл розчинів мурашиної, оцтової і щалевої кислот. До кожного розчину додають по 1 мл 10% розчину сірчаної і 1 мл 1% розчину перманганату калію. Пробірки обережно нагрівають і спостерігають за зміною забарвлення.

Дослід 4. Розклад оксалатної кислоти при нагріванні.

2 г оксалатної (щавлевої) кислоти насипають у суху пробірку і закривають її корком з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурений в іншу пробірку з вапняною водою.

Дослід 4. Реакція срібного дзеркала.

В окремій ретельно вимитій пробірці готують аміачний розчин гідрооксиду срібла. Доливають такий самий об'єм розчину мурашиної кислоти. Пробірку з реакційною сумішшю нагрівають декілька хвилин на водяній бані (температура води в бані 60 - 70°C).

Записують спостереження і рівняння реакцій.

Лабораторна робота № 8

ТЕМА: Синтез естерів. Властивості жирів.

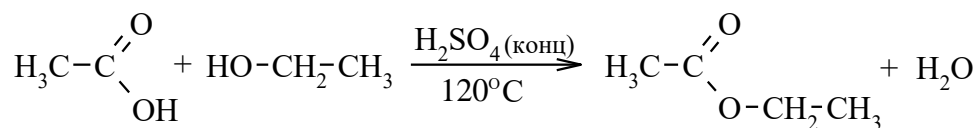
МЕТА: Отримати естери із характерними запахами. Вивчити будову жирів, способи їх утворення та хімічні властивості.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Умови проходження реакції естерифікації.
2. Поширення естерів у природі.
3. Використання естерів у харчовій промисловості.
4. Природна сировина для отримання жирів.
5. Класифікація та властивості жирів.
6. Гідрогенізація жирів.
7. Навести реакцію одержання вищих жирних кислот з природних жирів.
8. Пояснити властивості мила в жорсткій воді.
9. Що відбувається на межі зіткнення води і спиртового розчину мила?

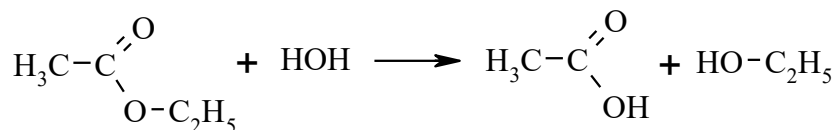
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Карбонові кислоти здатні вступати в реакцію **естерифікації** зі спиртами:



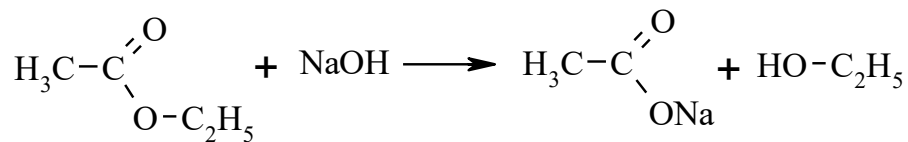
Для швидкого досягнення рівноваги застосовують каталізатори, такі як концентрована сульфатна кислота, котра, до того ж, є водовіднімаючим засобом.

Під дією води, особливо в кислому чи лужному середовищі, естери розкладаються (гідролізують) з утворенням кислоти і спирту:



Цим естери відрізняються від етерів, які, як відомо, гідролізу не піддаються. Естери нижчих карбонових кислот і нижчих одноатомних спиртів мають приємний запах квітів, ягід і фруктів. Естери вищих одноосновних кислот і вищих одноатомних спиртів - основа природних восків. Наприклад, бджолиний віск містить естер пальмітинової кислоти і мірицилового спирту (мірицилпальмітат) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{CO}-\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_{29}\text{CH}_3$.

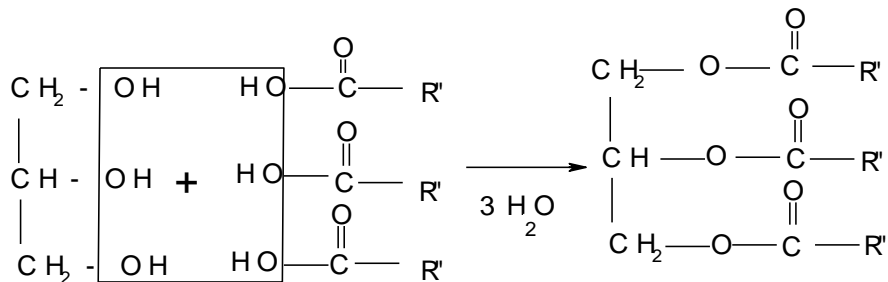
У кислому чи лужному середовищі процес гідролізу протікає швидше. Луги нейтралізують кислоту, що утворюється з естеру, і цим сприяють протіканню реакції:



Лужний гідроліз естерів називають *омиленням*.

Як естери, жири піддаються омиленню з утворенням гліцерину і суміші вищих карбонових кислот.

Жири - складні ефіри гліцерину і вищих одноатомних карбонових кислот.



гліцерин

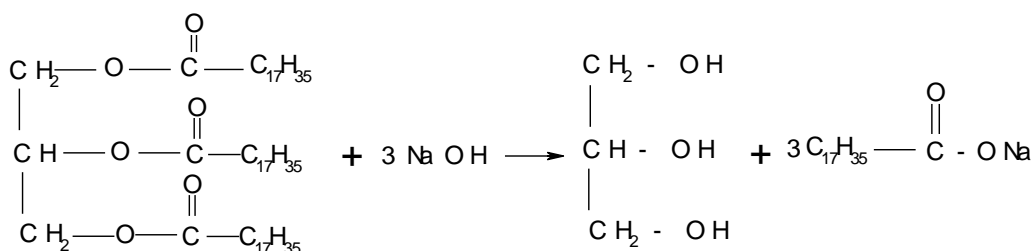
вищі карбонові кислоти

жир

Загальна назва таких сполук - тригліцериди або триацилгліцерини, де ацил - залишок карбонової кислоти $-\text{C}(\text{O})\text{R}$. До складу природних тригліцеридів входять залишки насичених кислот (пальмітинової $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$, стеаринової $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$) і ненасичених (олеїнової $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, лінолевої $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$).

Рослинні жири - олії (соняшникова, соєва, бавовняна й ін.) - рідини (виключення - кокосова олія). До складу тригліцеридів олій входять залишки ненасичених кислот.

Жирам як естерам властива обернена реакція гідролізу, яка каталізується мінеральними кислотами. При участі лугів гідроліз жирів відбувається необернено. Продуктами в цьому випадку є **мила** - солі вищих карбонових кислот і лужних металів.



жир

гліцерин

стеарат натрію
(моло)

Реакція лужного гідролізу жирів, і узагалі всіх естерів, називається омиленням.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення естерів з органічними кислотами.

а) *Утворення оцтовокислого естеру.* У пробірці змішують 2мл концентрованої оцтової кислоти, 2мл етилового спирту і 0,5мл концентрованої сульфатної кислоти. Одержану суміш обережно кип'ятять декілька хвилин і після охолодження виливають у пробірку з насиченим розчином кухонної солі. Утворений оцтовоетиловий естер, малорозчинний у воді, впливає на поверхню, тоді як спирт і оцтова кислота, що не вступили в реакцію, переходять у водний нижній шар. Естер має характерний освіжаючий запах.

б) *Утворення оцтовоізоамілового естеру.* У пробірці змішують 2-3 мл концентрованої оцтової кислоти, 2-3 мл ізоамілового спирту і близько 0,5мл концентрованої сульфатної кислоти. Вміст перемішують скляною паличкою і обережно нагрівають декілька хвилин. Продукт реакції виливають у завчасно приготовлену склянку з холодною водою. Оцтовоізоаміловий естер впливає на поверхню води. Має характерний запах грушевої есенції.

Пробірку нагрівають. Що спостерігається?

Дослід 2. Одержання вищих жирних кислот.

До 2 - 3 мл свіжовиготовленого водного розчину мила додають 1 - 2 мл 5%-го розчину хлоридної або сульфатної кислоти.

Записують спостереження і рівняння реакції.

Дослід 3. Гідроліз мила.

В суху пробірку поміщають 1 мл спиртового розчину мила, додають декілька крапель розчину фенолфталеїну. До одержаної суміші обережно приливають дистильовану воду так, щоб шари не змішувалися.

Записують спостереження і рівняння реакції.

Дослід 4. Утворення і властивості нерозчинних солей вищих жирних кислот.

В трьох пробірках до 2,5 мл водного розчину мила додають по 1 мл розчинів CaCl_2 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ і CuSO_4 .

До половини осаду кальцієвого мила, який одержано в попередньому досліді, додають 10%-ний розчин оцтової кислоти.

Записують та пояснюють спостереження, записують рівняння реакцій.

Дослід 5. Властивості жирів.

Для виявлення гліцерину в жирах використовують реакцію утворення акролеїну. У пробірку поміщають 10г калій гідросульфату і змочують його олією. При нагріванні суміші утворюється акролеїн, який виявляють за задушливим запахом.

Виявлення ненасичених кислот у жирах. У пробірку наливають 4-5 мл бромної води. додають 0,5 мл олії та збовтують. Проходить приєднання броду, у результаті чого бромна вода знебарвлюється. У іншу пробірку наливають 1-2 мл розчину калій

перманганату, 0,5 мл розчину натрій гідрокарбонату і 1 мл олії, енергійно збовтують. Записують та пояснюють спостереження, записують рівняння реакцій.

Дослід 6. Омилення жирів.

У випарну чашку вміщують 1 мл рицинової або соняшникової олій і 4 краплі 35 %-вого розчину натрію гідроксиду. Суміш розмішують скляною паличкою і спостерігають утворення однорідної емульсії. Рицинова олія починає омилуватись уже на холоді. Суміш нагрівають, безперервно помішуючи скляною паличкою.

Коли маса почне тужавіти, додають 2 мл дистильованої води і знову нагрівають, помішуючи доти, поки не утвориться однорідна прозора жовтувата рідина – мильний клей. Продовжуючи нагрівання, випарюють воду, поки мильний клей не почне пристає до палички все більше і більше і, нарешті, не стане застигати у вигляді білих пухких пластинок після видалення палички з чашки.

Знімають чашку з вогню і виконують пробу на повноту омилення. Для цього крупинку мила вміщують у пробірку, додають 1-2 мл дистильованої води і нагрівають до кипіння. Якщо мило розчиниться цілком, то омилення закінчене. У протилежному разі продовжують нагрівання ще кілька хвилин, після чого повторюють пробу на повноту омилення.

До густої однорідної маси при перемішуванні додають гарячий насичений розчин натрію хлориду (висолювання мила). Суміші дають відстоятися й охолонути. Шар мила спливає на поверхню водного розчину. Мило витягають і віджимають між аркушами фільтрувального паперу.

Дослід 7. Емульгуючі властивості мила

Миючі властивості мила пояснюються його емульгуючими властивостями, які знижують поверхневий натяг крапель масла. Це призводить до значного збільшення стійкості піни та емульсії. В дві пробірки наливають по 2 - 3 краплі соняшникової олії. В одну з них приливають 2 мл дистильованої води, а в другу - 2 мл 1%-ного розчину мила. Енергійно струшують обидві пробірки. Що спостерігається в кожній з цих пробірок?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Лабораторна робота № 9

ТЕМА: Властивості гідроксикислот.

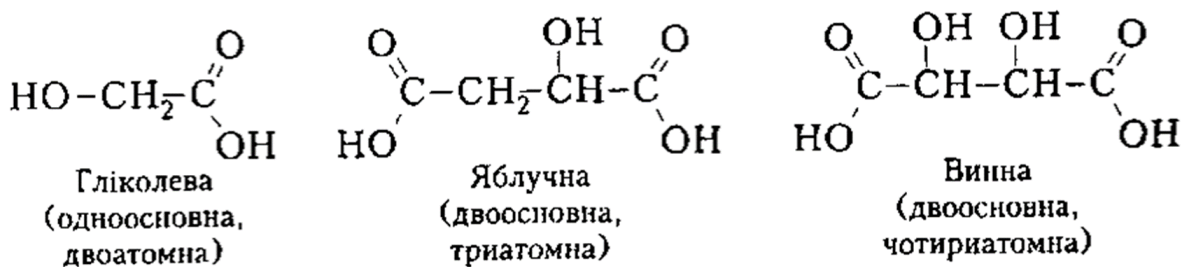
МЕТА: Вивчити властивості гідроксикислот.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Визначення, основність і атомність гідроксикислот.
2. Ізомерія та номенклатура одноосновних гідроксикислот.
3. Методи одержання (при неповному окисненні гліколей, з галогенокислот, з альдегідів і кетонів через гідроксинітрили).
4. Хімічні властивості гідроксикислот: реакції карбоксильної і спиртової груп. Відношення гідроксикислот до нагрівання.
5. Найбільш важливі представники гідроксикислот: гліколева, молочна, яблучна, винна, лимонна.
6. Оптична ізомерія, її визначення. Асиметричні органічні молекули. Асиметричні центри. Оптична активність, оптично активні речовини.
7. Оптичні ізомери з одним асиметричним атомом Карбону. Дзеркальні ізомери (енантіомери, оптичні антиподи). Рацемати. Проекційні формули Фішера. D і L-ряди.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Гідроксикислоти містять у молекулі одночасно гідроксильну і карбоксильну групи. Їх класифікують за основністю (кількість COOH-груп) та атомністю (кількість OH-груп, включаючи OH-групи з карбоксильної):



Молочна (2-гідроксипропанова, α -гідроксипропіонова) кислота у м'язах є продуктом розщеплення тваринного крохмалю (глікогену). Вона відіграє важливу роль в обміні речовин і є проміжним продуктом перетворення вуглеводів та інших речовин в організмі. Молочна кислота, що утворюється в результаті бродіння, застосовується у протравному фарбуванні, у шкіряному виробництві, для виробництва лікарських засобів, як протибродильний засіб при гострому розширенні шлунку у коней, метеоризмі, хронічному запаленні шлунку, для дезінфекції повітря в пташниках та інкубаторах.

Яблучна (гідроксибурштинова) кислота міститься у яблуках кислих сортів, агрусі та барбарисі, горобині, фруктових соках.

Калієво-натрієва сіль винної кислоти (сегнетова) використовується для виготовлення рідини Фелінга, що застосовується як реактив для якісного і кількісного визначення альдегідів і цукрів, а також у радіотехніці як діелектрик (п'єзокристали). Нерозчинну калієву сіль використовують в аналітичній хімії для виявлення Калію. У текстильній промисловості застосовують подвійну калієво-стибієву сіль як протраву у фарбуванні тканин. Ця сіль у медицині застосовується для лікування деяких інфекційних захворювань.

Лимонна (цитратна) кислота входить до складу багатьох плодів та ягід: лимону, гранату, апельсину, смородини, агрусу, винограду, у листках тютюну тощо. Лимонна кислота бере участь у біохімічному обміні речовин. Лимонну кислоту застосовують у харчовій і текстильній промисловості (при фарбуванні тканин), у медицині: для приготування плазми крові при переливанні крові – «цитратна плазма», як антидот при отруєнні лугами. Сіль лимонної кислоти з Ферумом – лікувальний препарат при ферумодефіцитних анеміях.

Саліцилова кислота характеризується антисептичними (консервуючими) властивостями. Вона застосовується у медицині як протиревматичний і жарознижуючий засіб. У мазях та пастах її застосовують при екзематозних процесах шкіри та мокнучих виразках. Її порошок застосовується як засіб, що зупиняє розвиток мікробів у рані. Оскільки сама саліцилова кислота подразнює слизову оболонку шлунку, застосовують її солі та естери.

