

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

С.В. Кравченко

Органічна

хімія

Практикум

Дніпро
«Середняк Т.К.»
2024

УДК: 547(075.8)
К78

Світлана Кравченко

К78 Органічна хімія. Практикум — Дніпро: Середняк Т.К.,
2024, — 161 с.

ISBN 978-617-8489-76-2

Рекомендовано до друку вченою радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол № 9 від 27.06.24 р.)

Рецензенти:

В. Г. Штамбург, доктор хімічних наук, професор
(ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»
Українського державного університету науки і технологій);

І. І. Ярчук, доктор сільськогосподарських наук, професор (Дніпровський державний аграрно-економічний університет);

А. О. Аніщенко, кандидат хімічних наук, доцент (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара).

Навчальний посібник призначений для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 181 «Харчові технології». Кожна тема посібника містить теоретичний матеріал, одну або декілька лабораторних робіт, запитання та завдання для самоконтролю. Використання посібника сприятиме поглибленню рівня засвоєння теоретичного матеріалу, формуванню навичок проведення хімічних дослідів з органічними речовинами.

ISBN 978-617-8489-76-2

© Кравченко С.В., 2024

ВСТУП

Лабораторний практикум є обов'язковою складовою курсу дисципліни «Органічна хімія». Практикум складено у відповідності з робочою програмою курсу. Кожний розділ посібника включає теоретичний матеріал, лабораторні дослідження, контрольні запитання та завдання. Виконання лабораторного практикуму сприятиме якісному, свідомому засвоєнню теоретичного матеріалу, формуванню навичок проведення хімічних дослідів з органічними речовинами, умінню працювати з хімічним посудом і обладнанням, передбачати можливість взаємодії речовин та характер продуктів їх хімічних перетворень. Посібник допоможе здобувачам передбачати можливість взаємодії речовин в багатьох реакціях та характер продуктів, що утворюються в результаті перетворень, взагалі успішно опанувати навчальний матеріал і сформувати знання, уміння і навички, необхідні для подальшого успішного вивчення професійних дисциплін.

У більшості випадків опис дослідів передбачає роботу з невеликими кількостями речовин. Це дасть змогу привчити здобувачів до акуратності та бережливості, посилити увагу до перебігу процесу та подальшого його пояснення. Контрольні запитання і завдання, а також тестові завдання до кожного класу органічних сполук, допоможуть оцінити ступінь засвоєння здобувачами теоретичного матеріалу.

Мета та загальні правила виконання лабораторного практикуму

Правильний підхід до постановки та проведення лабораторних робіт має важливе значення для глибокого засвоєння основ органічної хімії.

На самому початку лабораторного практикуму здобувач, ознайомившись з правилами техніки безпеки роботи в хімічних лабораторіях, повинен у найкоротший термін засвоїти основні

прийоми техніки проведення лабораторних робіт. Виконанню кожної лабораторної роботи передуює всебічна самостійна теоретична підготовка, в процесі якої здобувач має осмислити той експеримент, проведення якого дасть змогу спостерігати за особливостями хімічного процесу, а також дослідити вплив на нього різних факторів.

З перших днів роботи в лабораторії здобувач має самостійно та серйозно ставитися до всіх стадій експерименту, що передбачає теоретичну та практичну підготовку, добір необхідних реактивів, розрахунок їх кількостей і, врешті-решт, проведення самого досліду, ретельний нагляд за його протіканням та пояснення побаченого під час експерименту.

Разом з тим працювати треба чітко й акуратно, але без поспіху, який часто призводить до спотворення самого досліду, одержання помилкових результатів, порушення правил техніки безпеки.

Глибокий аналіз та осмислення одержаних результатів сприяють швидкому та ефективному засвоєнню хімічних закономірностей.

Загальні правила підготовки та проведення лабораторних робіт:

- 1) Опрацювання матеріалу лекцій та відповідного параграфу підручника, який відповідає темі лабораторної роботи;
- 2) Ознайомлення зі змістом лабораторної роботи;
- 3) Перевірка наявності необхідних для роботи реактивів, посуду, обладнання;
- 4) Виконання дослідів лабораторної роботи у відповідності з інструкцією;
- 5) Під час виконання лабораторної роботи дотримуватися всіх правил техніки безпеки;
- 6) Після закінчення роботи прибрати робоче місце, вимити лабораторний посуд;
- 7) Записати в робочий журнал свої спостереження, рівняння хімічних реакцій до дослідів, пояснити результати і зробити висновки;
- 8) Оформлену лабораторну роботу подати для перевірки викладачеві.

Правила роботи в лабораторії органічної хімії

1. На першому лабораторному занятті здобувач повинен ознайомитися з правилами роботи для працюючих у лабораторії, інструкціями з техніки безпеки та охорони праці.

2. Заходити в лабораторію можна тільки з дозволу викладача (лаборанта).

3. Працювати дозволяється тільки в захисному одязі (халаті).

4. Тримати в чистоті робоче місце.

5. Розпочинати виконання лабораторної роботи дозволяється лише після попередньої теоретичної підготовки, засвоєння матеріалу теми роботи.

6. Потрібні для роботи реактиви, хімічний посуд, обладнання здобувачі отримують у лаборанта.

7. Категорично забороняється куштувати реактиви на смак!

8. Категорично забороняється у лабораторії їсти, пити воду з хімічного посуду, палити.

9. Працюючи з реактивами, уважно читайте написи на етикетках.

10. Не проводьте досліди у брудному посуді.

11. Під час нагрівання речовин у пробірці використовують пробіркотримач. Отвір пробірки має бути спрямований у протилежний бік від працюючих поруч.

12. Досліди, в яких утворюються шкідливі гази або речовини з неприємним запахом, проводять під тягою.

13. Суворо забороняється виконувати досліди, які не передбачені в даній роботі.

14. Не можна працювати та залишатися одному в лабораторії.

15. Працуйте в лабораторії стоячи.

16. Нагріваючи речовину або суміш речовин в пробірці, тримайте пробірку трохи нахиленою та прогрівайте спочатку верхню її частину, поступово переміщуючи зону нагріву донизу.

17. Роботу з легкозаймистими рідинами та газами проводьте якомога далі від відкритого полум'я.

18. Для визначення запаху необхідно рухом долоні спрямовувати потік повітря до себе.

19. Працювати тільки зі справною апаратурою!

20. По завершенню роботи потрібно вимити посуд, прибрати своє робоче місце, ретельно вимити руки.

21. Здобувачі, які не засвоїли правила техніки безпеки, до роботи в лабораторії не допускаються.

Оформлення лабораторного журналу

Для виконання лабораторного практикуму здобувачі повинні мати зошити для лабораторних робіт. На титульній сторінці зазначають:

- назву лабораторного практикуму;
- спеціальність;
- номер групи;
- прізвище та ініціали здобувача.

Під час підготовки до виконання лабораторного завдання здобувач вивчає задану тему за матеріалом лекції, методичних посібників та рекомендованою літературою, відповідає на запитання в робочому зошиті. Контроль знань викладач проводить на початку лабораторного заняття.

Оформлення записів

1. Записи в лабораторному журналі виконують лише ручкою.

2. Здобувач записує дату, назву лабораторної роботи та її номер, назву досліджу, реактиви, обладнання, рівняння відповідних реакцій.

3. Після виконання та оформлення роботи зошит перевіряє викладач.

4. У процесі виконання експерименту здобувач записує спостереження, робить логічні висновки

Зразок оформлення лабораторної роботи

Лабораторна робота № 1

Алкіни

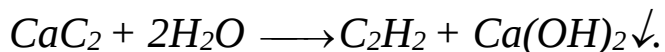
Реактиви: кальцій карбід, вода, 1 % розчин $KMnO_4$, 1 % розчин бромної води, спиртовий розчин фенолфталеїну.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, газовідвідна трубка, сірники, пробіркотримач.

Дослід 1. Добування етину

У пробірку помістили невеликий шматочок кальцій карбіду, долили приблизно 1 мл води і закрили пробірку корком із газовідвідною трубкою. Реакція відбувалась бурхливо, пробірка розігрілась, спостерігали виділення газу.

Після закінчення виділення етину в пробірку внесли 1 краплю спиртового розчину фенолфталеїну. Спостерігали виникнення малинового забарвлення, що свідчить про лужність середовища.



Дослід 2. Назва досліду

Опис виконання досліду. Спостереження.

Реакції.

Дослід 3. Назва досліду

Опис виконання досліду. Спостереження.

Реакції.

Висновок: навчилися добувати етин в лабораторних умовах карбідним методом (реакція екзотермічна), дослідили властивості алкінів. Для алкінів характерні реакції приєднання, заміщення.

Розділ I. ВИДІЛЕННЯ, ОЧИСТКА ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Природні органічні речовини, а також синтезовані органічні речовини є, як правило, сумішшю декількох органічних сполук. Отримати чисту речовину означає розділити дану суміш на індивідуальні речовини. Поширені такі методи очистки речовин: кристалізація (перекристалізація), сублімація, екстракція, перегонка (при атмосферному тиску, з водяним паром, при зниженому тиску, фракційна), хроматографія.

Для характеристики чистоти речовини використовують такі константи і методи: температуру плавлення, температуру кипіння, густину, коефіцієнт заломлення світла, дані спектрів ядерного магнітного резонансу, мас-спектрометрії, хроматографічний аналіз.

КРИСТАЛІЗАЦІЯ

Кристалізацією називається перехід речовини із будь-якого агрегатного стану у твердий при охолодженні розплавів, а також перехід з аморфного стану в кристалічний.