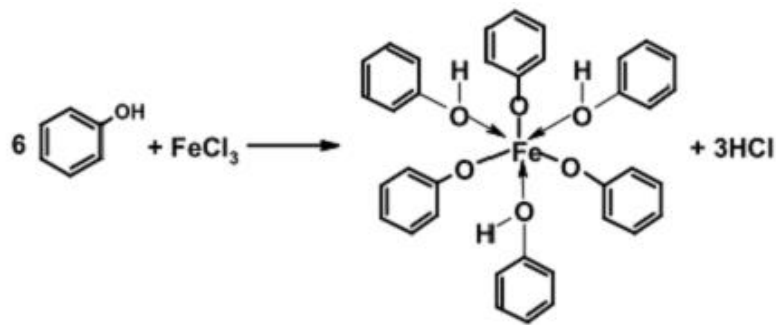
Ацетилсаліцилова кислота (аспірин) – це естер, утворений оцтовою та саліциловою кислотами.

Галова кислота – кристалічна речовина, яка має в'язучий смак і є складовою частиною дубильних речовин, зокрема глюкозиду – таніну, якого багато в корі дуба і особливо в чорнильних горішках. У медицині й ветеринарії танін використовують як в'язучий препарат. Він застосовується також у шкіряній промисловості для дубіння шкір і хутряних виробів. У хімічному аналізі його використовують як реактив на алкалоїд.

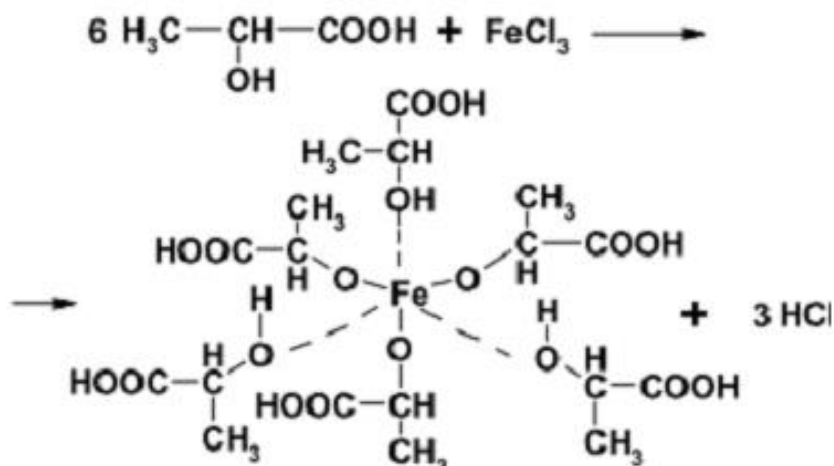
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісна реакція α -гідроксикислот з ферум(III) хлоридом.

а) У три пробірки вносять по 1 краплі 2 %-ого розчину ферум(III) хлориду і по 2 краплі 5 %-ого розчину фенолу. При взаємодії ферум(III) хлориду з фенолом утворюється ферум(III) фенолят, і розчин набуває фіолетового забарвлення:



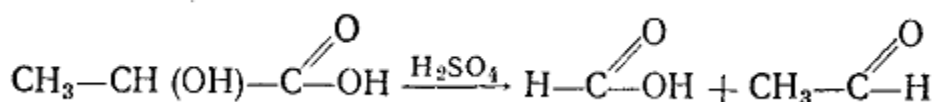
У першу пробірку додають 2 краплі оцтової кислоти, у другу – молочної, у третю – молочної сироватки. У пробірці з оцтовою кислотою забарвлення не змінюється. Молочна кислота руйнує ферум(III) фенолят і реагує з ферум(III) хлоридом з утворенням комплексної сполуки:



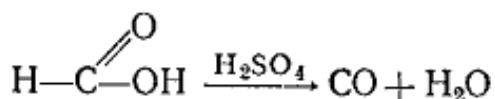
В процесі реакції фіолетове забарвлення розчину переходить в зелене або жовте. Кисла молочна сироватка теж дає реакцію з ферум(III) хлоридом, оскільки вона містить молочну кислоту.

Дослід 2. Розклад молочної кислоти сульфатною кислотою.

а) **Розклад молочної кислоти концентрованою сульфатною кислотою.** В суху пробірку поміщають 2 краплі молочної кислоти. Доливають 2 краплі концентрованої сульфатної кислоти і нагрівають до кипіння (тяги!). Рідина темніє і піниться від виділення газу – CO. Газ, що виділяється, підпалюють, він горить блакитним полум'ям. α -Гідроксикислоти при нагріванні з сульфатною кислотою відщеплюють мурашину кислоту, перетворюючись в альдегід або кетон, що містить на один атом Карбону менше, ніж вихідна гідроксикислота.

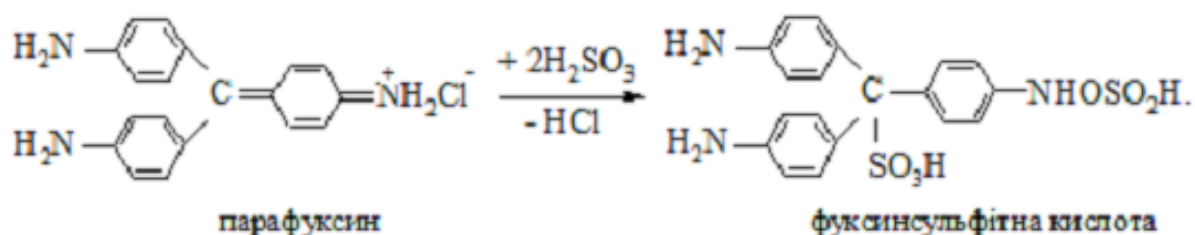


В присутності концентрованої сульфатної кислоти із мурашиної кислоти утворюється продукт її дегідратації – карбон(II) оксид:

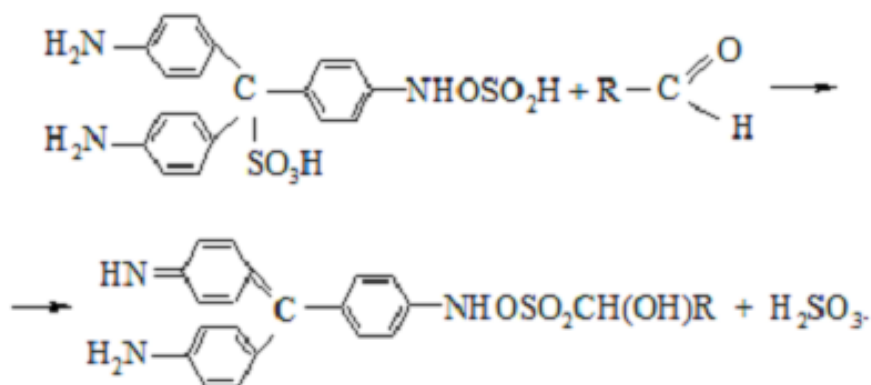


б) **Розклад молочної кислоти розведеною сульфатною кислотою.** В пробірку поміщують 2 краплі води, краплю сульфатної кислоти і краплю молочної кислоти. Закривають пробірку корком з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють в пробірку, яка містить 1 мл води і 2-3 краплі фуксинсульфїтної кислоти. Суміш кислот нагрівають до кипіння. Фуксинсульфїтна кислота забарвлюється в рожево-фіолетовий колір внаслідок утворення сполуки з альдегідом, що утворився з молочної кислоти при нагріванні з сульфатною кислотою.

Фуксинсульфїтну кислоту добувають дією сульфїтної кислоти на розчин фуксину. Фуксин – яскраво-червоний трифенілметановий барвник – знебарвлюється сульфїтною кислотою внаслідок руйнування хіноїдної структури:

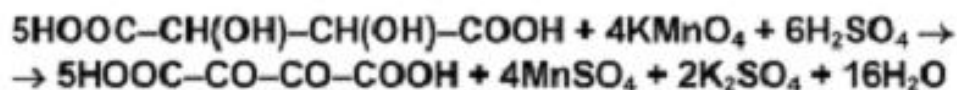
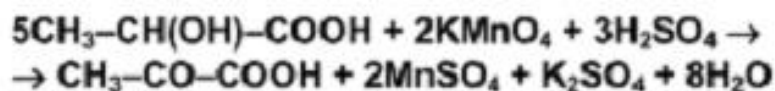


Після додавання альдегіду до безбарвного розчину фуксинсульфїтної кислоти з'являється фіолетове або синє забарвлення:



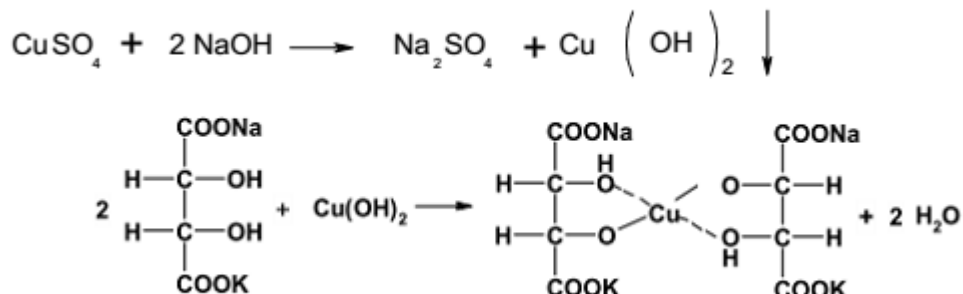
Дослід 3. Окиснення молочної та винної кислот.

У окремі пробірки наливають по 1,5-2 мл 5 %-их розчинів молочної та винної кислот, а потім по 0,5 мл 10%-ї H_2SO_4 та 1 мл розчину калій перманганату. Суміші перемішують, злегка нагрівають та спостерігають швидкість окиснення за знебарвленням розчину калій перманганату. При окисненні молочної і винної кислоти утворюються кетокислоти – піровиноградна кислота і дикетобурштинова кислота відповідно.



Дослід 4. Одержання реактиву Фелінга.

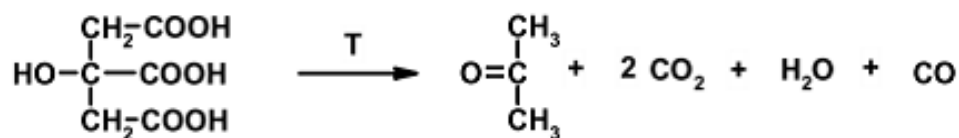
В пробірку поміщають дві краплі розчину купрум(II) сульфату і 2 краплі розчину натрій гідроксиду. До блакитного осаду купрум(II) гідроксиду додають розчин сегнетової солі (калій-натрій тартрат), яка вступає з ним в реакцію. Утворюється комплексна сполука винної кислоти і Cu^{2+} (реактив Фелінга) – рідина темно-синього кольору:



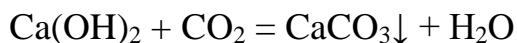
За допомогою реактиву Фелінга проводять якісне та кількісне визначення альдегідів, моносахаридів, відновлюючих дисахаридів. Реактив Фелінга легко окислює ці сполуки з виділенням червоного осаду купрум(I) оксиду, і частково навіть металічної міді. Наприклад, альдегіди за нагрівання з реактивом Фелінга окиснюються до карбонових кислот, відновлюючи Cu^{2+} до Cu^{1+} .

Дослід 4. Розкладання лимонної (цитратної) кислоти сульфатною кислотою.

За нагрівання з концентрованою сульфатною кислотою цитратна (лимонна) кислота розкладається на ацетон, вуглекислий газ, чадний газ та воду. У суху пробірку з газовідвідною трубкою вміщують 0,5-1 г порошку цитратної кислоти, додають 1 мл концентрованої сульфатної кислоти і нагрівають:

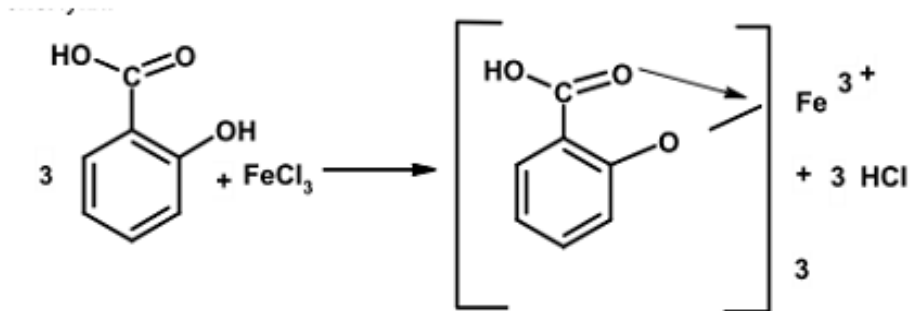


Кінець газовідвідної трубки занурюють у пробірку з вапняною (чи баритовою) водою. Спостерігають помутніння вапняної (баритової) води, внаслідок утворення кальцій (чи барій) карбонату:



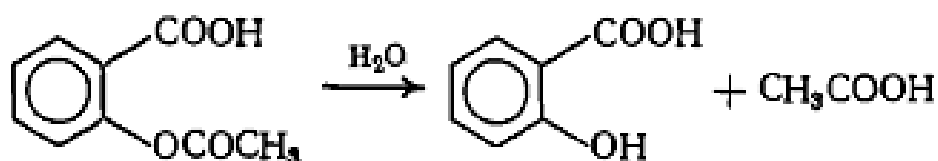
Дослід 5. Реакція саліцилової кислоти з ферум(III) хлоридом.

В пробірку наливають 2 мл води і додають декілька крапель саліцилової кислоти. До одержаного розчину додають 2-3 краплі розчину ферум(III) хлориду. З'являється інтенсивне фіолетове забарвлення, що свідчить про наявність фенольної гідроксильної групи в саліциловій кислоті:



Дослід 6. Гідроліз ацетилсаліцилової кислоти.

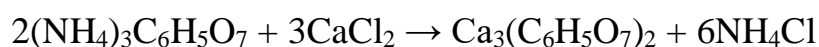
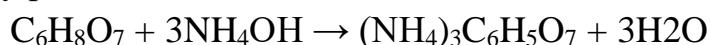
Декілька кристалів аспірину розчиняють в 3-5 мл води. Розчин ділять на дві частини, одну з них кип'яють 2-3 хв, а потім охолоджують і додають в кожну пробірку декілька крапель розчину FeCl_3 .



В одній з них з'являється інтенсивне фіолетове забарвлення, що свідчить про наявність фенольної гідроксильної групи в утвореній гідролізом саліцилової кислоти. Аспірин – ацетилсаліцилова кислота – не дає кольорової реакції з FeCl_3 .

Дослід 7. Добування кальцій цитрату.

У пробірку наливають 1 мл 5-ти % розчину лимонної кислоти і додають краплями 10-ти % розчин амоніаку до нейтральної реакції за лакмусом. Після цього приливають 1 мл 5-ти % розчину кальцій хлориду та обережно нагрівають реакційну суміш до кипіння. Випадає осад кальцій цитрату. Ця сіль у гарячій воді розчиняється важче, ніж у холодній, при кип'ятінні розчину вона випадає в осад, а при охолодженні знову розчиняється.



Лабораторна робота № 10

ТЕМА: Вуглеводи.

МЕТА: Засвоїти класифікацію та властивості вуглеводів. Дослідити хімічні властивості моно- і дисахаридів, крохмалю.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Поширення вуглеводів у природі.
2. Класифікація вуглеводів.
3. Поняття про оптичну активність.
4. Хімічні властивості моносахаридів.
5. Сахароза. Інверсія цукру.
6. Полісахариди. Харчові волокна.
7. Використання вуглеводів як продуктів харчування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вуглеводи – біохімічні сполуки, що утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу. У рослинах вуглеводи становлять 80...90 % маси, причому в різних частинах вміст їх різний. Так, у зелених частинах рослин він становить 2,5...6 %, у бульбах картоплі і коренеплодах – 10...20 %, у зернах злаків – до 70 %.