Серед твердих органічних речовин багато таких, що здатні кристалізуватися і виділятися у чистому вигляді під час охолодження реакційної суміші або після упарювання розчинника. Одержаний продукт потребує подальшої очистки шляхом перекристалізації.

Перекристалізація – один із найважливіших поширених методів очистки твердих речовин, а також розділення суміші.

Процес перекристалізації включає:

- 1) розчинення неочищеної речовини в розчиннику під час нагрівання;
- 2) фільтрування гарячого розчину від нерозчинних домішок;
- 3) охолодження розчину, що супроводжується кристалізацією із розчину чистої речовини;
- 4) виділення кристалів речовини від маточного розчину;
- 5) висушування кристалів.

Вибір розчинника. Для здійснення перекристалізації необхідно правильно підібрати розчинник.

В якості розчинників використовують етиловий спирт, оцтову кислоту, бензен, хлороформ, воду та інші. Якісно підібраний розчинник за температури, близькій до точки кипіння, повинен розчиняти у п'ять разів більше речовини, ніж за кімнатної температури. Інколи застосовують суміш різних розчинників. Це необхідно у випадку, коли речовина добре розчиняється в розчиннику за нагрівання, але погано кристалізується з нього під час охолодження.

Вимоги до розчинників:

- 1) розчинник повинен добре розчиняти речовину під час нагрівання і погано – під час охолодження;
- 2) розчинник не повинен хімічно взаємодіяти з речовиною, що очищують;
- 3) розчинник необхідно використовувати в мінімальній кількості (інакше розчинена речовина не буде виділятися при охолодженні в повній мірі).

ПЕРЕГОНКА

Найважливішим методом очистки та виділення органічних речовин є перегонка. За даним методом відбувається процес розділення рідкої суміші на індивідуальні речовини під час нагрівання рідини до кипіння, в результаті чого пари речовини конденсуються в холодильнику.

Проста перегонка. Метод простої перегонки застосовують для очистки органічних речовин від нелетких домішок або для розділення суміші рідких речовин зі значною різницею в температурах кипіння. Речовина, для очистки якої застосовується даний метод, повинна бути достатньо стійка до нагрівання і не розкладається під час кипіння.

Прилад для простої перегонки (рис. 1) складається із колби Вюрца, холодильника, алонжа, приймача, термометра.

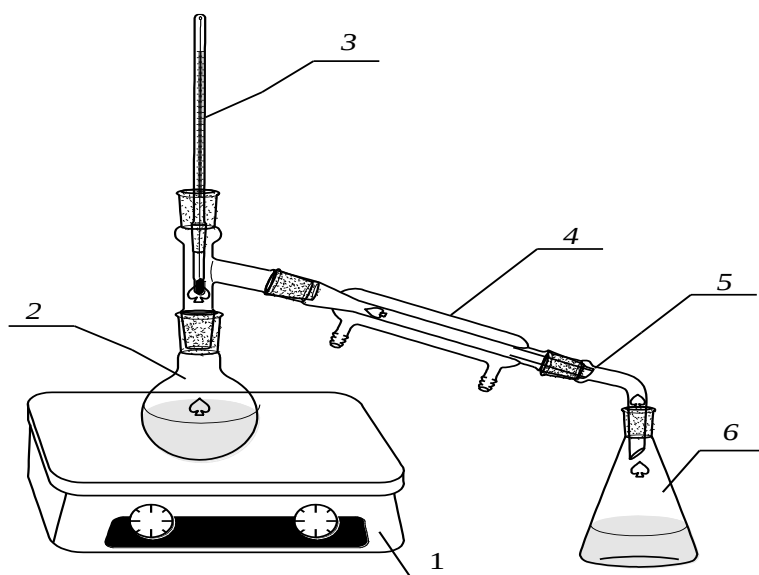


Рисунок 1. Схема перегінної установки:

- 1 - нагрівач;*
- 2 - колба Вюрца;*
- 3 - термометр;*
- 4 - холодильник Лібіха;*
- 5 - алонж;*
- 6 - приймач*

Лабораторна робота № 1

Очистка органічних сполук

Реактиви: забруднена бензойна кислота, вода, забруднений етиловий спирт.

Посуд і допоміжне обладнання: колба на 50 мл, воронка, нагрівач, складчастий фільтр, колба Вюрца, холодильник Лібіха, приймач, алонж, термометр.

Хід роботи

Дослід 1. Перекристалізація бензойної кислоти

Невелику кількість (1 г) забрудненої бензойної кислоти розчиніть в 30–40 мл води в хімічному стакані. Нагрійте до початку кипіння. Бензойна кислота повинна розчинитися, а механічні домішки (вугілля, пісок) залишитись нерозчинними. Розчин швидко

відфільтруйте, використайте складчастий фільтр. Фільтрат потрібно охолодити. Повинні виділитись кристали бензойної кислоти білого кольору. Осад відфільтруйте.

Дослід 2. Очистка етилового спирту

Етиловий спирт (приблизно 40 мл), забруднений будь-якою розчинною домішкою (калій перманганатом), очищають методом простої перегонки.

Контрольні запитання і завдання

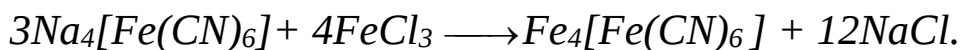
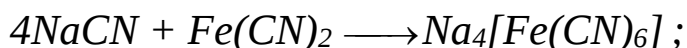
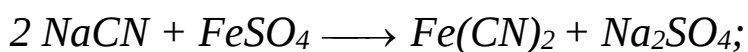
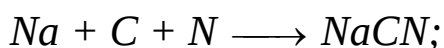
1. Які є методи очистки органічних сполук?
2. Які особливості перекристалізації речовин із органічних розчинників?
3. Назвіть вимоги до розчинників при перекристалізації.
4. Перегонка як метод очистки і виділення органічних сполук.
5. Які особливості простої перегонки?
6. Як змінюється температура під час простої перегонки індивідуальної речовини і суміші речовин?
7. Накресліть схему приладу для простої перегонки.
8. В якому разі використовують охолодження проточною водою, повітряний холодильник?
9. Коли потрібно використовувати водяну баню?
10. Як потрібно заповнювати колбу Вюрца рідиною?

Розділ II. ЯКІСНИЙ ЕЛЕМЕНТНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

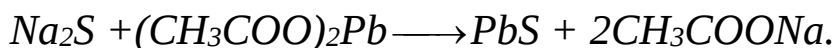
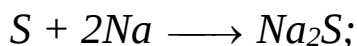
Після одержання органічної речовини в чистому вигляді необхідно провести якісний елементний аналіз, щоб встановити, які хімічні елементи входять до складу її молекули. Органічні речовини не є електролітами і не здатні давати характерні реакції на хімічні елементи, що містяться в них. Для виявлення цих елементів органічні речовини заздалегідь розкладають дією лужних металів, кислот, лугів чи нагріванням з утворенням мінеральних речовин. Цей етап якісного аналізу називають *мінералізацією*, тобто для визначення елементів у складі органічних сполук їх необхідно перевести в неорганічні сполуки, для подальшого дослідження яких використовують методи якісного аналізу.

При згорянні органічної сполуки Карбон, що входить до її складу, утворює карбон(IV) оксид, а Гідроген – воду. Вуглекислий газ визначають при пропусканні його через вапнякову або баритову воду – утворюється осад у вигляді муті.

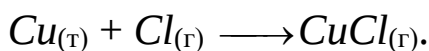
Для визначення Нітрогену органічну речовину сплавляють з металічним натрієм. Продуктом реакції є натрій ціанід, з'являється забарвлення берлінської лазурі:



Сульфур при сплавленні з натрієм утворює натрій сульфід, який легко визначають у вигляді плюмбум сульфіду:



Галогени визначаються за допомогою проби Бельштейна. Прожарюють у полум'ї пальника мідну дротину, на якій знаходиться органічна речовина. Якщо сполука містить атоми галогенів, полум'я забарвлюється в зелений колір. За високої температури галоген реагує з міддю з утворенням купрум(I) хлориду:



Летка сполука CuCl забарвлює полум'я в зелений колір.

Визначення Силіцію базується на руйнуванні речовини та виділенні Силіцію у вигляді SiO_2 або солей кремнієвої кислоти.

Лабораторна робота № 2

Якісний елементний аналіз органічних сполук

Реактиви: глюкоза кристалічна, сахароза, амінокислота, металічний натрій, розчин сульфатної кислоти, розчин хлоридної кислоти, FeSO_4 , дистильована вода, стрептоцид, баритова або вапняна вода, натрій нітропрусид, плюмбум ацетат.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, газовідвідна трубка, сірники, пробіркотримач, фільтрувальний папір, скальпель.

Хід роботи

Дослід 1. Проба на обвуглення

На кінчик скальпеля помістіть декілька кристалів глюкози і обережно нагрійте. Глюкоза буде плавитися, темнішати і загориться. В результаті залишиться обвуглена чорна маса – вугілля. Робимо висновок, що глюкоза є органічною речовиною.

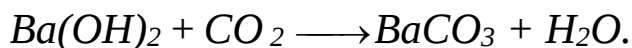
Розчин сульфатної кислоти (1 краплю) помістіть на шматочок фільтрувального паперу. Обережно підігрійте папір над полум'ям. Та частина фільтрувального паперу, яку змочували кислотою, обвуглюється раніше. Отже, і клітковина – це органічна речовина.

Проба на обвуглення є допоміжним способом визначення Карбону у досліджуваній речовині, оскільки деякі органічні речовини випаровуються раніше, ніж відбувається обвуглення. Найбільш загальним методом визначення Карбону і Гідрогену є згоряння органічної речовини в суміші з окисником.

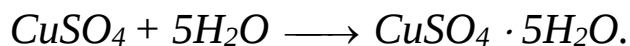
Дослід 2. Визначення Карбону і Гідрогену

Якщо органічну речовину прожарювати з купрум(II) оксидом CuO , Карбон буде окиснюватись до карбон(IV) оксиду, а Гідроген – до води: $(\text{C} \dots \dots \text{H} \dots \dots) + 3\text{CuO} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{Cu}$.

Карбон(IV) оксид визначають за допомогою реакції з баритовою водою. Під час проходження вуглекислого газу через баритову воду утворюється осад барій карбонату:



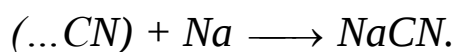
Щоб визначити воду, використовують безводний купрум(II) сульфат білого кольору. Утворюється кристалогідрат синього кольору:



Для проведення досліду в пробірку помістіть кристалічний купрум(II) оксид і 0,5–1 г сахарози. Вміст пробірки ретельно перемішайте. У верхню частину пробірки помістіть невеликий шматочок вати і насипте тонкий шар купрум(II) сульфату. Пробірку закрийте корком, з'єднаним з газовідвідною трубкою. Кінець газовідвідної трубки помістіть у пробірку з вапняною або баритовою водою. Пробірку з сумішшю нагрійте.

Дослід 3. Визначення Нітрогену

Металічний натрій сплавляють з органічною речовиною, утворюється натрій ціанід:

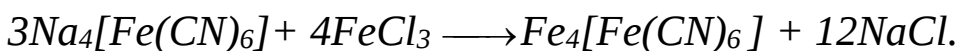
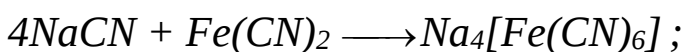
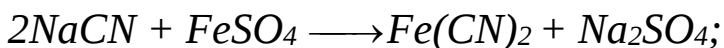
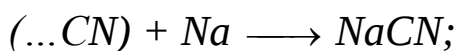


Натрій ціанід визначають перетворенням його в синю берлінську блакить.

УВАГА! Дослід необхідно проводити у витяжній шафі!

У пробірку помістіть приблизно 0,1 г амінокислоти і шматочок металічного натрію. Вміст пробірки нагрійте до появи білого диму. Під час бурхливого перебігу реакції нагрівання не проводьте, потім нагрійте ще трохи. Утвориться натрій ціанід. Пробірку охолодіть, суміш розчиніть у дистильованій воді, додайте розчин ферум(II) сульфату, охолодіть і додайте 2 краплі хлоридної кислоти.

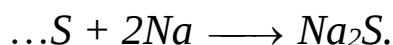
Утвориться берлінська блакить, що свідчить про присутність Нітрогену у досліджуваній сполуці. Відбуваються наступні реакції:



Дослід 4. Визначення Сульфуру

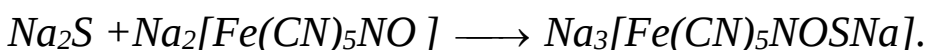
Увага! Дослід необхідно проводити у витяжній шафі!

При сплавленні сульфуровмісної органічної речовини з металічним натрієм утворюється натрій сульфід:

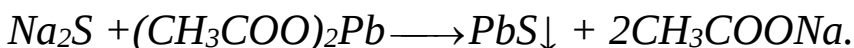


Помістіть декілька кристалів стрептоциду і маленький шматочок металічного натрію у суху пробірку. Пробірку тримайте вертикально, нагрійте. Натрій буде плавитися в суміші із стрептоцидом. Охолодіть пробірку. Долийте у пробірку 2–3 мл дистильованої води і прокип'ятіть. При цьому натрій сульфід перейде в розчин разом з натрій гідроксидом, який не перешкоджає визначенню Сульфуру.

Розділіть розчин на дві пробірки. В одну з них додайте розчин натрій нітропрусиду, в другу – плюмбум ацетат. В першій пробірці з'явиться фіолетове забарвлення:



У другій пробірці з'явиться бурий осад плюмбум сульфід:



Контрольні запитання і завдання

1. Назвіть елементи, які можуть бути у складі органічних сполук.
2. Як визначають наявність Карбону?
3. Яку сполуку утворює Карбон при згорянні органічної сполуки?
4. Який хімізм процесу сплавлення Сульфуру з натрієм?
5. Для визначення яких елементів використовують реакцію Бельштейна?

6. Як здійснити відкриття елементів за реакцією Бельштейна.
7. Як пояснити забарвлення полум'я в зелений колір у ході реакції Бельштейна?
8. Як визначають наявність Нітрогену в органічній речовині?
9. Поясніть принцип методу відкриття Карбону і Гідрогену сплавленням речовини з купрум(II) оксидом.

Розділ III. НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

Алкани – насичені аліфатичні вуглеводні. Атоми Карбону в алканах сполучені одинарними зв'язками. Для алканів загальна формула C_nH_{2n+2} ,

(n – кількість атомів Карбону). Алкани утворюють гомологічний ряд, в якому першим є метан. Формула метану CH_4 .

Гомологічний ряд – це ряд сполук, представники яких подібні за хімічними властивостями, мають однакову будову, склад молекули кожного наступного представника відрізняється від попереднього на гомологічну різницю $-CH_2-$ (таблиця 1).

Таблиця 1. Назви та формули нерозгалужених алканів

Брутто-формула	Назва
CH_4	Метан
C_2H_6	Етан
C_3H_8	Пропан
C_4H_{10}	Бутан
C_5H_{12}	Пентан
C_6H_{14}	Гексан
C_7H_{16}	Гептан
C_8H_{18}	Октан
C_9H_{20}	Нонан
$C_{10}H_{22}$	Декан
$C_{11}H_{24}$	Ундекан
$C_{12}H_{26}$	Додекан
$C_{13}H_{28}$	Тридекан
$C_{14}H_{30}$	Тетрадекан
$C_{20}H_{42}$	Ейкозан
$C_{21}H_{44}$	Генейкозан
$C_{22}H_{46}$	Докозан
$C_{23}H_{48}$	Трикозан
$C_{29}H_{60}$	Нонакозан
$C_{30}H_{62}$	Триаконтан

$C_{40}H_{82}$	Тетраконтан
$C_{100}H_{202}$	Гектан
$C_{200}H_{402}$	Диктан
$C_{300}H_{602}$	Триктан
$C_{1000}H_{2002}$	Кіліан
$C_{2000}H_{4002}$	Диліан
$C_{3000}H_{6002}$	Триліан

Гомологи характеризуються близькими хімічними властивостями і закономірними змінами фізичних властивостей (температур кипіння, плавлення, густини, тощо).

Нормальний вуглеводень – вуглеводень, який має нерозгалужений карбон-карбоновий ланцюг.

Вуглеводневі залишки (алкіли) – залишки молекули алканів, які утворюються в результаті умовного відокремлення одного або кількох атомів Гідрогену.

Назви вуглеводневих залишків утворюють від назви вуглеводню, змінюючи в його назві закінчення *–ан* на *–ил(-іл)*. Загальна формула одновалентних залишків насичених вуглеводнів C_nH_{2n+1} .

У молекулах насичених вуглеводнів кожний атом Карбону знаходиться у стані sp^3 –гібридизації атомних орбіталей, утворюючи при цьому σ – зв’язки.

Будова метану тетраедрична. Кут між зв’язками становить $109^{\circ}28'$, довжина зв’язку $C-C$ становить $0,154\text{ нм}$, а $C-H - 0,110\text{ нм}$.

За кімнатної температури алкани виявляють низьку реакційну здатність. Вони не реагують з кислотами, лугами, окисниками, активними металами.

Тому, наприклад, металічний натрій можна зберігати під шаром гасу. Навіть концентрована сульфатна кислота, яка обвуглює багато органічних речовин, за кімнатної температури не діє на алкани. Завдяки порівняно малій реакційній здатності насичених вуглеводнів їх свого часу називали *парафінами*.

Алкани є вихідними і проміжними сполуками для синтезу органічних речовин. Алкани разом із вуглеводнями інших класів

(циклоалканами, ароматичними) входять до складу нафти, містяться також у природному газі. Газоподібні та рідкі алкани використовують у якості палива.

Метан у великих кількостях утворюється під час розкладання без доступу повітря органічних речовин на болотах (*болотний газ*), звалищах.

Тверді алкани входять до складу бджолиного воску, а також воскового покриття листя, квітів, насіння деяких рослин.

Лабораторна робота № 3

Алкани

Реактиви: CH_3COONa (крист.), натронне вапно (суміш NaOH і CaO (1:1)), 1% розчин KMnO_4 , 1% розчин бром у тетрачлорометані.

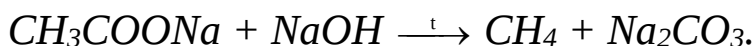
Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, газовідвідна трубка, сірники, пробіркотримач.

Хід роботи

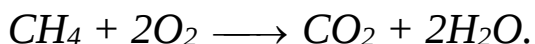
Дослід 1. Добування метану, його горіння

У суху пробірку внесіть суміш безводного натрій ацетату і натронного вапна у співвідношеннях 1:2, закрийте корком із газовідвідною трубкою.

Обережно нагрійте суміш. Спочатку з пробірки буде витіснятись повітря, а потім з газовідвідної трубки почне виділятися метан:

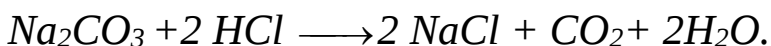


Газ, що буде виділятися з газовідвідної трубки, обережно підпаліть:



Метан горить блакитним полум'ям.