У складі організму людини і тварин вуглеводи присутні в меншій кількості, ніж білки та ліпіди, і становлять усього приблизно 2 % від маси сухих речовин.

Однак для людини їхнє значення дуже велике. Про це свідчать різноманітні функції, які виконують вуглеводи.

Енергетична функція. Вуглеводи на 60 % забезпечують організм енергією. При окиснюванні 1 г вуглеводів виділяється близько 4 ккал енергії.

Пластична функція. Вуглеводи беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму, таких, як нуклеопротейни, ліпоїди, складні ферменти, мукополісахариди й ін.

Функція поживних речовин. Вуглеводи мають здатність відкладатися в організмі у вигляді глікогену – запасного вуглеводу, що витрачається в міру необхідності. Глікоген в основному зосереджений у печінці й м'язах. При повноцінному харчуванні в печінці може накопичуватися до 10 % глікогену від маси печінки, у м'язах – до 2 %. При голодуванні запаси глікогену знижуються до 0,2 %.

Захисна функція. Густі секрети (слизи), виділювані різними залозами, багаті на мукополісахариди. Вони охороняють стінки порожніх органів від механічних ушкоджень, від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

Регуляторна функція. Представник вуглеводів – клітковина має грубу структуру. Потрапляючи з їжею в шлунково-кишковий тракт, вона викликає механічне роздратування стінок шлунка і кишечника, підвищує їхню активність і сприяє спорожнюванню.

Специфічна функція. Окремі представники вуглеводів виконують особливі функції в організмі, наприклад беруть участь у проведенні нервових імпульсів, утворенні антитіл, забезпеченні специфічності груп крові, нормальної діяльності центральної нервової системи.

За сучасною класифікацією вуглеводи підрозділяються на три основні групи залежно від їхнього складу, структури й властивостей: моносахариди, олігосахариди й полісахариди.

Моносахариди. Вуглеводи цієї групи мають карбонільну групу (альдегідну або кетонну). Вони є похідними багатоатомних спиртів і мають склад $C_nH_{2n}O_n$. Найпоширенішими моносахаридами є альдогексози, альдопентози, кетогексози. Альдози можуть окиснюватися до відповідних кислот, одночасно відновлюючи солі металів. Ця властивість використовується для проведення якісних та кількісних реакцій для їх виявлення.

Олігосахариди. У складі молекул олігосахаридів перебуває від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і т.п.

Дисахариди – складні цукри, кожна молекула яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Емпірична формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза, целобіоза. Поряд з полісахаридами дисахариди є основними вуглеводами в їжі людини і тварин.

Полісахариди. Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великого числа моносахаридів. Вони мають гідрофільні властивості і при розчиненні у воді утворюють колоїдні розчини. Полісахариди підрозділяються на гомо- і гетерополісахариди. Гомополісахариди. До їхнього складу входять моносахариди одного типу. Наприклад, крохмаль і глікоген побудовані тільки з молекул глюкози, інулін – із фруктози. Найбільш важливими гомополісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), що складаються із залишків молекул глюкози, а також пектинові речовини. Із залишків молекул фруктози побудований полісахарид інулін, манани містять залишки молекул манози, галактани – галактози. Крохмаль являє собою суміш лінійного полісахариду – амілози (10...30 %) і амілопектину (70...90 %), загальна формула яких – $(C_6H_{10}O_5)_n$. Гідролітичне розщеплення крохмалю відбувається поступово, з утворенням проміжних продуктів – декстринів і мальтози, при повному гідролізі виділяється глюкоза. Глікоген ("тваринний крохмаль") – головний резервний полісахарид людини і вищих тварин.

Целюлоза (клітковина) $(C_6H_{10}O_5)_n$ широко поширена в рослинному світі. Вона є основною структурою стінок клітин, обумовлюючи їхню міцність і еластичність. Пектинові речовини – полісахариди рослинного походження. Вони являють собою високомолекулярні сполуки, що перебувають у великій кількості в ягодах, фруктах і овочах. У якості мономерних залишків містять D-галактуронову кислоту.

Гетерополісахариди складаються з різного виду моносахаридів (глюкози, галактози) і їхніх похідних (аміносахарів, гексуринових кислот). У їхньому складі

виявлені і інші речовини: азотисті основи, органічні кислоти. До гетерополісахаридів відносять полісахариди.

Мукополісахариди являють собою желеподібні липкі речовини. Вони виконують різні функції, у тому числі структурну, захисну, регуляторну. Мукополісахариди становлять основну масу міжклітинної речовини тканин, входять до складу шкіри, хрящів, синовіальної рідини. В організмі мукополісахариди зустрічаються в комплексі з білками (глікопротеїни) і жирами (гліколіпіди). У рослинах вони представлені камедями.

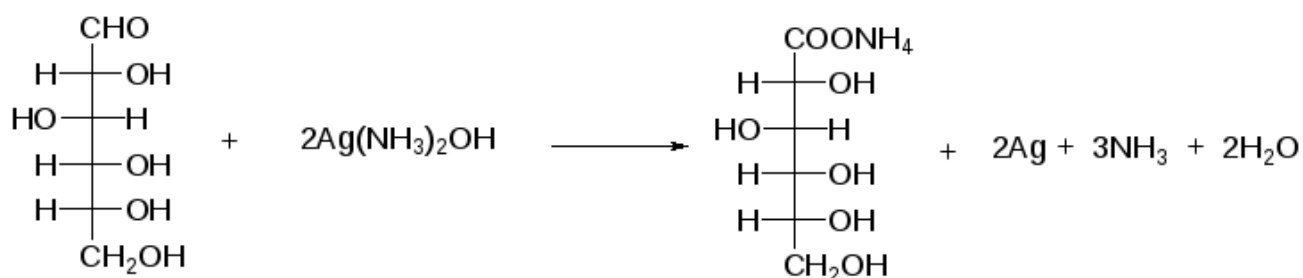
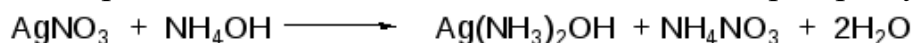
Гіалуронова кислота також є гетерополісахаридом. Вона входить до складу сполучної тканини в якості основного "цементуючого" компонента клітин і міжклітинної речовини. У зв'язку із цим їй належить важлива роль у формуванні бар'єрних функцій організму, що сприяє захисту його від інфекцій, іонізуючої радіації, вона також бере участь в обміні води в організмі.

Геміцелюлози відносяться до гетерополісахаридів, тому що побудовані з різних моносахарів. Геміцелюлози в рослинах супроводжують целюлозу. При їхньому гідролізі утворюється суміш різних моносахаридів (D-галактоза, D-ксилоза, D-арабіноза, уронові кислоти, D-маноза, D-глюкоза).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення срібного дзеркала.

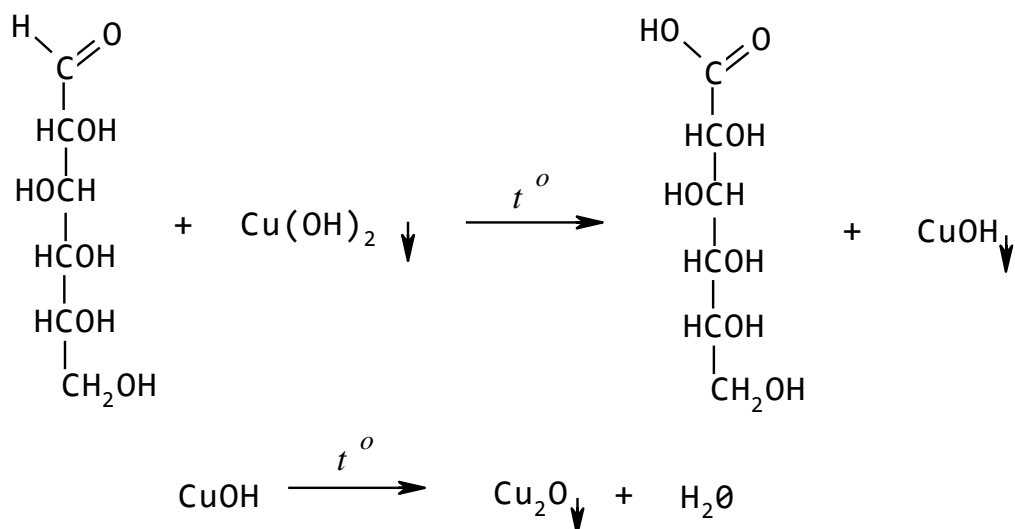
У чисту пробірку, вимиту гарячим лугом і виполоскану дистильованою водою, поміщають 1-2 мл розчину аргентум нітрату, додають розчину аміаку до розчинення осаду і доливають рівний об'єм 3 %-ного розчину глюкози. Пробірку поміщають на декілька хвилин у нагріту до 70-90 °С воду. При цьому металічне срібло, що виділяється при окисненні глюкози, осідає на стінках пробірки у вигляді дзеркала.



Дослід 2. Окиснення глюкози купрум (II) гідроксидом у лужному розчині (реакція Троммера).

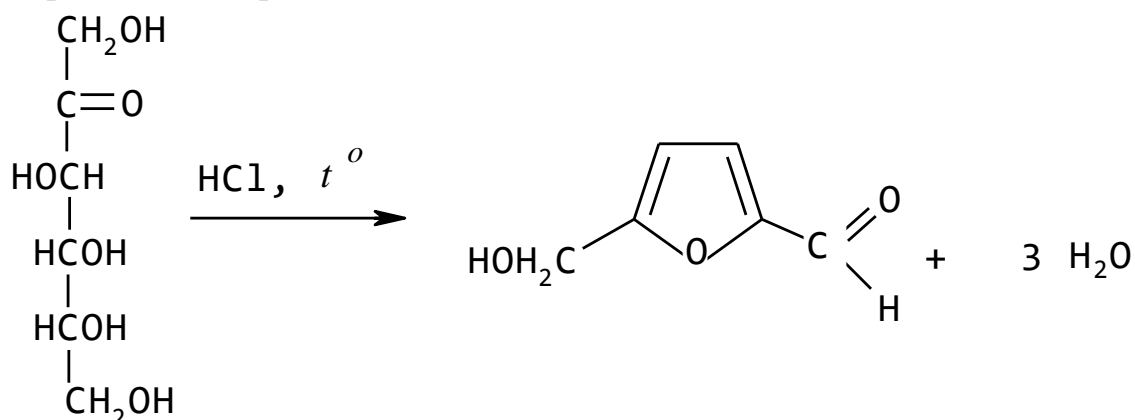
У пробірку наливають 2 мл 3 %-ного розчину глюкози, 2-3 мл 10 %-ного розчину натрій гідроксиду і додають краплями 0,5 мл 1 %-ного розчину купрум (II) сульфату. Купрум (II) сульфат взаємодіє з лугом і утворює осад гідроксиду, який розчиняється при збовтуванні, тому що глюкоза, що має у своєму складі гідроксильні групи, має властивість давати з купрум (II) гідроксидом розчинні комплексні сполуки (сахарати) інтенсивного синього кольору. Верхній шар вмісту

пробірки обережно нагрівають у полум'ї пальника до початкового кипіння і спостерігають зміну забарвлення розчину. При цьому глюкоза окисляється у глюконову кислоту і з'являється жовтий осад, що переходить у червоний осад купрум (I) оксиду. Позитивну реакцію Троммера дають тільки ті вуглеводи, які мають вільний глікозидний гідроксил, тобто всі моносахариди, а із дисахаридів – мальтоза, лактоза і деякі інші. Вуглеводи, що не мають вільної альдегідної або кетонної групи, тобто сахароза, крохмаль, глікоген і інші, реакції Троммера не дають.



Дослід 3. Реакція Селіванова на кетогексози.

Характерною реакцією на кетогексози є одержання червоного забарвлення при нагріванні їх з концентрованою хлоридною кислотою у присутності резорцину. До 2-3 мл 1 %-ного фруктози доливають близько 2 мл реактиву Селіванова і нагрівають на водяній бані. Спостерігають появу вишнево-червоного забарвлення. Забарвлення залежить від взаємодії оксиметилфурфуролу, що утворюється з резорцином. Альдогексози в цих умовах реагують набагато повільніше, і розчин забарвлюється лише у блідорожевий колір.



Дослід 4. Гідроліз (інверсія) сахарози.

У пробірку поміщають 4 мл 2 %-ного розчину сахарози, декілька крапель розведеної сульфатної кислоти і кип'ятять протягом 3-5 хвилин. Розчин розділяють на дві пробірки. У першій проводять реакцію Троммера. Без попереднього гідролізу сахароза купрум (II) гідроксиду не відновлює, тому що її молекула не має вільних

глікозидних гідроксилів або вільних карбонільних груп. З другою частиною кислого гідролізату проробляють реакцію Селіванова. До розчину додають концентровану хлоридну кислоту, кристалик резорцину і нагрівають. Поява вишнево-червоного забарвлення вказує на присутність у гідролізаті фруктози.

Дослід 5. Відновна здатність лактози та мальтози

В одну пробірку наливають 2 мл розчину лактози, в іншу 2 мл розчину мальтози. В обидві пробірки потім додають по 1 мл розчину гідроксиду натрію і по п'ять крапель розчину сульфату міді. Пробірки обережно нагрівають у полум'ї пальника й спостерігають утворення червоного осаду геміоксиду міді.

Завдяки наявності вільної альдегідної групи в молекулі лактози, целобіози та мальтози ці дисахариди мають редуруючі властивості й можуть брати участь у реакціях відновлення, зокрема, дають позитивну реакцію Троммера.

Дослід 6. Реакція крохмалю з йодом

У пробірку наливають 2 мл розчину крохмалю, додають одну-дві краплі розчину Люголя. Уміст пробірки перемішують. Унаслідок взаємодії крохмалю з йодом утворюється комплексна адсорбційна сполука синього кольору. Переносять 1 мл рідини в іншу пробірку, куди додають 1 мл розчину гідроксиду натрію чи калію. Спостерігають знебарвлення вмісту пробірки, що свідчить про взаємодію молекулярного йоду з лугом.

Суміш, що залишилася в пробірці, нагрівають на водяній бані. Спостерігають зникнення синього забарвлення (розчин стає жовтим через вміст йоду). Синій колір знову з'являється під час охолодження. Зникнення забарвлення внаслідок нагрівання зумовлене руйнуванням вторинної структури амілази і вивільненням йоду, з охолодженням вторинна структура відновлюється, нестійкі комплекси крохмалю з йодом також відновлюються, тому колір знову стає синім.

Дослід 7. Якісне виявлення крохмалю.

У хімічний стакан помістити 1-2 г крохмалю, додати 2-3 мл води, перемішати і при перемішуванні долити гарячої води до отримання прозорого розчину. Вистудити розчин, капнути у нього 1-2 краплі розчину йоду в калій йодиді. Виявити з допомогою йоду крохмаль у харчових продуктах (хліб, картопля, майонез, сосиски).

Лабораторна робота № 11

ТЕМА: Амінокислоти. Білки.