Охолодіть пробірку, додайте 2–3 краплини 10 % розчину хлоридної кислоти. Спостерігайте виділення бульбашок карбон(IV) оксиду:



Дослід 2. Відношення алканів до дії окисників

Добутий метан через газовідвідну трубку пропустіть у пробірку, в яку заздалегідь налито 2–3 мл 1% розчину $KMnO_4$:



Дослід 3. Відношення алканів до бромів

Добутий метан пропустіть у пробірку, в яку заздалегідь налито 2–3 мл 1% розчину бромів:



Контрольні запитання і завдання

1. Дайте загальну характеристику вуглеводнів. Наведіть їх класифікацію.
2. Які вуглеводні належать до насичених?
3. Що таке ізомерія, ізомери?
4. Що таке гомологічний ряд, гомологічна різниця, гомологи?
5. Що таке σ -зв'язок?
6. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:
 - а) $CH_4 \longrightarrow C \longrightarrow CH_4 \longrightarrow CH_3Cl \longrightarrow CHCl_3$;
 - б) $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_5Br \longrightarrow C_2H_4Br_2$.
7. Укажіть кількість σ -зв'язків у молекулах:
 - а) 3-етил-4-ізопропілннану;
 - б) 4,4-диметилгептану;
 - в) 2,3-диметилпентану.
8. Напишіть рівняння хімічних реакцій:
 - а) повного окиснення октану;
 - б) хлорування хлором етану при освітленні;
 - в) нітрування ізобутану (вказіть умови реакції).
9. Визначте молекулярну формулу насиченого вуглеводню, що має відносну молекулярну масу 114. Укажіть його назву.

10. Напишіть можливі структури загальної формули C_6H_{14} . Визначте первинні, вторинні, третинні та четвертинні атоми Карбону у кожному ізомері. Назвіть сполуки.
11. Розмістіть наведені вуглеводні у порядку зменшення їх температур кипіння: 3,3-диметилпентан, гептан, 3-метилгептан, н-гептан, 3-метилгексан.
12. Як здобути бутан з етану? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

Тестові завдання

1. Алкани – це:

- 1) *аліфатичні ненасичені вуглеводні*
- 2) *циклічні насичені вуглеводні*
- 3) *аліфатичні насичені вуглеводні*
- 4) *циклічні ненасичені вуглеводні*

2. Сульфохлорування алканів відноситься до реакцій:

- 1) *заміщення*
- 2) *приєднання*
- 3) *розкладу*
- 4) *сполучення*

3. Яка реакція відбувається з найбільшою швидкістю:

- 1) *йодування метану*
- 2) *хлорування метану*
- 3) *флуорування метану*
- 4) *бромовання метану*

4. Реакція сульфохлорування алканів здійснюється в першу чергу:

- 1) *за первинним атомом Карбону*
- 2) *за вторинним атомом Карбону*
- 3) *за третинним атомом Карбону*
- 4) *за четвертинним атомом Карбону*

5. Реакція приєднання характерна для:

- 1) *циклопентану*
- 2) *циклопропану*
- 3) *циклогексену*
- 4) *циклодекану*

6. Для одержання бутану за реакцією Вюрца необхідно використати:

- 1) *метилхлорид*
- 2) *етилхлорид*
- 3) *пропілхлорид*
- 4) *ізопропілхлорид*

7. При повному окисненні алканів утворюються:

- 1) *вуглекислий газ і кисень*
- 2) *карбон(IV) оксид і вода*
- 3) *карбон(II) оксид і вода*
- 4) *чадний газ*

8. Для одержання алканів за методом Дюма використовують:

- 1) *спирти*
- 2) *галогенопохідні алканів*
- 3) *солі карбонових кислот*
- 4) *синтез-газ*

9. Для алканів не характерні:

- 1) *реакції заміщення*
- 2) *реакції приєднання*
- 3) *реакції окиснення*
- 4) *реакції розщеплення*

10. Суміш яких газів називається синтез-газом:

- 1) *карбон(IV) оксид і водень*
- 2) *карбон(II) оксид і водень*
- 3) *карбон(II) оксид і кисень*
- 4) *сульфур(IV) оксид і кисень*

Розділ IV. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

До ненасичених вуглеводнів відносять алкени, алкадієни, алкіни. Кожний клас речовин має свій гомологічний ряд.

Алкени – вуглеводні аліфатичного ряду, які мають у своїй будові один подвійний зв'язок.

Алкадієнами називаються сполуки, що мають відкритий ланцюг із атомів Карбону, в якому два зв'язки подвійні.

Вуглеводні з потрійним зв'язком у відкритому карбоновому ланцюзі називають *алкінами*.

Якщо в молекулах алканів атоми Карбону перебувають тільки в стані sp^3 –гібридизації і утворюють чотири π – зв'язки, то в молекулах ненасичених вуглеводнів щонайменше два атоми Карбону мають перебувати в стані sp^2 – або sp –гібридизації, утворюючи кратні зв'язки.

При sp^2 –гібридизації між двома атомами Карбону утворюється подвійний зв'язок, один з яких є π -зв'язок. π – Зв'язок легко вступає в реакції приєднання, як результат – атом Карбону перетворюється на sp^3 –гібридизований, утворюючи σ – зв'язки.

У разі sp –гібридизації два атоми Карбону утворюють потрійний зв'язок, два з яких є π – зв'язками.

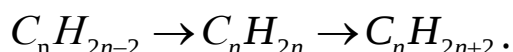
Кожний із видів гібридизації має певні характеристики: довжина зв'язку, валентний кут, енергія утворення.

Загальна схема реакцій приєднання для алкенів $C_nH_{2n} \rightarrow C_nH_{2n+2}$.

Реакції приєднання галогеноводнів, води до несиметричних алкенів відбуваються за *правилом Марковникова*.

На відміну від алкенів алкіни ще більшою мірою є ненасиченими сполуками. Для них також характерні реакції приєднання.

Загальна схема реакцій приєднання для алкінів:



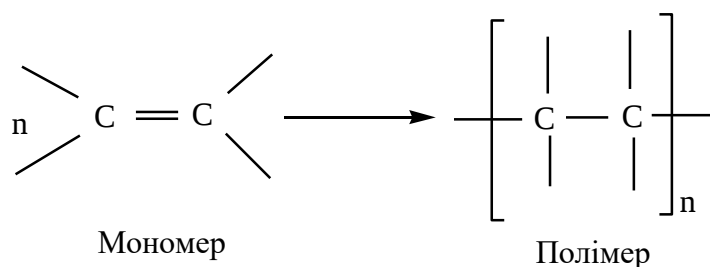
Алкіни з кінцевим потрійним зв'язком (термінальні) виявляють слабкі кислотні властивості і здатні заміщувати атом Гідрогену на метали та інші групи. Для термінальних алкінів характерні реакції заміщення.

Для ненасичених вуглеводнів характерна реакція *полімеризації* – хімічна реакція з'єднання однакових молекул мономеру, що призводить до утворення макромолекул (полімеру) з великим значенням молекулярної маси. Полімеризація зумовлюється присутністю у молекулах подвійних або потрійних зв'язків, які під час реакції розщеплюються. З'єднання мономерів відбувається за місцем розщеплення подвійних чи потрійних зв'язків.

Для цієї реакції характерні поняття «мономер», «полімер» і «ступінь полімеризації».

Мономер – це низькомолекулярна хімічна сполука, яка є вихідною речовиною для синтезу полімерів.

Полімер – це макромолекула, що складається з великої кількості структурних ланок (однакових фрагментів), сполучених між собою хімічними зв'язками:



Ступінь полімеризації (n) – число мономерних ланок (n), які повторюються. Продукт сполучення двох молекул мономеру називаються *димером*, трьох – *тримером*, а багатьох – *полімером*.

Полімери – це високомолекулярні сполуки. (ВМС). Молекулярна маса ВМС перевищує 20000 а.о.м. Ненасичені вуглеводні вступають у реакції окиснення, відновлення. Наявність кратних зв'язків у молекулах ненасичених вуглеводнів підвищує їхню реакційну здатність.

Ненасичені вуглеводні є вихідними і проміжними сполуками для синтезу лікарських засобів, синтетичних канчуків, полімерів.

Лабораторна робота № 4.1

Алкени

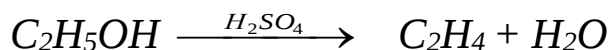
Реактиви: C_2H_5OH , H_2SO_4 (конц.), 1 % розчин $KMnO_4$, 1 % розчин бромної води, кальцій карбід, розчин Na_2CO_3 , спиртовий розчин фенолфталеїну, пісок.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, газовідвідна трубка, скляна паличка, пробіркотримач.

Хід роботи

Дослід 1. Одержання етену

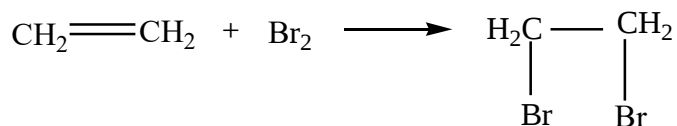
Спочатку помістіть в одну пробірку розчин калій перманганату (2 мл), в другу – розчин броду у воді (2 мл). Залиште ці пробірки для наступних дослідів. У суху пробірку налейте 3 мл концентрованої сульфатної кислоти і 1 мл етилового спирту. Всыпте в суміш трохи піску або пемзи, щоб уникнути поштовхів рідини при кипінні, закрийте пробірку корком, з'єднаним із газовідвідною трубкою. Закріпіть пробірку у пробіркотримачі. Нагрійте обережно вміст пробірки:



Етиловий спирт і сульфатна кислота реагують між собою, що супроводжується внутрішньомолекулярною дегідратацією. Утворюється етен, який виділяється через газовідвідну трубку.

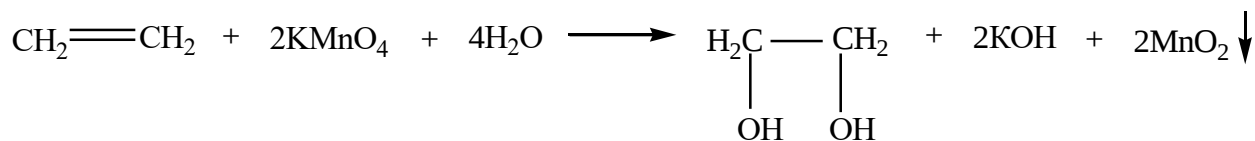
Дослід 2. Приєднання галогенів

Пропустіть етен у пробірку з розчином брома у воді. Ненасичені сполуки вступають у реакції приєднання з утворенням віцинальних галагенопохідних (галогени розміщені біля сусідніх атомів Карбону). Ненасичені сполуки знебарвлюють бромну воду. Це якісна реакція на кратний зв'язок.



Дослід 3. Окиснення етену

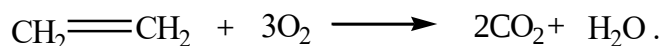
Пропустіть етен у пробірку з розчином калій перманганату.



Окиснення алкенів у нейтральному середовищі призводить до утворення бурого осаду манган(IV) оксиду і гліколів (двохатомних спиртів). Реакція Вагнера.

Дослід 4. Горіння етену

Підпаліть етен, що виділяється з газовідводної трубки:



Контрольні запитання і завдання

1. Напишіть структурні формули ізомерів пентену, назвіть їх.
2. Напишіть структурні формули речовин:
 - а) 4-метилпентен-2;
 - б) 2, 4-диметилгексен-2;
 - в) 2-метилбутен-2.
3. Напишіть рівняння таких хімічних реакцій:
 - а) приєднання броду до бутену-2;
 - б) гідратації пропену;
 - в) каталітичного гідрування 2, 4- диметилпентену-2.
4. Напишіть структурні формули алкенів, які під час озонолізу утворюють такі продукти:
 - а) пропаналь та метаналь;
 - б) 2-метилпропаналь та етаналь.
5. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити перетворення:
$$\text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}.$$
6. Напишіть структурні формули ізомерів складу:
 - а) C_5H_{10} ; б) C_6H_{12} .
7. Поясніть просторову будову алкенів.
8. Сформулюйте правило Марковникова, поясніть на прикладі.

Тестові завдання

1. Вкажіть речовину, яка в результаті гідрування приєднується до алкенів:

- 1) вода
- 2) водень
- 3) гідроген пероксид
- 4) галогеноводень

2. Вкажіть синонім до терміна «елімінування»:

- 1) відщеплення
- 2) перегрупування
- 3) заміщення
- 4) присєднання

3. Яка сполука утвориться в результаті взаємодії пропену з бромоводнем в умовах присутності гідрогенпероксиду:

- 1) 1-бромпропан
- 2) 2-бромпропан
- 3) 1,2-дибромпропан
- 4) 1,3-дибромпропан

4. Для одержання бутену-1 було застосовано цинк порошкоподібний. Вкажіть назву вихідної речовини:

- 1) 1,2-дихлоробутан
- 2) 2-хлоробутан
- 3) 1-хлоробутан
- 4) 2-хлоропропан

5. Для встановлення будови алкенів застосовують реакцію:

- 1) окиснення
- 2) озонування
- 3) гідрування
- 4) галогенування

6. Під час аномального хлорування пропену утворюється:

- 1) 1,2-дихлоропропан
- 2) хлористий аліл
- 3) хлористий пропіл
- 4) хлористий ізопропіл

7. Вкажіть сполуку, приєднання якої до алкенів в присутності пероксидних сполук, відбувається проти правила Марковникова:

- 1) H_2
- 2) HBr
- 3) Cl_2
- 4) HF

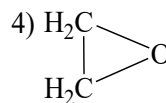
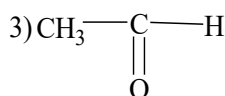
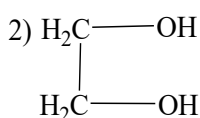
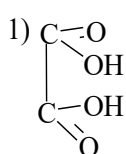
8. Який алкен можна одержати дегідрогалогенуванням 2-метил-1-хлоропропану:

- 1) пропен
- 2) бутен-1
- 3) бутен-2
- 4) 2-метилпропен

9. Які сполуки утворюються в результаті дегідрування бутану (Cr_2O_3 , 300–400 °C):

- 1) бутен-1, бутен-2, водень
- 2) бутен-1 і пропен
- 3) бутен-2 і водень
- 4) етен і водень

10. Окиснення етену в умовах реакції Вагнера відбувається до:



Лабораторна робота № 4.2

Алкіни

Реактиви: кальцій карбід, вода, 1 % розчин $KMnO_4$, 1 % розчин бромної води, спиртовий розчин фенолфталеїну.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, газовідвідна трубка, сірники, пробіркотримач.

Хід роботи

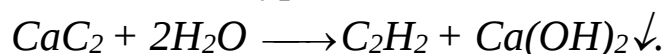
Дослід 1. Добування етину

Увага! Дослід проводити у витяжній шафі!

Для добування етину візьміть пробірку з газовідвідною трубкою. Попередньо приготуйте дві пробірки з реактивами: 1 % бромної води, 1 % розчин калій перманганату.

У пробірку помістіть невеликий шматочок кальцій карбїду, долийте

1 мл води і швидко закрийте корком із газовідвідною трубкою. Реакція відбувається досить бурхливо:

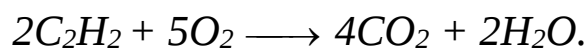


У пробірку (після закінчення виділення етину) внесіть 1 краплю спиртового розчину фенолфталеїну.

Реакцію запропонував у 1862 р. німецький хімік Ф. Велер. Її широко застосовують для лабораторних і промислових потреб. У результаті реакції виділяється газ етин. Реакція екзотермічна.

Дослід 2. Горіння етину

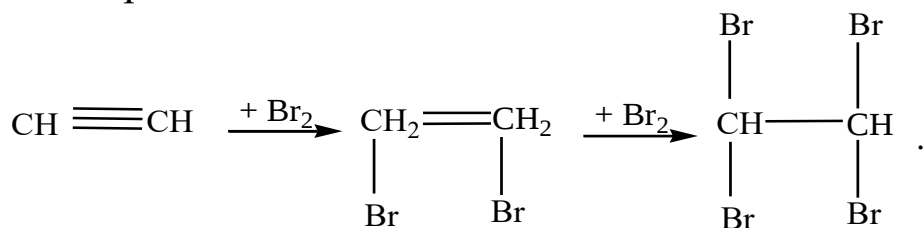
Кінець трубки, з якої виділяється газ етин, піднесіть до відкритого полум'я:



Зверніть увагу на характер полум'я під час горіння етину.

Дослід 3. Взаємодія етину з бромом

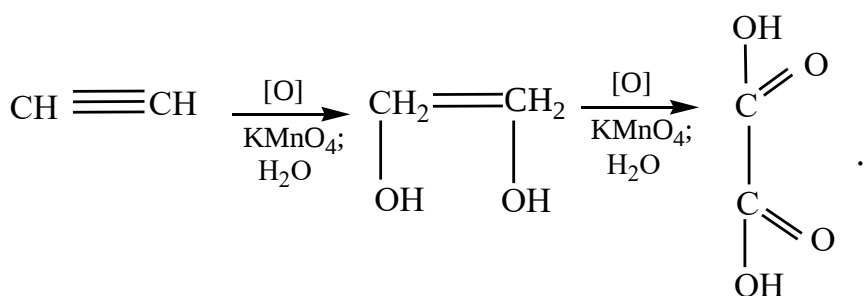
Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється етин, занурте в пробірку з бромною водою. Зверніть увагу на швидкість знебарвлення бромної води.



Алкини легко приєднують галогени за місцем розщеплення потрійного зв'язку. Галогенування може бути частковим або повним. В результаті реакції з однією молекулою галогену утворюється дигалогеналкен. При надлишку галогену реакція приєднання відбувається у дві стадії: на першій утворюється ненасичена галагенопохідна; на другій – реакція проходить важче порівняно з першою стадією, дигалогенопохідна приєднує ще два атоми Броду, утворюючи тетразаміщений алкан.

Дослід 3. Окиснення етину

Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється етин, опустіть у пробірку з розчином калій перманганату в слабко лужному середовищі:

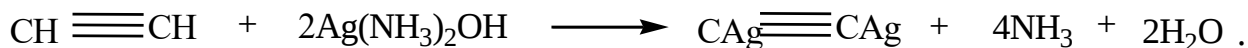


Реакція відбувається в декілька етапів. Спостерігається знебарвлення розчину калій перманганату, утворення бурого осаду манган(IV) оксиду і щавлевої кислоти.

Дослід 4. Добування ацетиленідів металів

Увага! Дослід проводити у витяжній шафі!

У пробірку налейте 2 мл 1% розчину аргентум нітрату і додайте краплями 5 % розчин амоніаку до розчинення осаду аргентум оксиду. Через отриманий безбарвний розчин $Ag(NH_3)_2OH$ пропустіть етин:



Етин і алкіни з потрійним зв'язком на краю молекули вступають у реакцію з основами – $Ag(NH_3)_2OH$, $Cu(NH_3)_2OH$. При цьому атом Гідрогену заміщується на метал, утворюючи *ацетиленіди*. При дії хлоридної кислоти на їх розчини утворюється вихідний алкін. Ацетиленіди Купруму і Аргентуму – вибухонебезпечні.