МЕТА: Вивчити будову амінокислот та білків, способи їх утворення та хімічні властивості.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Амінокислоти, способи їх отримання.
2. Хімічні властивості амінокислот.
3. Пептидний зв'язок.
4. Структура білків.
5. Якісні реакції на білки.
6. Вміст білків у продуктах харчування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Амінокислоти – це гетерофункціональні сполуки, що містять у своєму складі як аміно-, так і карбоксильну групи. Амінокислоти розрізняють за кількістю цих груп (моноаміномонокарбонові, моноамінодикарбонові, діаміномонокарбонові, діамінодикарбонові) та наявністю додаткових функціональних груп (наприклад, гідроксильної, сульфгідрильної) або гетероатомів (наприклад сірки), за взаємним розміщенням аміно- і карбоксильної групи (наприклад α -, β -, γ -амінокислоти). Амінокислоти різняться також характером радикалів (ациклічні та циклічні, ароматичні та циклічні неароматичні, карбоциклічні та гетероциклічні) та їх полярністю – полярні (гідрофільні) та неполярні (гідрофобні). Усі амінокислоти, за винятком гліцину, який не має радикала і хірального центру, є оптично активними сполуками, тобто обертають площину поляризованого світла. Вони поділяються на амінокислоти L- та D-стереохімічних рядів, які відрізняються просторовим розміщенням замісників, напрямленням обертання площини поляризованого світла і біологічною активністю. Особливо виділяють протеїногенні амінокислоти, тобто такі, з яких побудовані білки живих організмів. Протеїногенними є L- α -амінокислоти. Для організмів амінокислоти можуть бути замісними та незамінними, а також частково або умовно замісними. Для кожного виду живих організмів існує свій певний набір незамінних амінокислот. Наприклад, для людини незамінними є вісім амінокислот, дві амінокислоти умовно замісні – вони обов'язкові для дітей і необов'язкові для дорослих.

Амінокислотний склад – важлива характеристика білка. Від того, які саме амінокислоти та в якій послідовності входять до складу білкової молекули (від якісного і кількісного складу), залежить просторова структура білка та його функції.

Повноцінні харчові білки за амінокислотним складом відповідають амінокислотному складу білків організму.

Білки – полімери, що не розгалужуються, мінімальна структурна одиниця яких – амінокислота (АК). Амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком. Поліпептиди, які здатні мимоволі формувати і утримувати певну просторову структуру, яка називається конформацією, відносять до білків. Стабілізація такої структури можлива лише при досягненні поліпептидами певної довжини. Тільки маючи певну просторову будову, білок може функціонувати.

Рівні організації білкової молекули. Первинним рівнем (або структурою) – організації білкової молекули називають послідовність амінокислотних залишків, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Вторинна структура – це просторове розташування атомів головного ланцюга молекули білка, наприклад альфа-спіралі і бета-листи. Вона утворюється і утримується в просторі за рахунок утворення водневих зв'язків між боковими угрупованнями АК основного ланцюга.

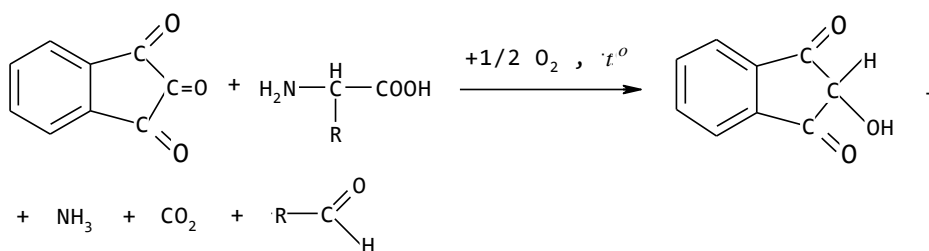
Третинна структура – це властивий даному білку спосіб укладання поліпептидного ланцюга у просторі. Це основа функціональності білка. Вона забезпечує стабільність обширних ділянок білків, що складаються з безлічі амінокислотних залишків та бокових груп. Такі впорядковані в просторі ділянки білка формують активні центри ферментів або зони зв'язування. Пошкодження третинної структури приводить до втрати функціональної активності білка. Стабільність третинної структури залежить в основному від не ковалентних взаємодій всередині білкової глобули, а переважно водневих зв'язків і вандерваальсових сил.

Четвертинна структура – розміщення в просторі взаємодіючих між собою субодиниць, утворених окремими поліпептидними ланцюгами. Тобто у формуванні четвертинної структури беруть участь не пептидні ланцюги, а глобули, які утворені з кожного з цих ланцюгів окремо. Четвертинна структура – це вищий рівень організації білкової молекули і він властивий далеко не всім білкам. Зв'язки, що формують цю структуру нековалентні: водневі, електростатичної взаємодії.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Нінгідрінова реакція на α -амінокислоти.

Нінгідрінова реакція характерна для аміногруп, які розміщені в α -положенні відносно карбоксильної групи. Під час нагрівання з нінгідрином α -амінокислоти окиснюються і розпадаються на альдегід, вуглекислий газ та аміак, нінгідрин відновлюється до дикетооксигідриндену:



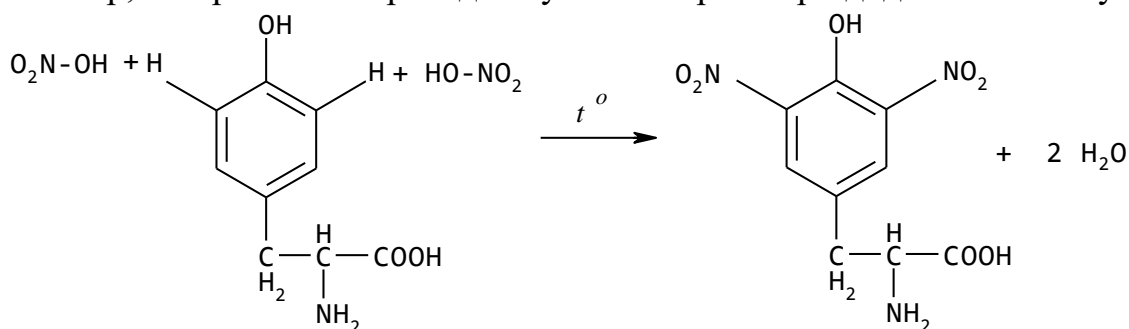
Виділений аміак реагує з іншою молекулою нінгідрину та з дикетооксигідринденом з утворенням сполуки, яка забарвлює розчин в інтенсивний фіолетово-синій колір.

У пробірку вносять 2–3 краплі розчину α -амінокислоти (або гідролізату білка), додають 1–2 краплі 0,1 М розчину нінгідрину, злегка підігрівають і спостерігають за зміною забарвлення розчину.

Дослід 2. Ксантопротеїнова реакція

У пробірку вносять 1–2 краплі розчину тирозину (або білка), 2–3 краплі концентрованої азотної кислоти, нагрівають і спостерігають за зміною забарвлення розчину. Потім по одній краплі додають під час перемішування розчин аміаку до зміни забарвлення.

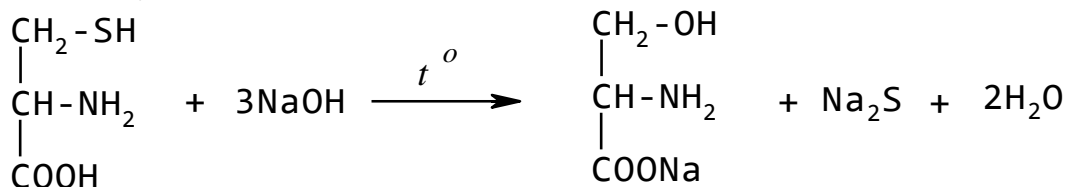
Ксантопротеїнова реакція є характерною для ароматичних амінокислот фенілаланіну, тирозину, триптофану, бензольне кільце яких нітрується за дії концентрованої азотної кислоти з утворенням нітросполук, що забарвлюють розчин у жовтий колір; забарвлення переходить у жовтогаряче при додаванні аміаку.



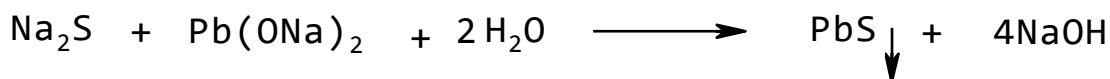
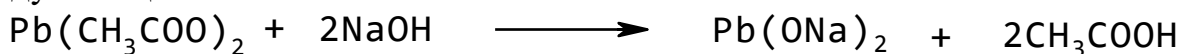
Ксантопротеїнова реакція дуже чутлива, тому за її допомогою легко виявляють не лише ароматичні амінокислоти, але й білки, до складу яких вони входять.

Дослід 3. Реакція Фоля на сірковмісні амінокислоти (вільні або у складі пептидів та білків)

У пробірку вносять 1 мл розчину цистеїну, 2 мл концентрованого розчину гідроксиду натрію та 1 мл реактиву Фоля. Суміш ретельно перемішують і кип'ятять на водяній бані 2 хв. Під час кип'ятіння в лужному середовищі пептидів або білків, що містять сірковмісні амінокислоти, від них легко відщеплюється сірка у вигляді сірководню, який у лужному середовищі утворює сульфід натрію. Рівняння реакції за участю цистеїну має такий вигляд:



Сульфід натрію можна виявити за допомогою іонів важких металів, наприклад свинцю, які утворюють з іонами сірки нерозчинний сульфід свинцю чорного кольору. Розчинний ацетат свинцю під час взаємодії з гідроксидом натрію утворює плюмбіт натрію, який у ході реакції із сульфідом натрію утворює чорний осад сульфїду свинцю:

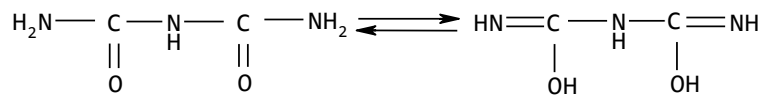


Через 3–5 хв випадає чорний осад сульфїду свинцю.

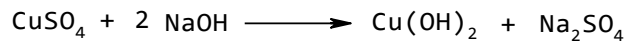
Дослід 4. Біуретова реакція для виявлення пептидних зв'язків у пептидах та білках

До 3 мл яєчного білка додають 1 мл розчину гідроксиду натрію, одну-дві краплі розчину сульфату міді і перемішують.

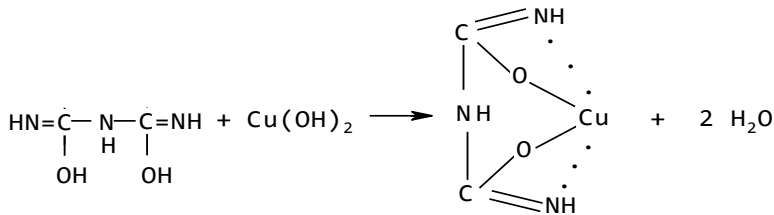
Біурет можна одержати під час нагрівання сечовини до температури 180 °С, він не є пептидом, але має два пептидні зв'язки. У лужному середовищі біурет енолізується:



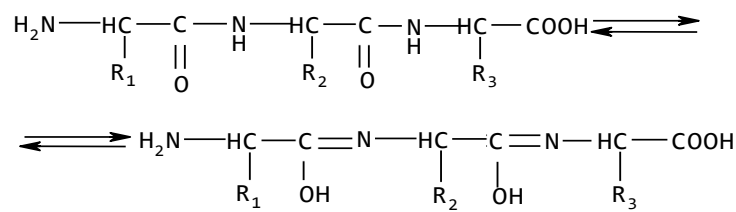
Гідроксид міді(II) для проведення біуретової реакції одержують реакцією взаємодії сульфату міді(II) із гідроксидом натрію (чи калію):



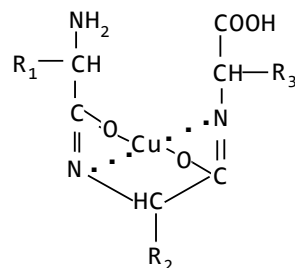
Дві молекули біурету в енольній формі взаємодіють із гідроксидом міді (II) й формують комплекс, у якому координаційні зв'язки утворені за рахунок електронних пар атомів азоту іміногруп. Комплекс біурету з міддю утворюється за такою схемою:



Подібний комплекс із міддю можуть утворювати пептиди та білки. Спочатку пептидні зв'язки в лужному середовищі енолізуються:



Найпростіший пептид, який дає позитивну біуретову реакцію, – трипептид:



Білки, що мають пептидні зв'язки в енольній формі, взаємодіють із гідроксидом міді (II) і утворюють подібні комплекси.

Уміст пробірки забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.

Дослід 5. Фракційне осадження білків методом висолювання

У пробірку вливають 2–3 мл сироватки крові, додають такий самий об'єм насиченого розчину сульфату амонію, перемішують. В осад випадають глобуліни (50 % насичення розчину), які мають відносно велику молекулярну масу і невеликий заряд. Осад відфільтровують. До осаду на фільтрі додають невелику кількість води. В одержаному розчині містяться глобуліни, наявність яких виявляють шляхом кип'ятіння, спостерігаючи утворення осаду.

Фільтрат з розчином альбумінів розливають у дві пробірки. У першу пробірку додають кристалічний сульфат амонію до повного насичення (100 %-го насичення

розчину). В осад випадають альбуміни. Уміст другої пробірки кип'ятять, спостерігають утворення осаду білків (альбумінів).

Дослід 6. Виявлення пентоз за реакцією Фелінга

У пробірку вносять 1 мл гідролізату нуклеопротеїну і нейтралізують 10 %-м розчином натрій гідроксиду (за наявності лакмусу) та додають такий самий об'єм реактиву Фелінга. Уміст пробірок перемішують і нагрівають. Реакція ґрунтується на здатності пентоз під час нагрівання в лужному середовищі окиснюватися, відновлюючи блакитний купрум(II) гідроксид до жовтого купрум(I) гідроксиду з наступним утворенням осаду купрум(I) оксиду цегляно-червоного кольору.

Спостерігають появу забарвлення.

Лабораторна робота № 12

ТЕМА: Властивості гетероциклів.

МЕТА: Вивчити будову та властивості п'ятичленних та шестичленних гетероциклів. Встановити роль гетероциклів у природі та різних галузях промислового органічного синтезу.

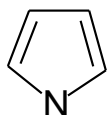
ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика гетероциклів.
2. Характер делокалізації р-електронів у п'яти- та шестичленних гетероциклах, вплив гетероатома.
3. Порівняльна характеристика ароматичності бензену та гетероциклічних ароматичних сполук.
4. Загальні та специфічні методи синтезу фурану, піролу та тіофену.
5. Пірольне кільце в природних об'єктах: гемоглобін, хлорофіл і вітамін В₁₂.
6. Піридин як представник шестичленних гетероциклів.
7. Піридинове кільце у складі природних сполук.

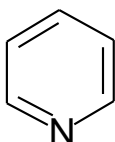
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Гетероциклічні сполуки - це органічні речовини, що містять у своїх молекулах цикли, в утворенні яких крім атомів вуглецю беруть участь атоми інших елементів (гетероатоми).

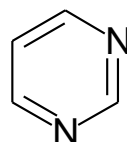
Найбільш поширені гетероцикли, до складу яких входять атоми азоту, кисню або сірки.



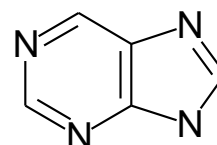
Пірол



Піридин



Піримідин

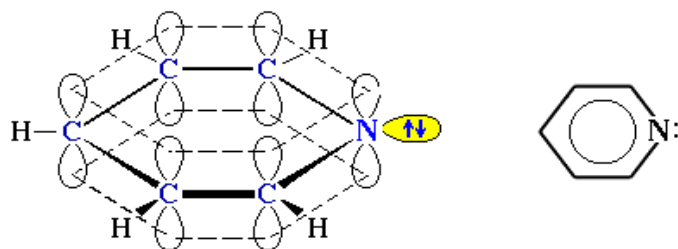


Пурин

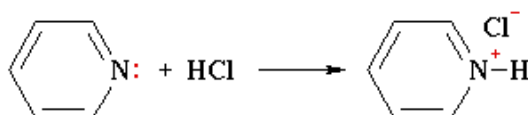
Атом азоту в гетероциклах є зв'язаним з вуглецевими атомами, тому такі сполуки можна розглядати як **циклічні аміни**.

Піридин C₅H₅N – шестичленний гетероцикл з одним атомом азоту.