Реакція є *якісною* на виявлення термінальних алкінів.

Контрольні запитання і завдання

1. Які вуглеводні називаються алкінами?
2. Яку масу бромної води з масовою часткою броду 3% може знебарвити пропін кількістю речовини 0,0975 моль?
3. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити таке перетворення: 3-метилбутин-1 $\longrightarrow$ 2,3,4,5-тетраметилгексан.
4. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення: натрій ацетат $\longrightarrow$ метан $\longrightarrow$ ацетилен $\longrightarrow$ 1,2-дихлоретен $\longrightarrow$ 1,2-дихлоретан $\longrightarrow$ вуглекислий газ.
5. Суміш ацетилену і водню, маса якої 140 г, спалили в кисні. Утворилось 180 мл води. Визначте масу ацетилену у вихідній суміші.
6. Напишіть структурні формули ізомерів складу: C_5H_8 , C_7H_{12} .
7. Напишіть структурні формули речовин:
 - а) 5-етилгептин-3;
 - б) 3, 3-диметилбутин-1;
 - в) 4-метилпентин-2.

8. Який тип ізомерії характерний для алкенів, алкінів, алкадієнів?
9. Що таке π -зв'язок? Відмінність π -зв'язку від σ -зв'язку.
10. Поясніть просторову будову алкінів.
11. Номенклатура ненасичених вуглеводнів.
12. Фізичні властивості алкенів, алкінів, алкадієнів.
13. Розкрийте хімічні властивості ненасичених вуглеводнів. Відповідь підтвердіть рівняннями хімічних реакцій.
14. Порівняйте властивості насичених і ненасичених вуглеводнів.
15. Поясніть СН-кислотний характер алкінів.
16. Назвіть реакції ідентифікації ненасичених вуглеводнів.
17. Основні галузі застосування ненасичених вуглеводнів.

Тестові завдання

1. Процес вирівнювання однієї s - і однієї p -АО за енергією і формою називають:

- 1) sp^2 -гібридизацією
- 2) sp -гібридизацією
- 3) sp^3 -гібридизацією
- 4) s^2p^2 -гібридизацією

2. В результаті взаємодії пропіну з надлишком гідрогенхлориду утворюється:

- 1) 2,2-дихлоропропан
- 2) 1,1-дихлоропропан
- 3) 2-хлоропропан
- 4) 1,3-дихлоропропан

3. Вінілацетилен утворюється в результаті реакції:

- 1) димеризації
- 2) тримеризації

3) полімеризації

4) циклізації

4. В результаті приєднання однієї молекули водню до етину утворюється:

1) етан

2) етен

3) пропен

4) пропін

5. Етин можна одержати:

1) димеризацією метана

2) піролізом метана

3) крекінгом метану

4) відновленням метану

6. Для того, щоб одержати бутин-2 з пропіну, необхідно застосувати реагенти:

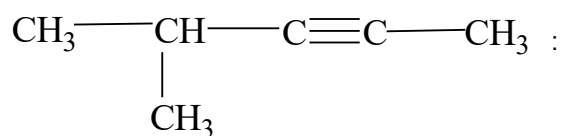
1) Na, CH₃I

2) Na, C₂H₅I

3) Na, C₂H₆

4) циклічних вуглеводнів

7. Вкажіть сполуку, що відповідає даній формулі:



1) 2-метилпентин-3

2) ізобутилпропен

3) 4-метилпентин-2

4) 4-метилпентен-2

8. При неповному окисненні алкінів утворюються:

- 1) *спирти*
- 2) *гліколі*
- 3) *альдегіди*
- 4) *карбонові кислоти*

9. Бутин-1 і бутин-2 відносяться до ізомерів:

- 1) *просторових*
- 2) *геометричних*
- 3) *структурних*
- 4) *оптичних*

10. Який галогеналкан був використаний для одержання пропіну методом дегідрогалогенування:

- 1) *1,2-дихлоропропан*
- 2) *2-хлоропропан*
- 3) *1-хлоропропан*
- 4) *1,2-дихлороетан*

Розділ V. АРОМАТИЧНІ ВУГЛЕВОДНІ

До *ароматичних вуглеводнів (аренів)* відносять сполуки карбоциклічного ряду, молекули яких містять одне або кілька бензенових кілець. Найпростіший представник аренів – бензен, брутто-формула C_6H_6 . Бензен добув М. Фарадей зі світильного газу у 1825 р. Бензен та його гомологи здебільшого прозорі рідини, інколи тверді речовини, мають специфічний запах. Арени майже нерозчинні у воді. Температура кипіння бензену $80,1^\circ C$. Ізомери з декількома замісниками киплять за вищої температури, ніж ізомери з одним, навіть більшим замісником. Орто-ізомери мають вищі температури кипіння порівняно з пара-ізомерами. Кожна нова група CH_2 в молекулі арену підвищує температуру кипіння приблизно на $30^\circ C$. Ізомери з симетричною будовою мають більш високу температуру плавлення.

Термін «ароматичні» вживали щодо органічних сполук, які мали приємний запах або були виділені з природних запашних речовин – рослинних смол, бальзамів, ефірних олій тощо. Назва «ароматичні» сполуки тепер вже не має свого початкового значення.

Ароматичні сполуки – сполуки карбоциклічного ряду, молекули яких мають у своєму складі стійке циклічне угруповання з шести атомів Карбону (бензенове кільце), яке має особливі фізичні та хімічні властивості.

Кількість бензенових кілець, що входять до складу молекули, визначають розподіл ароматичних сполук на однадерні та багатоядерні. Багатоядерні арени бувають з ізольованими циклами та конденсованими циклами.

Загальна формула сполук бензенового ряду C_nH_{2n-6} .

Вуглеводневі ароматичні залишки називають арилами (Ar), залишок C_6H_5 – феніл.

В молекулі бензену атоми Карбону перебувають у стані sp^2 -гібридації, кожний атом Карбону утворює три σ -зв'язки (один $C-H$ і два $C-C$), які розміщені в одній площині під кутом 120° один до одного. У кожного атому Карбону залишається одна

негібридизована *p*-орбіталь. Шість таких орбіталей розміщуються перпендикулярно до площини σ -зв'язків, перекриваються між собою, утворюючи єдину спряженну π -електронну хмару. Довжина зв'язків між атомами Карбону складає 0,140 нм, енергія спряження в системі $E=150$ кДж/моль. Енергія спряження (делокалізації) – це та кількість енергії, яку потрібно витратити, щоб зруйнувати ароматичну систему бензену.

Сучасне поняття «ароматичність» сполуки охоплює сукупність таких ознак (критерій ароматичності, правило Хюккеля, 1931 р.):

Молекула ароматичної сполуки повинна мати плоский замкнений карбоновий цикл із делокалізованою π -електронною системою і містити на спряжених *p*-орбіталях $4n + 2$ електрони, де $n = 1, 2, 3$ і т. д.

Для ароматичних сполук характерна термодинамічна і термічна стабільність, схильність до реакцій заміщення, а не приєднання, стійкість до окиснення. Найбільш характерними реакціями для аренів є реакції електрофільного заміщення: галогенування, нітрування, сульфування, алкілування, ацилювання.

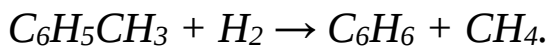
Приєднання до ароматичних вуглеводнів водню відбувається тільки в присутності каталізаторів і за підвищеної температури. При цьому утворюється циклогексан і його гомологи. Ароматичне кільце бензену гідрується в значно жорсткіших умовах, ніж подвійний чи потрійний зв'язок алкенів і алкінів. Це обумовлено стабілізацією ароматичного кільця за рахунок делокалізації π -електронів. Для гідрування бензену та його похідних до похідних циклогексану над нікелем Ренея необхідна температура 120–150 °C і тиск 100–150 атм. Конденсовані ароматичні сполуки гідруються легше, ніж похідні бензену.

Під дією ультрафіолетового опромінювання бензен приєднує хлор і бром з утворенням гексагалогенідів. Бензенове кільце дуже важко піддається дії окисників. Такі окисники, як калій перманганат, хром(VI) оксид, нітратна кислота, не діють на бензен. Бензен

окиснюється киснем повітря на каталізаторі V_2O_5 , утворюючи малеїновий ангідрид.

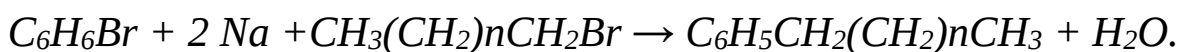
Бензен добувають у промисловості сухою перегонкою кам'яного вугілля, переробкою нафти, дегідроциклізацією гексану, деметилуванням толуену.

Головним джерелом аренів є нафта. Реакції дегідрування циклоалканів і дегідроциклізація алканів складають основу промислового одержання ароматичних вуглеводнів. Бензен одержують з його гомологів. Один з них полягає у гідродеметилуванні толуену. Суміш толуену і водню нагрівають до температури 700–750 °C під тиском у 35–70 *атм*:



В присутності каталізаторів кислотної природи здійснюють диспропорціонування толуену до бензену і суміші орто-, мета- і пара-ксиленів, яку розділяють за допомогою перегонки. Найбільш загальним методом одержання алкілбензенів є алкілування бензену за Фріделем-Крафтсом алкілгалогенідами, спиртами, алкенами:

$C_6H_6 + C_2H_5OH \rightarrow C_6H_5C_2H_5 + H_2O$. Каталізатором в даній реакції є $AlCl_3$. Іншим класичним методом синтезу алкілбензенів є реакція Вюрца-Фіттіга, що полягає в конденсації суміші арилгалогеніду і алкілгалогеніду під дією металічного натрію в етері або іншому індеферентному розчиннику:



Найкращі результати отримують при використанні арилбромідів і первинних алкілбромідів.

Ароматичні вуглеводні та їх похідні використовують для синтезу лікарських засобів, барвників, каучуків, мийних засобів. Деякі з них (тимол, азулен) входять до складу ефірних олій багатьох рослин, інші є основною складовою деяких фізіологічно активних сполук – алкалоїдів морфіну і кодеїну, флавоноїдів (похідних дифенілпропану), похідних антрацену. Ксилени використовують як розчинники, для виготовлення моторного палива.

Лабораторна робота № 5

Ароматичні вуглеводні

Реактиви: бензен, толуен, сульфатна кислота концентрована, нітратна кислота концентрована, вода.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, колби, фарфорова чашка, сірники, пальник.

Хід роботи

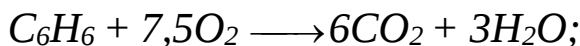
Дослід 1. Розчинність бензену у воді

У пробірку налейте 1 мл бензену і додайте 3–5 мл води. Суміш струсіть, дайте деякий час постояти. Суміш утворить два суцільних шари – бензену і води.

Дослід 2. Горіння бензену

Увага! Дослід проводити у витяжній шафі!

У фарфорову чашку налейте приблизно 0,5 мл бензену і підпаліть:

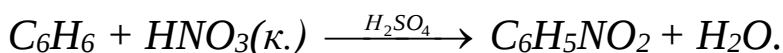


Під час горіння руйнується бензенове кільце і виділяється чистий вуглець у вигляді кіптяви.

Дослід 3. Нітрування бензену

Увага! Дослід проводити у витяжній шафі!

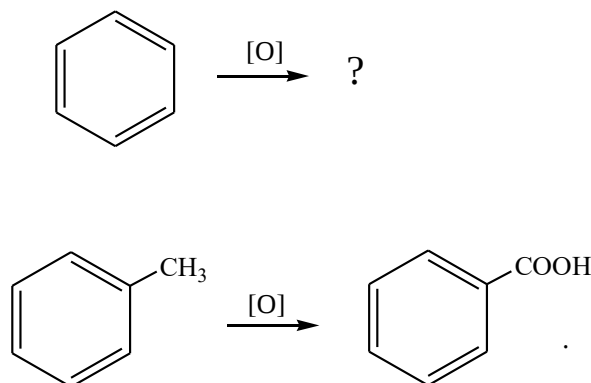
У пробірку налейте 2 мл сульфатної концентрованої кислоти і обережно додайте 1 мл нітратної концентрованої кислоти. Приготовлену нітратну суміш охолодіть і додайте до неї краплями 1 мл бензену. Вміст пробірки струшуйте упродовж 10–15 хвилин. Потім вміст пробірки вилийте у хімічний стакан з холодною водою. Обережно перевірте запах одержаної речовини:



Арени легко вступають у реакції електрофільного заміщення. З бенzenом ця реакція відбувається важче, ніж з його гомологами.

Дослід 4. Окиснення ароматичних вуглеводнів

У дві пробірки налейте по 1 мл розчину KMnO_4 і по 1 мл розбавленої сульфатної кислоти. Потім в одну з них додайте бензен, а в другу – толуен. Пробірки закрийте корками з вертикальними трубками і нагрійте на водяній бані:



Бензенове кільце дуже стійке до дії окисників. За звичайних умов сильні окисники не окиснюють бензен, тому видимих змін не відбудеться. Але за жорстких умов (V_2O_5 , $T = 400\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$, O_2) бензен окиснюється, утворюється малеїновий ангідрид. Інші представники гомологічного ряду аренів (метилбензен, етилбензен, пропілбензен) окиснюються легше.

Контрольні запитання і завдання

1. Чи притаманні ароматичним вуглеводням реакції приєднання?
2. Порівняйте здатність до окиснення бензену та толуену.
3. Як відбувається озонування аренів? З якою метою застосовують дану реакцію?
4. Які каталізатори використовують в реакціях алкілювання аренів галогеналканами?
5. Поясніть вплив замісників на проходження реакцій електрофільного заміщення.
6. Як із солей ароматичних кислот можна одержати арени?
7. Напишіть рівняння хімічних реакцій, зазначте умови перебігу:
 - а) нітрування метилбензену;
 - б) бромовання пропілбензену;
 - в) окиснення етилбензену;
 - г) алкілювання нітробензену;
 - д) ацилювання хлоробензену.

Тестові завдання

1. Вкажіть гомолог бензену:

- 1) *гексен*
- 2) *етен*
- 3) *толуен*
- 4) *пропілен*

2. В результаті алкілювання етилбензену хлористим етилом утворюється:

- 1) *1,3-діетилбензен*
- 2) *1,2-діетилбензен*
- 3) *1-етил-2-хлоробензен*
- 4) *1,2-діетилбензен і 1,4-діетилбензен*

3. Вкажіть одновалентний ароматичний вуглеводневий залишок:

- 1) *етил*
- 2) *феніл*
- 3) *вініл*
- 4) *метил*

4. Вкажіть умови гідрування бензену:

- 1) *висока температура й тиск*
- 2) *нормальна температура*
- 3) *наявність каталізатора Ni*
- 4) *наявність каталізатора і підвищений тиск*

5. Замісники другого роду:

- 1) *збагачують електронною густиною бензенове ядро*
- 2) *збіднюють електронною густиною бензенове ядро*
- 3) *уповільнюють електрофільне заміщення*
- 4) *пришвидчують електрофільне заміщення*

6. Вкажіть замісники, які активують бензенове кільце до реакцій електрофільного заміщення?

- 1) —CH_3
- 2) $\text{—SO}_3\text{H}$
- 3) —COOH
- 4) —OH

7. В результаті окиснення пропілбензену калій перманганатом утворюється:

- 1) *малеїновий ангідрид*
- 2) *бензойна кислота*
- 3) *бензойна і оцтова кислота*
- 4) *гідроксибензен*

8. Циклогексан утворюється з бензену в результаті реакції:

- 1) *приєднання*
- 2) *окиснення*
- 3) *ацилювання*
- 4) *заміщення*

9. В бензені кут між зв'язками C—C—C становить:

- 1) 140°
- 2) 120°
- 3) 100°
- 4) 160°

10. Вкажіть назву ізопропілбензену за тривіальною номенклатурою:

- 1) *ксилен*
- 2) *толуен*
- 3) *кумен*
- 4) *стирен*

Розділ VI. ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Галогенопохідні вуглеводнів – продукти заміщення у вуглеводнях одного або кількох атомів Гідрогену атомами галогенів ($-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$).

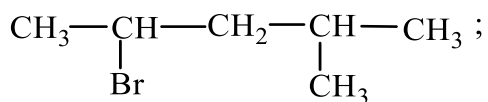
Кількість галогенопохідних дуже велика, що визначається різноманітністю будови карбонового ланцюга, розміщенням атомів галогенів, їх кількістю за типом.

Класифікація галогенопохідних:

I. Залежно від природи вуглеводневого залишку:

1. *Аліфатичні*. Серед аліфатичних галогенопохідних розрізняють:

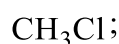
а) насичені (галогеноалкани):



2-Бромо-4-метилпентан

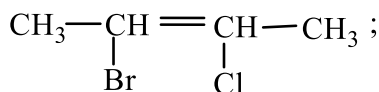


1,1-Дийодоетан

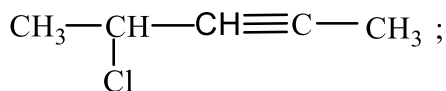


Метилхлорид

б) ненасичені (галогеноалкени, галогеноалкіни):

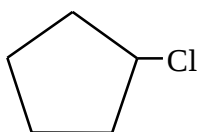


2-Бромо-3-хлоро-2-бутен



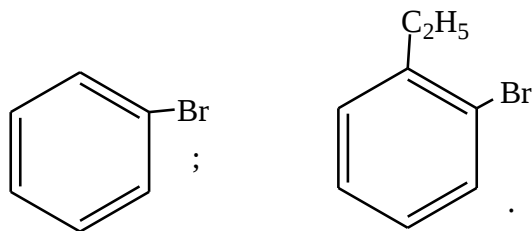
4-Хлоро-2-пентин

2. *Аліциклічні*:



Хлороциклопентан

3. Ароматичні:

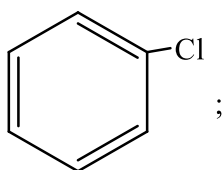


Бромобензен

o-Бромоетилбензен

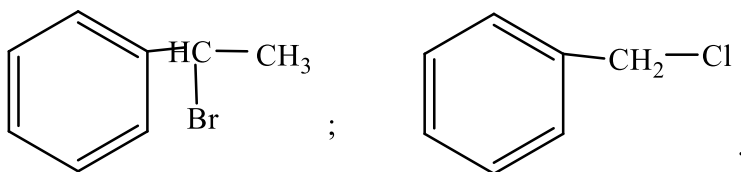
Ароматичні галогенопохідні вуглеводнів поділяють на:

а) сполуки, у яких атом Гідрогену безпосередньо сполучений з ароматичним ядром (галогеноарени):



Хлоробензен

б) сполуки, які містять атом галогену в бічному залишку (арилалкілгалогеніди):



1-Бromo-1-фенілетан

Бензилхлорид

II. За природою атома галогену:

флуор-, чи флуоро-;

хлор-, чи хлоро-;

бром-, чи бромо-;

йодопохідні.