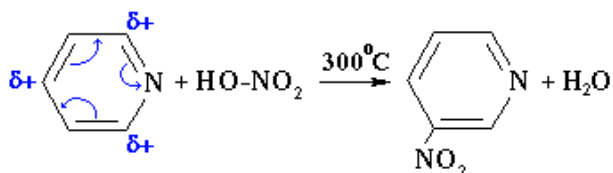
Електронна будова молекули піридину подібна до будови бензолу. Атоми вуглецю й азоту знаходяться в стані *sp*²-гібридизації. Усі σ-зв'язки С–С, С–Н і С–N утворені гібридними орбіталями, кути між ними складають приблизно 120°. Тому цикл має плоску будову. Шість електронів, що знаходяться на негібридних р-орбіталях, утворюють π-електронну ароматичну систему.



З трьох гібридних орбіталей атома азоту дві утворюють σ -зв'язки C-N, а третя містить неподілену пару електронів, яка не бере участь у π -електронній системі. Тому піридин, подібно амінам, виявляє **властивості основи**. Його водний розчин забарвлює лакмус у синій колір. При взаємодії піридину із сильними кислотами утворюються солі піридинію.



Поряд з основними властивостями піридин виявляє **властивості ароматичної сполуки**. Однак його активність у реакціях електрофільного заміщення нижче, ніж у бензолі. Це пояснюється тим, що азот як більш електронегативний елемент відтягує електрони на себе і знижує густину електронної хмари в кільці, особливо в положеннях 2 і 4 (*орто*- і *пара*-положення). Тому, наприклад, реакція нітрування піридину проходить у жорстких умовах (при 300°C) і з низьким виходом. Орієнтуючий вплив атома азоту на вступ нового замісника при електрофільному заміщенні в піридині є подібним до впливу нітрогрупи в нітробензолі: реакція йде в положення 3.



Як і бензол, піридин може приєднувати водень у присутності каталізатора з утворенням насиченої сполуки *піперидину*.

Піперидин виявляє властивості вторинного аміну (сильна основа).

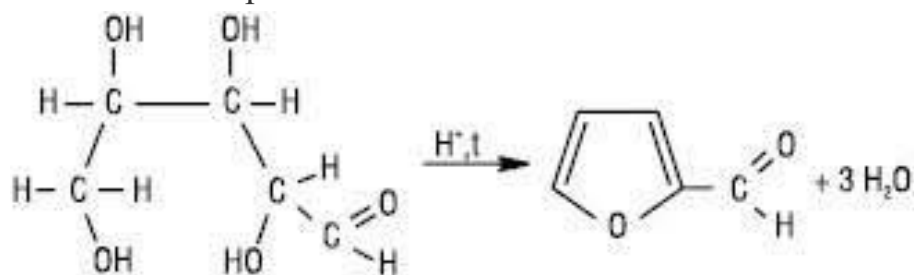
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Одержання фурфуролу

В круглодонній колбі на 25 мл змішують 2-3 г ошурок (лузги від насіння, кукурудзяних качанів) з розбавленою (1:1) соляною кислотою, так, щоб кислота добре просочила ошурки. Колбу нагрівають із зворотним холодильником на киплячій водянній бані 10 хвилин. Потім холодильник змінюють на пробку із спадною скляною трубкою і, нагріваючи колбу полум'ям пальника, відганяють 2-3 мл рідини у пробірку.

Зверніть увагу на запах рідини. Запишіть рівняння реакції.

Промисловий спосіб добування базується на гідролізі розведеної мінеральними кислотами пентозановмісної сировини.



Дослід 2. Реакції фурфуролу

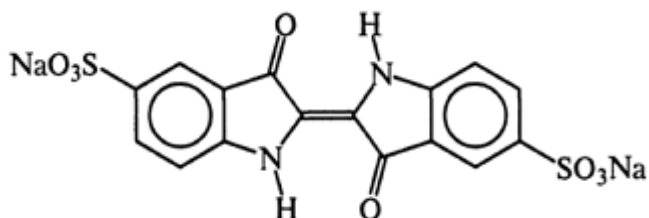
а) До краплі розчину фенолгідразину в оцтовій кислоті додають краплю водяного розчину фурфуролу.

б) Смужку фільтрувального паперу змочують розчином аніліну в оцтовій кислоті і наносять краплю фурфуролу.

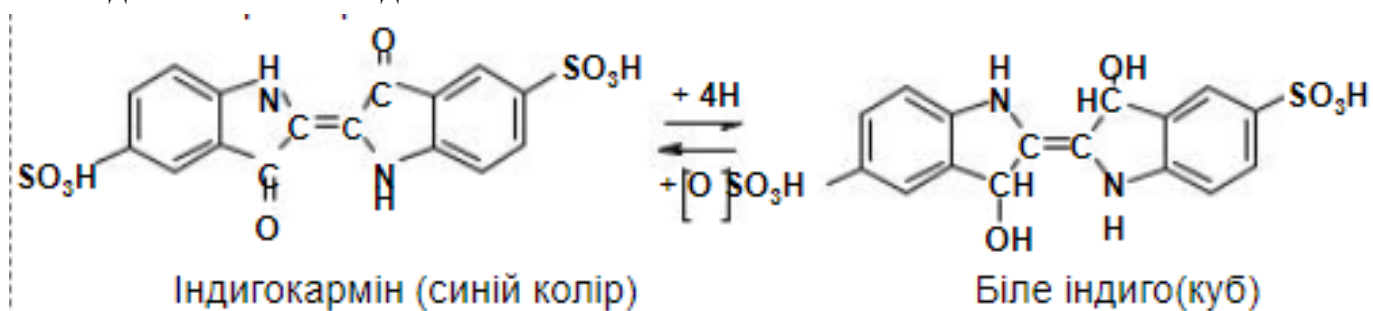
в) Проводять реакцію фурфуролу з аміачним розчином оксиду срібла. Записують спостереження і рівняння реакцій, які відбуваються.

Дослід 3. Відновлення індигокарміну.

Барвник індигокармін (відноситься до кубових барвників) E132 представляє собою динатрієву сіль індиго 5,5'-дисульфокислоти. Представляє собою темно-синій порошок або гранулят, синій розчин у воді. Спектр поглинання в воді при довжині хвилі 610 нм. Натрієва сіль барвника є добре розчинною у воді, гліцерині; гірше розчинна в етанолі; є нерозчинною в рослинних оліях. Алюмінієвий лак індигокарміну нерозчинний в воді, спиртах, жирах. Термостійкість досить висока – до 150 °С, але низька стійкість до світла, лугів, кислот.



У пробірку поміщують 0,1 мл 0,5 % розчину індигокарміну, 0,1 мл 0,5 %-ого розчину глюкози, 0,1 мл 10%-ого розчину Na_2CO_3 і 0,5 мл дистильованої води. Розчини перемішують і нагрівають в полум'ї газового пальника до кипіння. Розчин знебарвлюється, а при інтенсивному струшуванні знову забарвлюється в синій колір внаслідок окиснення індиго.



Лабораторна робота № 13

ТЕМА: Якісне визначення основних класів органічних сполук.

МЕТА: Узагальнити знання про якісні реакції основних функціональних груп.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

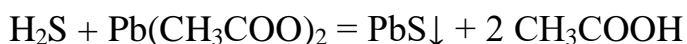
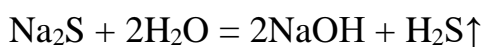
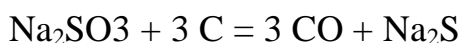
1. Якісне та кількісне визначення карбону, гідрогену, нітрогену, сульфору у складі органічних сполук.
2. Поняття про функціональний аналіз і визначення функцій (галоген, гідроксил, карбоксил, аміногрупа, ненасиченість).
3. Виявлення ненасичених зв'язків.
4. Виявлення ароматичного кільця.
5. Якісні реакції спиртів.
6. Виявлення аміногрупи.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Якісний елементний аналіз. Якісний елементний аналіз речовини дозволяє, по-перше, встановити чи є ця речовина органічною чи мінеральною, по-друге, встановити, які елементи входять до складу молекули речовини, що важливо для правильного кількісного визначення складу речовини, по-третє, дозволяють віднести досліджувану речовину до певного класу органічних сполук, у всякому разі звузити кількість можливих класів, до яких може належать сполука.

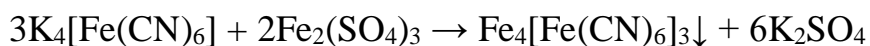
Якісне визначення вуглецю. 1) 20-30 мг речовини та 40-30 мг оксиду міді CuO в пробірці нагрівають в полум'ї газового пальника, а гази, що виділяються, спрямовують в розчин гідроксиду барію Ba(OH)_2 . Помутніння розчину за рахунок утворення нерозчинного карбонату барію BaCO_3 свідчить про наявність вуглецю в зразку речовини. 2) До кількох десятків міліграмів MoO_3 додають мікрокристал досліджуваної речовини, продувають інертним газом і нагрівають. За рахунок відновних властивостей сполук вуглецю жовтий MoO_3 перетворюється в синій Mo_2O_5 . Так можна відкрити 5 мкг вуглецю. Проте такий же ефект дає і будь-який інший відновник, наприклад, аміак.

Якісне визначення водню. Чутливі методи визначення водню засновані на тому, що при нагріванні органічної сполуки кисень і водень, що знаходяться в ній, утворюють воду, яку можна визначити різними способами. Наприклад, при прожарюванні органічної сполуки, що містить водень, з безводним сульфідом натрію утворюється сірководень, який ідентифікують за допомогою фільтрувального паперу, змоченого розчином ацетату свинцю.



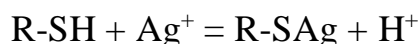
Безбарвний ацетат свинцю з сірководнем утворює сульфід свинцю чорного кольору.

Якісне визначення азоту. Найпоширенішим методом якісного визначення азоту є мінералізація органічної речовини шляхом сплавлення її з металічним калієм чи натрієм, при цьому азот органічної речовини перетворюється в ціанід калію чи натрію. Цей метод зветься “мінералізація по Лоссеню”. При додаванні до нейтралізованого, очищеного та освітленого розчину плаву розчину сульфату заліза (II) (завдяки легкості окиснення киснем повітря він завжди містить сульфат заліза(III)) утворюється синій осад берлінської лазури за рівняннями:

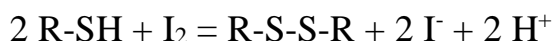


Реальна методика складніша, бо включає стадії розчинення надлишку лужного металу, фільтрування від сажі та продуктів осмолення, нейтралізації до певного рН і т.д.

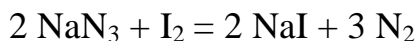
Якісне визначення сірки. Існує багато кольорових якісних реакцій, що дозволяють якісно відкривати наявність окремих представників сіркавмісних сполук. Наприклад, тіюли реагують з іонами важких металів, утворюючи нерозчинні меркаптиди чи сульфідіди.



Розчини тіоспиртів знебарвлюють розчин йоду:



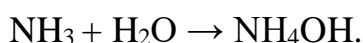
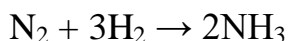
Проте більшість сполук, що містять сірку, перед якісним визначенням сірки потрібно мінералізувати. Мінералізацію проводять або методом відновлення (наприклад, при сплавленні з лужними металами з утворенням сульфідійонів) або окиснення (наприклад, пероксидом натрію з утворенням сульфатійонів). Реакція визначення сульфат-йонів у вигляді сульфату барію недостатньо чутлива для використання в мікроаналітичних цілях. Визначити сульфід-йон можна набагато легше. Однією з найбільш чутливих реакцій на сульфід-йон є йод-азидна реакція.



У водному розчині азид натрію з йодом реагує так повільно, що практично ця реакція не відбувається і виділення азоту непомітне. Додавання кількох десятих часток мікрограма сульфід-йону каталізує реакцію і виділення азоту стає помітним.

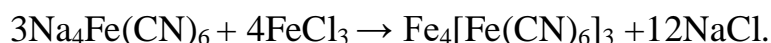
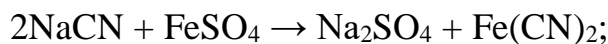
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Аміачний спосіб виявлення нітрогену. Під час руйнування молекул білка спочатку утворюється нітроген і гідроген з яких потім синтезується аміак, а за наявності води – нашатирний спирт:



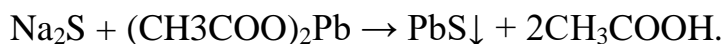
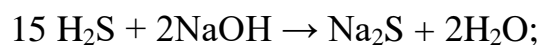
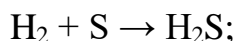
В пробірку наливають 2-3 мл розчину білка, додають 1-2 мл 10%-го розчину їдкого натру і нагрівають. Білок руйнується і виділяється пара аміаку. Аміак визначають за специфічним запахом або за посинінням лакмусового папірця.

Дослід 2. Проба Лассеня. Метод ґрунтується на руйнуванні молекули нітрогеновмісної речовини металічним натрієм і перетворенні органічного нітрогену на мінеральний. При виявленні нітрогену в складі молекул органічної речовини відбуваються такі хімічні реакції:



У суху пробірку вміщують 0,2 – 0,3 г нітрогеновмісної речовини (наприклад, сечовини, тіосечовини, альбуміну курячого яйця). Додають кусочок металічного натрію завбільшки в горошину, висушеного фільтрувальним папером від розчинника і очищеного скальпелем від оксидної плівки. Пробу проводять у витяжній шафі, за склом або в захисних окулярах, під тягою. Суміш обережно нагрівають на невеликому полум'ї до розплавлення натрію. Нагрівання продовжують до моменту руйнування речовин (пробірку слід тримати отвором у протилежний бік від працюючих). Нагрівання продовжують кілька хвилин, доводячи пробірку до слабо-червоного розжарювання. Потім її опускають у фарфорову чашку, що містить 10 – 15 мл дистильованої води. Пробірка здебільшого тріскається і сплав розчиняється у воді. Слід пам'ятати, що залишки натрію бурхливо реагують з водою, виникає спалах і навіть невеликий вибух. Добутий розчин виливають у пробірку, потім кип'ятять упродовж кількох хвилин і фільтрують. До фільтру додають 3 – 5 капель розчину сульфату феруму (II) і стільки ж хлориду феруму (III). Суміш збовтують, потім нагрівають до кипіння. Охолоджують і підкислюють розбавленою хлоридною кислотою до появи кислої реакції на лакмус. Виникає осад берлінської блакиті.

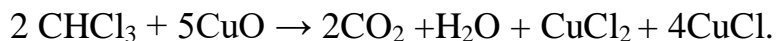
Дослід 3. Виявлення сульфуру сульфідним методом. Відкриття сульфуру в складі молекули органічних речовин за допомогою цього методу ґрунтується на кількох хімічних реакціях. Спочатку руйнується органічна речовина, що спричинює виділення гідрогену та сульфуру. Потім утворюється сірководень. Останній взаємодіє з їдким натром з утворенням сульфід натрію. Сульфід натрію взаємодіє з ацетатом плюмбуму, внаслідок чого утворюється забарвлена речовина – сульфід плюмбуму:



В суху пробірку вносять 2 – 3 г органічної речовини, що містить у складі своєї молекули сульфур. Такими речовинами можуть бути частини пір'я чи вовни. Органічний сульфур, що входить до складу білків, переходить у мінеральний. До

добутого розчину додають кілька крапель 2%-го розчину ацетату плюмбуму. Випадає бурувато-чорний осад сульфїду плюмбуму.

Дослід 4. Відкриття галогенів за допомогою реакції Бейльштейна. Під час прожарювання досліджуваної речовини з оксидом купруму (I) останній окиснює карбон до вуглекислого газу, гїдроген – до води. Атоми галогену взаємодїють з купрумом, утворюючи леткі сполуки, що забарвлюють полум'я в яскраво-зелений або синьо-зелений колір:



Беруть тонку мїдну дротину із зїгнутих у вигляді петлі кінцем і прожарюють у полум'ї газового пальника або спиртівки. Прожарювання проводять до зникнення синьо-зеленого кольору і забарвлення взагалї. Після цього дротинї дають прохолонути. Вона вкривається чорним нальотом оксиду купруму (I). Її змочують досліджуваною речовиною (хлороформом, трихлорацетатною кислотою, хлорбензолом тощо) і вносять у полум'я. Через певний час спостерїгають за появою характерного для галогенів забарвлення – спочатку полум'я стає свїтлим, потїм забарвлюється в яскраво-зелений або синьо-зелений колір.

Дослід 5. Визначення карбону пробою обвуглювання. Обвуглювання – найпростїша спроба для визначення карбону в органїчних сполуках. Деякі органїчні сполуки обвуглюються (чорнїють) при прожарюванні, в їнших випадках обвуглювання спостерїгаються при дїї речовин, що відщеплюють воду, наприклад концентрованої сульфатної кислоти.

а) Розтирають в ступцї 25 г швидкорозчинного цукру, додають 3 мл води і переносять в хїмїчний стакан. Потїм при перемїшуванні склянню паличкою додають 12,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Коли починається обвуглювання паличку виймають. Сумїш здимається, чорний пористий «пирїг» пїдїймається вгору.

б) На бїлому чи фїльтрувальному паперї роблять надпис 1%-ним розчином сульфатної кислоти. При висиханнї розчину надпис не видно. При обережному нагрїваннї паперу над полум'ям пальника дїлянки паперу, що були змоченї кислотою, обвуглюються – з'являється надпис.

в) В фарфорову чашку наливають 3 мл бензину і пїдпалюють його. Бензин горить кїптявим полум'ям, частина карбону видїляється у виглядї сажї.

Лабораторна робота № 14

Тема. Інфрачервона та ультрафіолетова спектроскопія.

Мета. Розглянути суть спектроскопічних методів аналізу. Навчитись аналізувати ІЧ-спектри органічних речовин.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Поняття про електронну спектроскопію: природа спектрів, типи електронних переходів.
2. Хромофорні угруповання, причина забарвлення.
3. Інфрачервона та ультрафіолетова спектроскопія.
4. Встановлення будови молекул методом ІЧ.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Таблиця 1

Електромагнітний спектр

<i>№ з/п</i>	<i>Випромінювання</i>	<i>λ, см</i>	<i>E, eV</i>	<i>Процеси, що відбуваються</i>	<i>Методи дослідження</i>
1.	γ -промені	$10^{-11} - 10^{-8}$	$- 10^7$	Зміни в енергетичному стані ядер	Спектроскопія γ -резонансу
2.	Рентгенівське випромінювання	$10^{-8} - 10^{-6}$	$- 10^5$	Зміни енергетичного стану внутрішніх електронів атомів	Рентгено-спектроскопія
3.	Ультрафіолетове і видиме (УФ)	$10^{-6} - 10^{-4}$	$- 10$	Зміни в енергетичному стані зовнішніх електронів	Електронні спектри
4.	Інфрачервоне (ІЧ)	$10^{-4} - 10^{-2}$	$- 10^{-1}$	Коливання атомів в молекулі	Коливальні спектри
5.	Мікрохвильові	$10^{-1} - 10$	$- 10^{-3}$	Коливання атомів в кристалічній решітці; зміни обертового енергетичного стану	
6.	Радіохвилі	>100	$<10^{-6}$	Зміни енергетичного стану спінів ядер і електронів	Спектроскопія ЯМР, ЕПР

Інфрачервона спектроскопія

Поглинання електромагнітних хвиль в інфрачервоній частині спектра ($4000 - 400 \text{ см}^{-1}$) пов'язано із збудженням коливальних станів атомів. Подібно до електронів

у молекулах, що характеризуються певними енергетичними рівнями, атомні коливання хімічного зв'язку також характеризуються відповідними коливальними (енергетичними) рівнями і здатні при опромінюванні переходити на вищі. Отже, поглинута енергія витрачається на збудження коливальних рівнів або перетворюється в кінетичну енергію молекули.

До основних типів коливань відносяться валентні ν і деформаційні δ . Для появи деформаційних коливань необхідно витратити меншу енергію, ніж для валентних, тому вони мають меншу частоту. У свою чергу, частота ν визначається масою атомів та енергією зв'язку. Збільшення маси зменшує частоту. Збільшення енергії зв'язку підвищує частоту. Валентні коливання, які відбуваються уздовж між'ядерного зв'язку, бувають двох типів: сифазні ν^s і антифазні ν^{as} , для яких ще застосовують відповідні терміни «симетричні» й «антисиметричні». Їх можна уявити, як коливання двох кульок (сфер), з'єднаних жорсткою пружиною.

Інтенсивність поглинання визначається молярним коефіцієнтом поглинання, і точність його вимірювання нижча ніж УФ-спектроскопії. Частіше інтенсивність смуги зображують, як поглинання (A) або пропускання (T) світла в процентах. Смуги порівнюють між собою і поділяють на сильні, середні і слабкі.

У спектрах існують смуги двох типів: характеристичні – смуги, які відповідають валентним коливанням певних груп атомів, зв'язків і майже не залежить від впливу всієї молекули, тобто кожна група атомів має свою індивідуальну частоту поглинання. До характеристичних відносять смуги коливань таких груп атомів, як $C-H$, $O-H$, $N-H$, $C=O$, $C=C$, тощо (Додаток 1).

Найхарактеристичними називають смуги валентних і деформаційних коливань, що не можуть бути віднесені до конкретних груп атомів або зв'язків. До них належать смуги коливання зв'язків $C-C$, $C-N$ усієї молекули, а не окремих фрагментів. Тому незначні зміни в структурі молекули приводять до істотних змін вигляду спектра. Цю область спектра називають областю «відбитків пальців».

Засвоїти рекомендації щодо вирішення задач із застосуванням спектральних даних по ІЧ-спектроскопії

1. При роботі з інфрачервоними спектрами використовуйте таблиці характеристичних частот.

2. При розв'язуванні задач по ІЧ-спектроскопії не можна обмежуватися знаходженням тільки однієї смуги поглинання, а потрібно користуватися сукупністю всіх смуг, що характеризують даний структурний елемент. Так, наприклад, якщо Ви знайшли смугу поглинання валентних коливань $C-H$ вище 3000 см^{-1} , то молекула може містити ароматичне кільце, подвійний зв'язок або циклопропанові кільця. Вибір може бути зроблений за іншими смугами: приналежність до ароматичного ряду підтверджується смугами поглинання при 1600 , 1500 , 1450 см^{-1} і інтенсивному поглинанню в області $900\text{-}700\text{ см}^{-1}$, ненасичені

сполуки можна визначити за смугами в області $1680-1640\text{ см}^{-1}$ (за виключенням симетричних *транс*-сполук) і специфічному поглинанню нижче 1000 см^{-1} .

3. Пам'ятайте, що за допомогою інфрачервоних спектрів можна визначити тільки структурні елементи і не потрібно прагнути повного розшифрування структури молекули.

4. Якщо Ви знаєте емпіричну формулу досліджуваної сполуки, зробіть припущення щодо можливої структури або наявних функціональних груп.

5. Зверніть увагу на спосіб підготовки зразка і відзначте смуги поглинання зумовлені розчинником. Адже відомо, що при використанні вазелінового масла чи інших *C-H*- вмісних розчинників в спектрі спостерігатимуться сильні смуги поглинання в області валентних і деформаційних коливань *C-H* зв'язків.

6. Починайте вивчення спектра з діапазону валентних коливань зв'язків *X-H* (де $X = C, O, N$): перевірте правильність віднесення смуг, аналізуючи інші діапазони спектра, де необхідно очікувати смуги, зумовлені відповідними деформаційними коливаннями. З'ясуйте діапазон валентних та деформаційних коливань зв'язків *X-H* (за допомогою табличних даних).

7. Для виявлення полярних груп з кратними зв'язками дослідіть діапазон $1900-1500\text{ см}^{-1}$. Зверніть увагу на те, що для деяких з цих груп характерні й деформаційні коливання, які простежуються у вигляді смуг поглинання у відповідному діапазоні спектра (табличні дані).

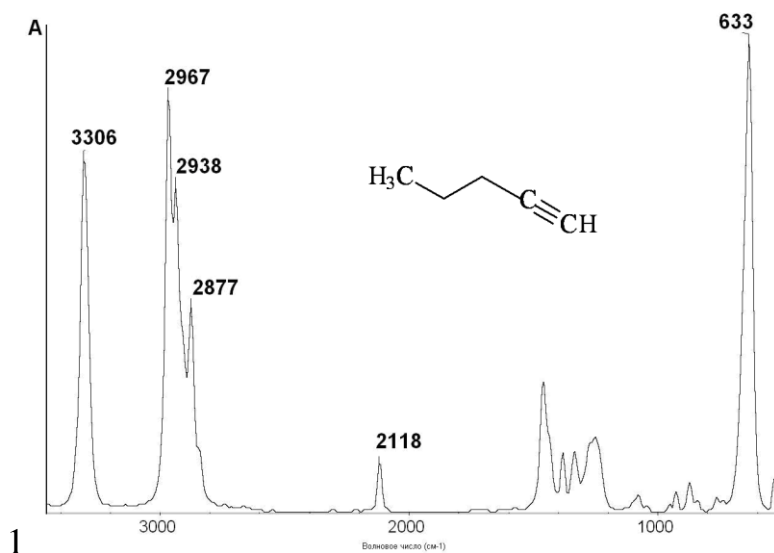
8. Уважно розгляньте область $2200-2000\text{ см}^{-1}$ для виявлення алкінів або нітрилів, пам'ятаючи, що ці характеристичні коливання мають мату інтенсивність.

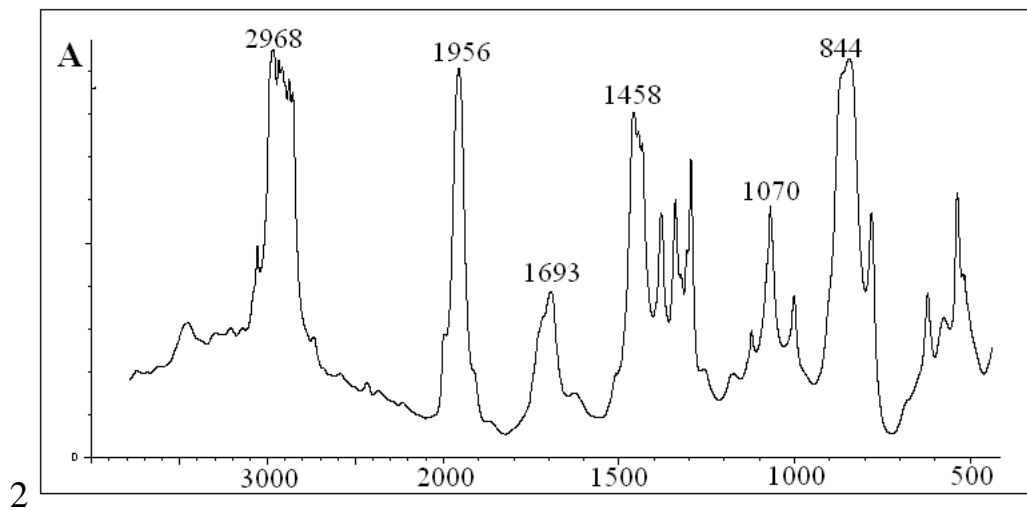
9. Якщо в спектрі є інтенсивна смуга в діапазоні $\sim 1700\text{ см}^{-1}$, уточніть її віднесення, використовуючи табличні дані.

10. Зіставте одержані дані з передбачуваною структурою.

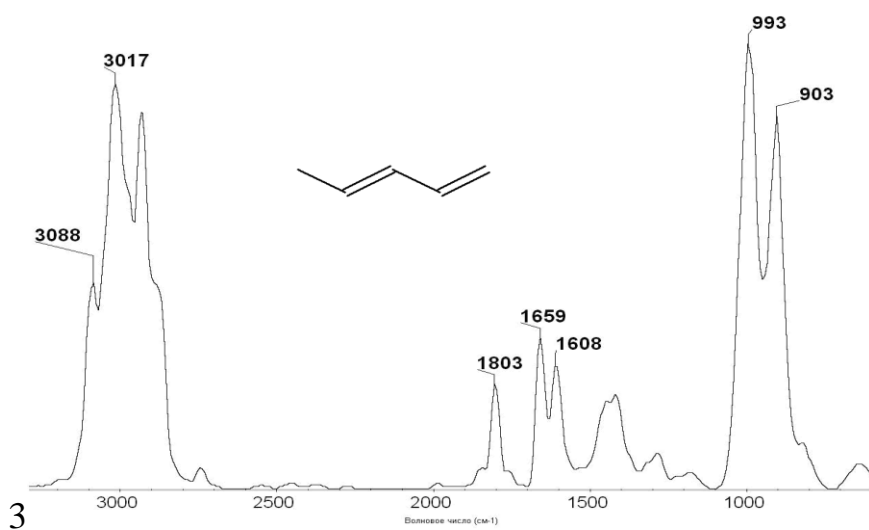
ЗАВДАННЯ

Зробіть співставлення смуг поглинання та груп атомів на основі ІЧ-спектру згідно варіанту.

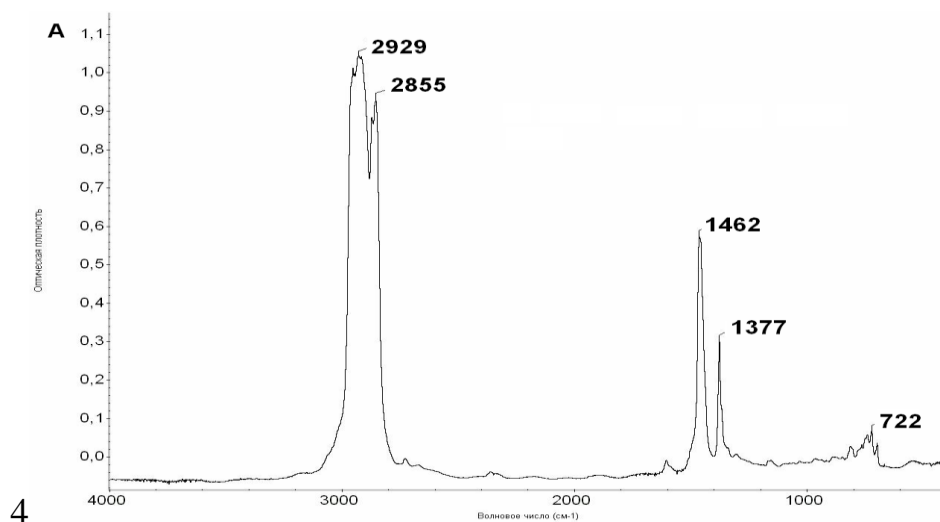




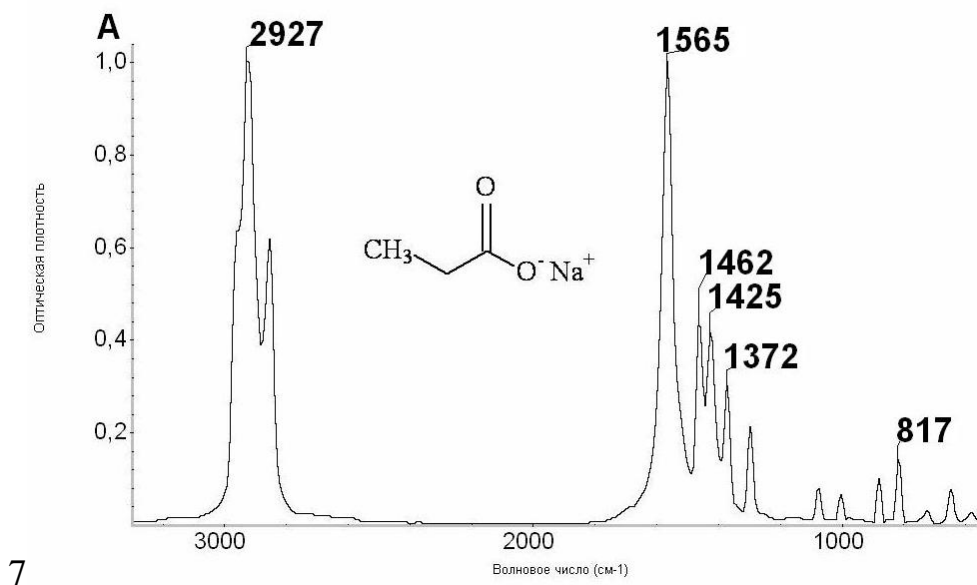
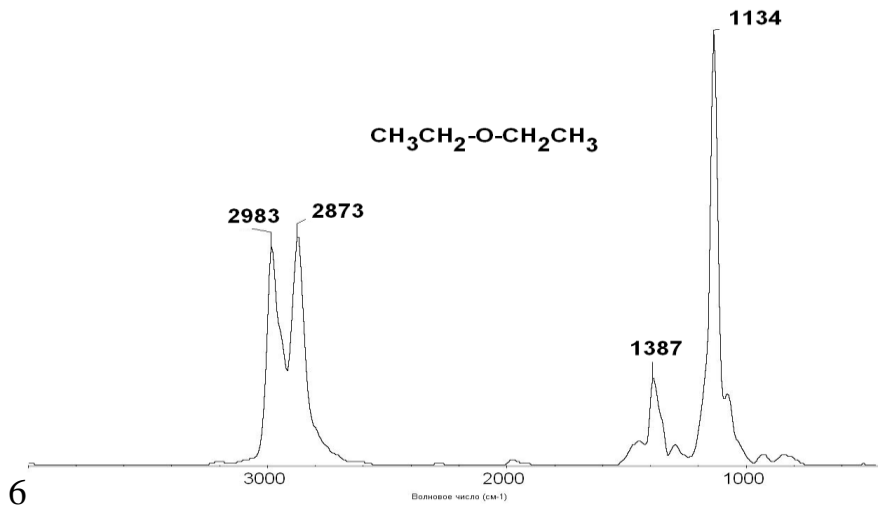
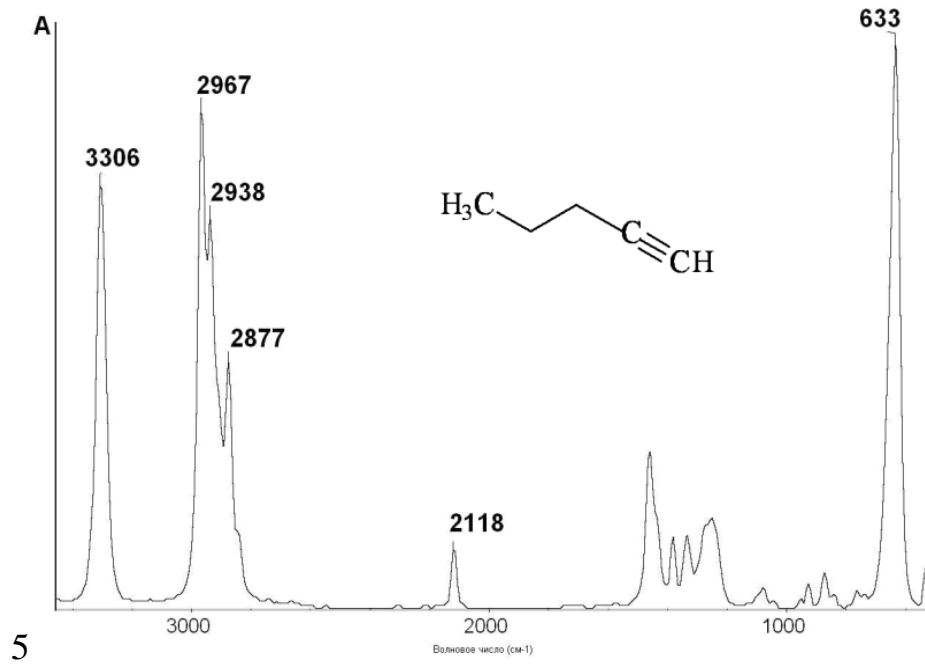
1,2-пентадиен

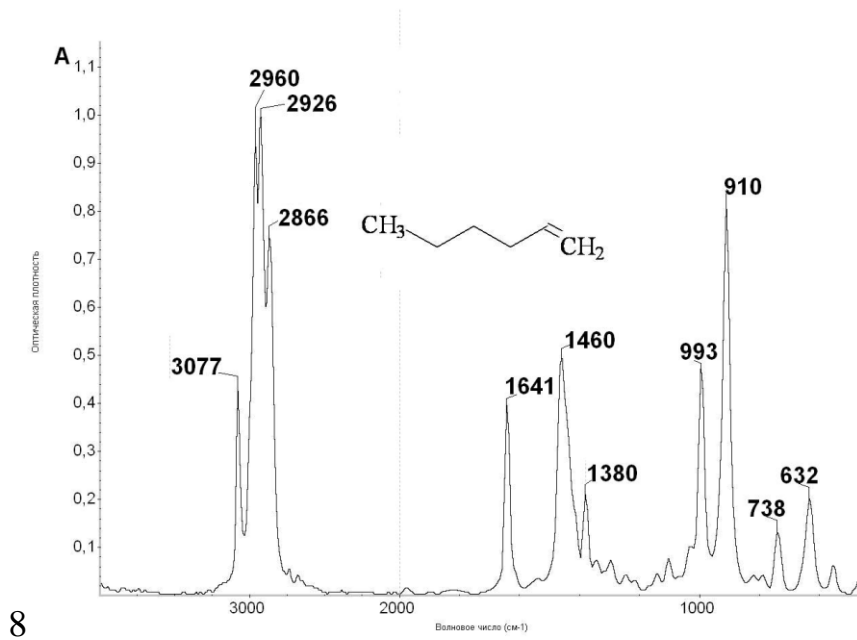


пентадиен-1,3

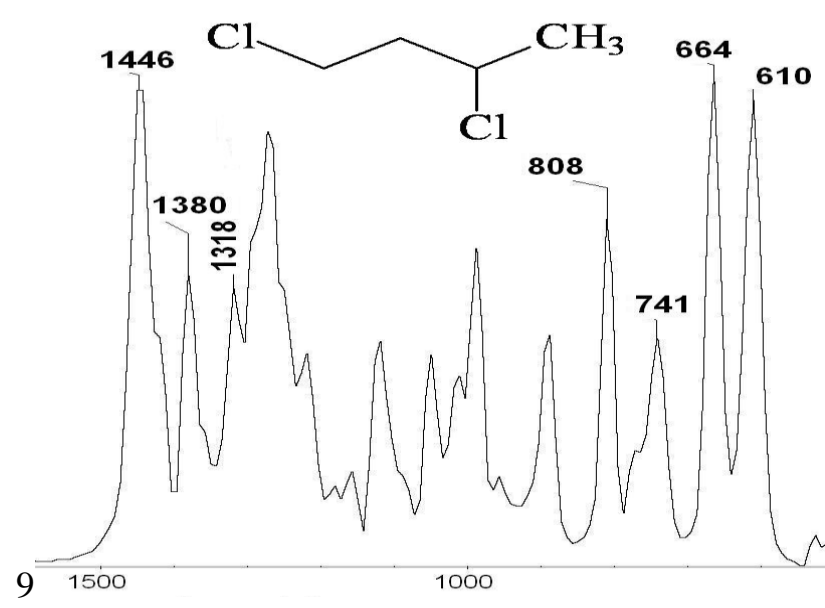


спектр дизельного палива (суміш вуглеводів)

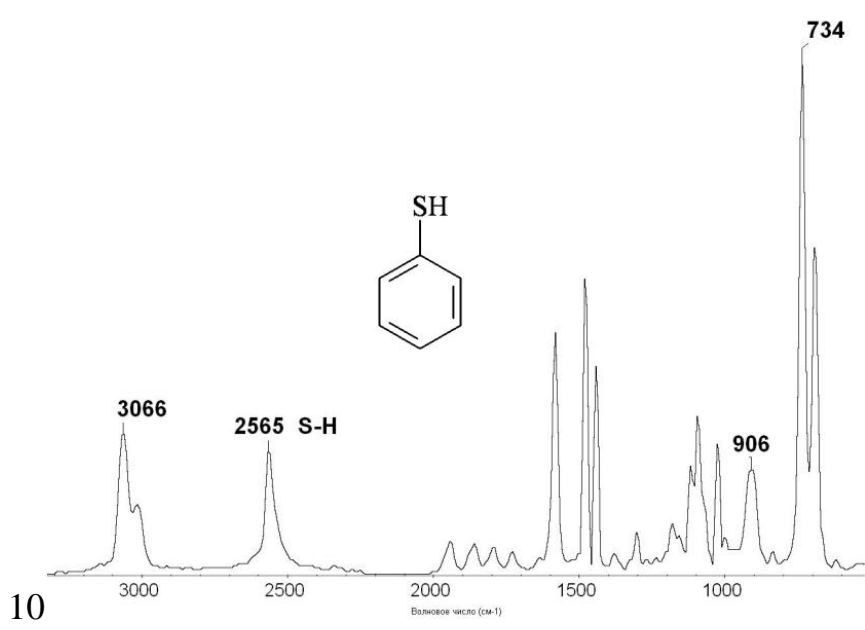




8



9



10

Лабораторна робота № 15

Тема. Спектроскопія протонного магнітного резонансу.

Мета. Навчитися будувати ПМР-спектр різних класів органічних речовин.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Спектроскопія ядерно-магнітного резонансу.
2. Хімічний зсув.
3. Спін-спінова взаємодія
4. Мультиплетність.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Спектроскопія ядерно-магнітного резонансу (ЯМР) – вид спектроскопії, яка реєструє переходи між магнітними енергетичними рівнями атомних ядер, викликані радіочастотним випромінюванням. Тільки ядра зі спіновим квантовим числом I , відмінним від «0», можуть викликати сигнал ЯМР, або бути активними в ЯМР.

Спінове квантове число ядро визначається числом протонів і нейтронів в ядрі. Існує емпіричне правило:

- 1) I рівне «0» для ядер с парним числом протонів і нейтронів;
- 2) I рівне цілим числам (1, 2, 3...) для ядер с непарними числами і протонів і нейтронів;
- 3) I рівне напівцілим числам ($1/2$, $3/2$, $5/2$ і т.д.) для ядер з парними числами протонів і непарними числами нейтронів і навпаки.

По суті, експеримент ЯМР полягає в тому, щоб повідомити енергію ядру і перевести його з одного енергетичного рівня на інший, більш високий рівень. оскільки точне значення ΔE залежить від молекулярного оточення збудженого ядра, є можливість зв'язати величину ΔE з будовою молекули і в підсумку визначити структуру всієї молекули.

До сказаного слід додати наступне:

Сигнали в спектрах ЯМР можуть давати тільки ядра атомів, володіючих непарним спіновим числом.

Таким чином, найбільш поширені ізотопи вуглецю ^{12}C , кисню ^{16}O і багато інших, наприклад, дейтерій, будучи немагнітними, не реєструються в ЯМР-спектрах.

Із ядер атомів, найбільш часто зустрічаються в органічних сполуках, магнітним моментом володіють ізотопи ^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{31}P , ^{15}N , ^{17}O .

Спектроскопія ЯМР використовується для реєстрації сигналів даних ядер. Найбільше поширення в дослідженні органічних речовин має спектроскопія протонного магнітного резонансу (ПМР, ЯМР_{1H}) і ЯМР на ядрах ізотопу ^{13}C (ЯМР_{13C}).

Ампулу зі зразком поміщають між полюсами сильного магніту. В магнітному полі протони миттєво орієнтуються в напрямку поля H_0 (подібно маленьким

стержневим магнітам). В перший момент після внесення зразку число ядер, орієнтованих уздовж поля і проти поля, однакове (50% на 50%).

Внаслідок обміну енергією між системами ядер («спінів») і їх оточенням («решіткою») число ядер на нижньому енергетичному рівні достатньо швидко зростає до величини, трохи більшою 50%.

Протони, орієнтовані уздовж поля, знаходяться в більш низькому енергетичному стані, ніж протони, орієнтовані проти магнітного поля.

Ми пам'ятаємо, що в кінцевому підсумку $\Delta E = h\nu$; це означає, що повинна існувати така частота електромагнітного випромінювання, яка виявиться рівною різниці енергій між більш високим енергетичним станом ядра (орієнтація проти H_0) і більш низьким його станом (орієнтація уздовж H_0). Якщо на ядро впливати саме цією частотою, воно буде взаємодіяти з випромінюванням і змінить свій енергетичний стан. Ті ядра, які находились в більш високому енергетичному стані, перейдуть на нижчий рівень, і навпаки. Проте, оскільки на нижньому енергетичному рівні існує деяка недостача ядер, в більш високий енергетичний рівень перейде більша кількість ядер, і в результаті взаємодії ядер із випромінюванням даної частоти виникає поглинання електромагнітного випромінювання. Саме це поглинання і викликає сигнал ЯМР.

Точне значення частоти, яка викликає переходи між енергетичними рівнями даного ядра, називається резонансною частотою цього ядра.

Основними характеристиками спектрів ЯМР являються:

- хімічний зсув;
- мультиплетність;
- константа спіну – спінової взаємодії;
- площа сигналу резонансу.

Ці характеристики залежать від хімічного середовища даного ядра або групи ядер, від числа з'єднаних ядер, володіючих магнітним моментом, від них відносного розташування, а також від числа аналізованих ядер в різних структурних фрагментах молекули.

Хімічний зсув

Різницю положення сигналу даного протона і положення сигналу стандарту називається хімічним зсувом даного протона.

В якості стандарту частіше всього використовують тетраметилсилан (ТМС) $Si(CH_3)_4$. Запис ЯМР-спектра проводять таким чином, щоб H_0 зростало зліва направо. При цьому хімічний зсув сигналу ТМС приймають за нуль, і реєструється в найбільш сильному полі (права частина спектру).

В практиці ЯМР-аналізу хімічний зсув виражають в мільйонних долях (м.д.) і позначають символом « δ ». Хімічні зсуви не залежать від робочої частоти спектрометра: $\delta = \Delta\nu \cdot 10^6$ робоча частота приладу, (Гц).

Виявилось, що хімічні зсуви протонів органічних сполук різних класів лежать в різних областях і, таким чином, по положенню сигналу ЯМР можна визначити будову речовини.

Спін-спінова взаємодія

Сигнали протона (групи протонів) в спектрі можуть бути представлені у вигляді одиночної лінії (такий сигнал називається «синглет») або у вигляді груп ліній.

Якщо сигнал представлений у вигляді двох ліній певної інтенсивності – сигнал називається «дублет»; у вигляді трьох ліній – «триплет», у вигляді чотирьох – «квадруплет», або «квартет». Сигнал може бути представлений групою з шести і більше ліній, в цьому випадку кажуть про мультиплет. Кожна лінія будь якого мультиплету буде ВІДСТОЯТИ від сусідніх ліній того ж мультиплету на одне і те ж число герц. Інтенсивність лінії кожного мультиплету можна отримати із таблиці, яка називається трикутником Паскаля (табл. 2).

Таблиця 2

Трикутник Паскаля

Число еквівалентних ядер, викликаючи розщеплення	Мультиплетність спостережуваному сигналу	Відносна інтенсивність ліній і їх розміщення в спостережуваному мультиплеті
0	синглет	1
1	дублет	1 1
2	триплет	1 2 1
3	квартет	1 3 3 1
4	квінтет (пентет)	1 4 6 4 1
5	секстет	1 5 10 10 5 1

Розщеплення сигналу протона на компоненти відбувається завдяки *спін-спіновим взаємодіям* – *взаємодія спінів протонів через електронні зв'язки*.

Зазвичай спін-спінова взаємодія поширюється дуже слабо не далше трьох зв'язків, якщо тільки це не напружені цикли, мостові системи, делокалізовані системи (в ароматичних або ненасичених сполуках).

Чи можливо заздалегідь передбачити вид сигналу (мультиплетність)? Так, можливо. Для цього використовують наступне правило.

Якщо n протонів однієї групи (позначим «А») взаємодіють з n' протонами другої групи (позначим «В»), то сигнал протонів групи «А» буде складатися з $n' + 1$ ліній, а сигнал протонів «В» - із $n + 1$ ліній (загальне правило $2nI + 1$, так як для протона $I = 1/2$, то мультиплетність рівна $n + 1$). Таким чином, те або інше розщеплення сигналу в спектрі ПМР дозволяє визначити структуру речовини.

Все сказане продемонструємо прикладом.

Завдання: пояснити появу сигналів в спектрі ЯМР ^1H іодетана. В молекулі іодетана є дві нееквівалентні групи протонів: протони метильної групи (позначим «А») і протони метиленової групи (позначим «Б»).

Пам'ятаємо, що протони всередині кожної групи між собою магнітно еквівалентні по хімічному зсуву!

Таким чином, в спектрі слід очікувати два сигнали, що і спостерігається в дійсності: триплет і квадруплет. При цьому протони метиленової групи дезекрановані електроноакцепторним явищем іода, сигнал спостерігається в більш слабих полях (2.9-3.4 м.д.), ніж сигнал металних протонів (1.7-2.0 м.д.).

На підставі проведеного аналізу, робимо висновок: в представленому спектрі ЯМР ^1H сигнал метиленовій групі спостерігається у вигляді квадруплета в області 2.9-3.4 м.д. Метильні протони спостерігаються у вигляді триплету в області 1.7-2.0 м.д.

Константа спінової взаємодії

Вище було відмічено, що якщо сигнал представлений у вигляді мультиплету (дублет, триплет, квадруплет і т.д.), лінія кожного мультиплету буде відстояти від сусідніх ліній того ж мультиплету на одне й теж число герц. Число значення цієї відстані називається константою спінової взаємодії і позначається « J ».

Константа спінової взаємодії характеризує ступінь взаємодії між ядрами і не залежить від H_0 . Це дуже важливо, оскільки дозволить відрізнити, наприклад, два синглетна від дублета, записав спектр при двох різних радіочастотах. Якщо інтервал в герцах між двома лініями не змінився, то сигнал представляє собою дублет.

Величина J залежить від декількох факторів, серед яких слід назвати відносне розташування взаємодіючих ядер і число розділяючі їх зв'язків. Спін-спінова взаємодія зазвичай не спостерігається між протонами, розділеними більш ніж трьома простими зв'язками. При наявності «на шляху взаємодії» кратних зв'язків загальне число зв'язків, через які може спостерігатися спінової взаємодія, зростає.

Константа спінової взаємодії залежить і від геометричних факторів. Так, ЯМР ^1H на сьогоднішній день являється найбільш інформативним методом для ідентифікації *цис*- і *транс*-ізомерних алкенів: константи спінової *транс*-взаємодії, завжди більша, ніж відповідні *цис*-константи.

Інтенсивність сигналу

В експерименті ЯМР можна визначити відносну кількість еквівалентних по хімічному зсуву протонів. Іншими словами, методом ЯМР можна визначити, скільки протонів «відповідальні» за даний сигнал.

Інтенсивність сигналу пропорційна кількості протонів кожного типу і вимірюється площею піку. Відносні інтенсивності різних сигналів показані в спектрі ступінчатої інтегральної кривої.

Однак висота ступені не дає точного числа протонів, відповідних сигналу, а тільки пропорційна цьому числу. Порівнюючи висоту ступенів, відповідних різним сигналам в спектрі, визначають відносні числа протонів, відповідних цим сигналам. Наприклад, якщо на інтегральній кривій є дві ступені з інтенсивностями 2 і 3, це означає, що протони, відповідні цим сигналам, присутні в співвідношенні 2:3 відповідно. Але їх може бути 6 одного типу і 9 – іншого!

Відмітим у висновку, площа мультиплету відображає число протонів, викликаючи даний сигнал, а мультиплетність сигналу – число протонів, взаємодіючих з розглядуваним протоном (або протонами).

Таким чином, із спектра ЯМР одержуємо три головні параметри, які дозволяють визначити будову молекули – хімічний зсув сигналу, його мультиплетність і інтегральну інтенсивність. Зміна інтегральних інтенсивностей сигналів дозволяє використовувати спектроскопію ПМР також і для кількісного визначення складу сумішей органічних сполук.

ЗАВДАННЯ

Схематично зобразіть ПМР-спектр для речовини згідно варіанту.

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1. 2-метилпропану | 6. 2-хлорпропану |
| 2. пропану | 7. пропаналю |
| 3. пропанолу-1 | 8. пропанону-2 (ацетону) |
| 4. пропанолу-2 | 9. 2-метилбутану |
| 5. 1-хлорпропану | 10. 2-метилбутанолу-1 |

Вкажіть кількість, інтенсивність та мультиплетність сигналів.

ДОДАТКИ
ІНФРАЧЕРВОНА СПЕКТРОСКОПІЯ

Додаток 1

Основні частоти коливань в ІЧ-спектрах

№	Частота см^{-1}	*Інтенсивність	Природа коливань	Тип сполуки
1.	3650-3580	В., сер.	ν_{OH}	Розведені розчини спиртів (вузька смуга)
2.	3550-3400	В., сер.	ν_{OH}	Димери спиртів (широка смуга, іноді дві)
3.	3500-3300	В., сер.	ν_{NH_2}	Розведені розчини перв. амінів (дві вузькі смуги)
4.	3450-3200	Сер.	ν_{NH}	Вторинні аміни, заміщені амідом
5.	3550-3520	Сер., м.	ν_{OH}	Розведені розчини кислот
6.	3500-3100	В.	ν_{NH_2}	Розведені розчини амідів
7.	3340-3260	В., сер.	$\nu_{\equiv CH}$	Одно заміщені ацетилени
8.	3450-3280	Сер.	ν_{NH}	Одно заміщені амідом
9.	3200-2500	Сер.	ν_{OH}	Димери кислот (дуже широка смуга з двома максимумами)
10.	3100-3020	Сер., м.	ν_{CH}	Арени
11.	3100-3000	Сер., м.	ν_{CH_2}	Алкени
12.	2975-2950	В.	ν_{CH_3}	Антисиметричні коливання CH_3 -групи
13.	2930-2910	Сер.	ν_{CH_3}	Коливання CH_3 -групи біля бензольного кільця
14.	2940-2915	М.	ν_{CH_2}	Антисиметричні коливання
15.	2900-2880	М.	ν_{CH}	Алкани
16.	2880-2860	Сер., м.	ν_{CH_3}	Симетричні коливання
17.	2870-2845	М.	ν_{CH_2}	Алкани, симетричні коливання
18.	2830-2695	М.	$\nu_{C(O)H}$	Альдегіди
19.	2600-2550	М.	ν_{S-H}	Меркаптани і тіофеноли
20.	2250-2100	М.	$\nu_{C\equiv C}$	Алкіни. В симетричних алкінах відсутня
21.	2240-2260	М., сер.	$\nu_{C\equiv N}$	Нітрили
22.	1860-1660	Дуже в.	$\nu_{C=O}$	Оксигрупа (див. табл.2)
23.	1680-1600	Сер., м.	$\nu_{C=C}$	Алкени
24.	1650-1580	М.	δ_{NH}	Аміни первинні і вторинні
25.	1625-1475	В., сер., м.	$\nu_{C=C}$	Арени. 2-3 смуги
26.	1565-1510	В., сер.	ν_{NO_2}	Нітросполуки. Асиметричні коливання
27.	1475-1450	Сер.	δ_{CH_2}	Алкани
28.	1450-1300	М.	δ_{CH}	Заміщені етиленом
29.	1435-1405	М.	δ_{CH_2}	Коливання CH_2 -групи біля $C=O$ групи
30.	1540-1250	Сер.	δ_{OH}	Спирти, феноли, кислоти (широкі смуги)
31.	1395-1365	Сер.	δ_{CH_3}	Гем-Диметильні групи

				(симетричні коливання)
32.	1385-1375	Сер.	δ_{CH_3}	Метилбензоли
33.	1385-1360	Сер.	δ_{NO_2}	Нітросполуки. Симетричні коливання
34.	1360-1335	В.	ν_{SO_2}	Сильфони. Антисиметричні коливання. Смуги можуть розщеплюватися
35.	1330-1050	В.	ν_{C-O}	Естери
36.	1260-1180	В.	δ_{C-O}	Феноли
37.	1210-1000	В.	δ_{C-O}	Спирти
38.	1160-1140	В.	ν_{SO_2}	Сильфони. Симетричні коливання
39.	1150-1085	В.	ν_{C-O-C}	Етери. Інколи дві смуги
40.	1060-1020	В.	$\nu_{S=O}$	Сульфоксиди
41.	1040-1000	В.	ν_{C-O-C}	Ангідриди кислот
42.	990, 910	В.	$\delta_{=CH_2}$	Алкени
43.	950	В.	δ_{C-H}	Транс. <i>R-CH=CH-R</i>
44.	900-650	Сер.	δ_{NH_2}	Аміни, широка смуга
45.	920-830	В.	ν_{C-N}	Аліфатичні нітросполуки
46.	860-840	В.	ν_{C-N}	Ароматичні нітросполуки
47.	900-720	В., сер.	δ_{C-H}	Арени
48.	730-665	Сер.	δ_{C-H}	Цис. <i>R-CH=CH-R</i>
49.	680-610	В.	$\delta_{\equiv C-H}$	Алкїни. Обертон при 1260

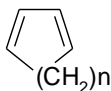
УЛЬТРАФІОЛЕТОВА СПЕКТРОСКОПІЯ

Додаток 2

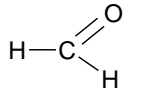
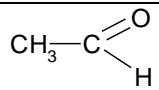
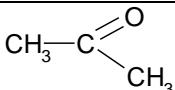
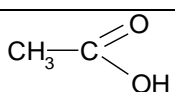
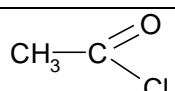
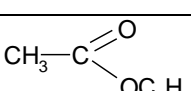
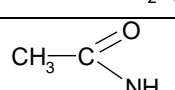
Насичені сполуки

Сполука	Смуги поглинання	
	λ , нм [$lg \epsilon$] $\sigma \rightarrow \sigma^*$	λ , нм [$lg \epsilon$] $n \rightarrow \sigma^*$
<i>CH₃OH</i>	150	183 (2,18)
<i>(CH₃)₂O</i>	150	184 (3,0)
<i>C₂H₅SH</i>	192 (3,9)	225 (2,2)
<i>(CH₃)₂S</i>	210 (2,0)	229 (2,2)
<i>R-S-S-R</i>	200	250 (2,5)
<i>CH₃NH₂</i>	173	213 (2,8)
<i>(C₂H₅)₃N</i>	199	227 (2,90)
<i>CH₃Cl</i>	150	173 (2,30)
<i>CH₃Br</i>	180	204 (2,30)
<i>CH₃I</i>	210	258 (2,5)

Ненасичені сполуки

Система	Сполука	$\lambda_{\text{макс}}$	$\epsilon_{\text{макс}}$
$C = C - C = C$	Бутадієн-1,3	217	21000
	Гексадієн-2,4	227	23000
$C = C - C = C - C = C$	Гексатрієн-1,3,5	256	22400
$(-C = C -)_4$	Деكاتетраєн-2,4,6,8	310	76500
$(-C = C -)_{11}$	Лікопін	504	170000
$C = C - C \equiv C$	Вінілацетилен	219	6500
$C = C - C \equiv C - C = C$	Окта-3,7-дієн-5-ін-2-ол	257	17000
	Циклопентадієн	238	3400
	Циклогексадієн-1,3	256	8000
	Циклогептадієн-1,3	248	7400

Карбонільні сполуки та їх похідні

Сполука	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	$\epsilon_{\text{макс}}$	Розчинник
	295	10	Пари
	290	16,6	Гептан
	279	14,8	Гексан
	204	41	Спирт
	235	53	Гексан
	204	60	Вода
	214	-	Вода

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основні

1. Органічна хімія: підручник для студентів закладів вищої освіти / С.А. Воронов, В.А. Дончак, А.М. Когут. Л.: Львівська політехніка, 2021. 488 с.
2. Органічна хімія: навчальний посібник / О.П. Мітрясова. К.: Кондор-Пресс. 2018. 414 с.
3. Органічна хімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Черних В. П. [та ін.]; ред. В. П. Черних; Національний фармацевтичний ун-т. Вид. 2-ге, випр. і доп. Х.: НФаУ: Оригінал, 2018. 752 с.
4. Органічна хімія / Ю.О. Ластухін, С.А. Воронов. Львів: Центр Європи, 2009. 868 с.
5. Органічна хімія: навчальний посібник (ВНЗ I-III р. а.) / І.Д. Бойчук, Л.О. Зубрицька. К.: Медицина, 2013. 213 с.

Допоміжні

1. Загальна хімія: навч. посіб / ред. В.І. Кириченко. Київ: Вища школа, 2015. 639 с.
2. Органічна хімія. Навчальний посібник. / О. Березан. Видавництво: Підручники і посібники, 2020. 198 с.
3. Органічна хімія: навчальний посібник. Частина 2. / М.Д.Обушак, С.Е. Біла. Львів: вид. ЛНУ ім. І. Франка, 2018. 256 с.
4. Органічна хімія і екологія: В 2-х частинах. Частина 1. Теоретичні основи органічної хімії. Аліфатичні вуглеводні: навчальний посібник. / А.П. Ранський. Вінниця: ВНТУ, 2015. 120 с.
5. Від будови до синтезу органічних сполук / О.Н. Речицький, С. Ф. Решнова. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2015. 400 с.
6. Органічна хімія. Опорні схеми, конспекти і таблиці / О. Возняк. Видавництво: Підручники і посібники, 2020. 256 с.
7. Органічна хімія. Тести з поясненнями: навч. посіб. О-64 для студ. вищ. навч. закл. / В. П. Черних, Л. А. Шемчук, Т. О. Колеснікова та ін.; за ред. В.П. Черних. – 3-тє вид., стереотип. Х.: НФаУ, 2017. 460 с.
8. Прикладна ІЧ-спектроскопія: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В.П. Черних, Л.А. Шемчук, С.В. Власов та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Черних. Х.: НФаУ, 2014. 152 с.
9. Горяйнова Ю.А. Харчова хімія [Текст]: навч. посіб. / Ю.А. Горяйнова. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 100 с.

О-22 **Органічна хімія** [Текст]: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Харчові технології» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G 13 Харчові технології денної та заочної форм навчання денної та заочної форм навчання. / уклад. В.Я. Шемет – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 84 с.

Комп'ютерний набір
Редактор

В.Я. Шемет
В.Я. Шемет

Підп. до друку «__»_____2023 р. Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 5,25.
Тираж 50 прим.

Інформаційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ІВВ ЛНТУ