III. За кількістю атомів галогену:

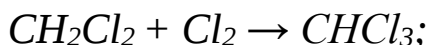
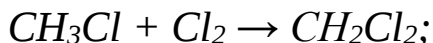
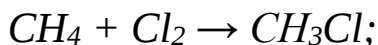
моно-;

ди-;

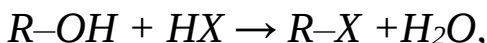
три-;

полігалогенопохідні.

Нижчі галогеноалкани є газоподібними речовинами, інші – рідини або тверді речовини, не розчинні у воді і розчинні в органічних розчинниках, мають характерний солодкуватий запах. Добувають галогеноалкани прямим галогенуванням алканів за високої температури або за опромінювання:

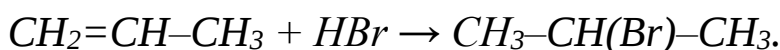


Для добування хлоро-, бромо- та йодоалканів застосовують реакцію спиртів з галогеноводнем, що відбувається за схемою:

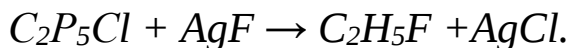


де R –алкільний залишок; $X-Cl, Br, I$.

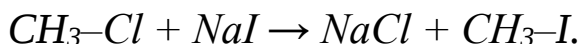
Галогеноалкани утворюються в результаті приєднання до алкенів галогеноводню:



Флуороалкани добувають під час нагрівання хлоро- або бромоалканів з аргентум(I) флуоридом:

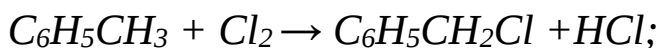


Реакцією відповідних бромідів або хлоридів з розчином натрій йодиду в ацетоні добувають йодоалкани:

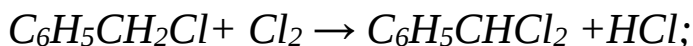


Бензилгалогеніди одержують в результаті галогенування бічного ланцюга алкіларенів за опромінювання:

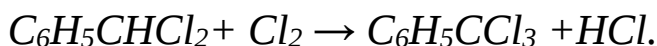
$h\nu$



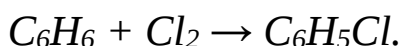
$h\nu$



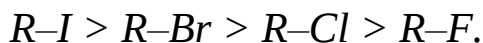
$h\nu$



Замінити Гідроген в бензеновому циклі можна за допомогою реакції галогенування аренів в присутності каталізатора $AlCl_3$. Так синтезують арилгалогеніди:

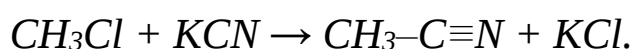
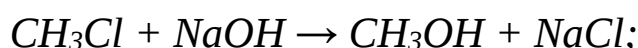
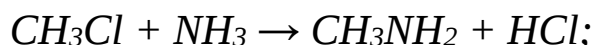


Галогенопохідні є досить реакційноздатними сполуками, що пов'язано з наявністю полярного зв'язку між атомами галогену і Карбону. Природа галогену значно впливає на реакційну здатність. Поляризація зв'язку $C-Hal$ зменшується в ряду



З іншого боку, будова вуглеводневого залишку R також впливає на реакційну здатність.

Реакції нуклеофільного заміщення:

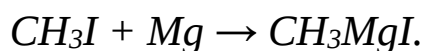


Реакції дегідрогалогенування:

KOH , спирт



Реакція одержання реактиву Грін'єра (реакція відбувається в етері):



В ароматичних галогенопохідних зв'язок галогену з ароматичним ядром сильніший, порівняно з галогеном, який міститься в бічному ланцюзі. Галогенопохідні, що містять атом галогену при α -атомі Карбону бічного ланцюга (бензилгалогеніди), мають більш реакційну здатність зв'язку $C-Hal$. Ароматичні сполуки, в яких присутній атом галогену в бензеновому кільці, вступають в реакції електрофільного заміщення. Хоча галоген і утруднює дану реакцію, заміщення відбувається в орто- і пара- положеннях.

Багато галогенопохідних широко застосовують у сільському господарстві (стимулятори росту рослин, засоби боротьби зі шкідниками та паразитами), у побуті (як органічні розчинники).

Лабораторна робота № 6

Галагенопохідні вуглеводнів

Реактиви: етиловий спирт, хлороформ, 10 % розчин натрій гідроксиду, 1 % розчин аргентум нітрату, 10 % розчин калій йодиду, розчин йоду в калій йодиду, 1 % розчин крохмального клейстеру, 1 % розчин калій перманганату, амоніачний розчин аргентум оксиду.

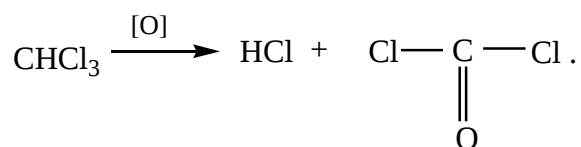
Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, водяна баня, мідна дротина, пробіркотримач.

Хід роботи

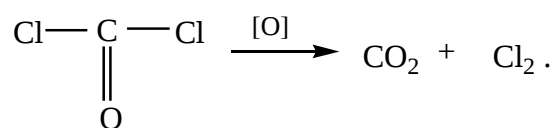
Дослід 1. Визначення якості хлороформу

Хлороформ (трихлорометан) – безбарвна рідина з характерним солодкуватим запахом. Зверніть увагу на те, що хлороформ погано розчиняється у воді, густина його більша, ніж води; він добре розчинний в органічних розчинниках, сам виступає розчинником у багатьох хімічних виробництвах, застосовується для вилучення жирів, алкалоїдів смол із рослинної сировини.

У разі неправильного зберігання під дією світла і кисню повітря хлороформ поступово окиснюється і розкладається з утворенням гідроген хлориду, надзвичайно токсичної речовини із запахом прілого сіна – фосгену:

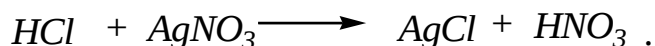


Під час подальшого окиснення фосген розкладається, виділяючи вільний хлор і вуглекислий газ:



Пригадайте з неорганічної хімії, як впливають на організм людини хлор і вуглекислий газ.

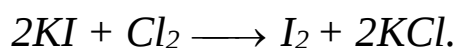
1. Відкриття гідроген хлориду. У пробірку помістіть 2 краплі досліджуваного хлороформу, додайте 3 краплі води і 2 краплі 1 % розчину аргентум нітрату:



За наявності в хлороформі слідів гідроген хлориду спостерігається слабе помутніння.

Якщо реакція позитивна, то можна припустити, що в хлороформі є фосген, який при подальшому окисненні перетворюється на вільний хлор.

2. *Відкриття хлору.* У пробірку помістіть 2 краплі досліджуваного хлороформу, додайте 3 краплі води і кілька крапель 10 % розчину калій йодиду. Вміст пробірки перемішайте:



За наявності у хлороформі домішок хлору виділяється молекулярний йод, який забарвлює шар хлороформу в рожевий або рожево-фіолетовий колір. Відсутність забарвлення свідчить про те, що розчин не містить йоду, а отже, про відсутність хлору в цьому зразку.

За потреби внесіть у пробірку 1 краплю розчину крохмального клейстеру.

За наявності навіть незначної кількості вільного йоду з'являється синє забарвлення (йодкрохмальна реакція).

Дослід 2. Добування йодоформу

Йодоформ (трийодометан) – кристалічна речовина лимонно-жовтого кольору, важко розчиняється у воді, краще в органічних розчинниках – хлороформі та діетиловому етері, температура плавлення 116 °С, легко сублімується, має характерний запах. На повітрі розкладається з виділенням вільного йоду. Має широке застосування як антисептик. Зберігають йодоформ в добре закупореній тарі з темного скла.

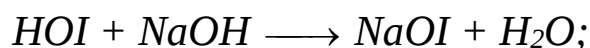
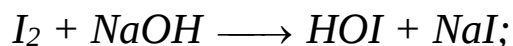
У суху пробірку помістіть 1 краплю етанолу, додайте 3 краплі водного розчину йоду в KI (йод при цьому випадає в осад) і 3 краплини 10 % розчину натрій гідроксиду до знебарвлення розчину. Суміш обережно нагрійте на водяній бані, але в жодному разі не кип'ятіть!



При охолодженні випадає осад у вигляді лимонно-жовтих кристалів зі специфічним запахом.

Утворення йодоформу відбувається в кілька стадій:

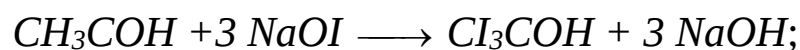
а) взаємодія йоду з натрій гідроксидом:



б) окиснення етанолу до ацетальдегіду (етаналу):

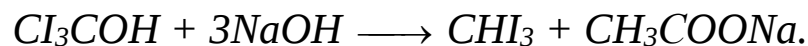


в) заміщення атомів Гідрогену в метильній групі на Йод:



Йодаль

г) розщеплення йодалю (трийодоцтового альдегіду) під дією надлишку лугу:



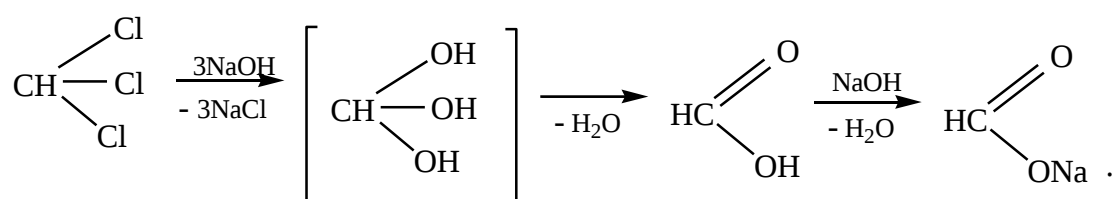
Йодаль Йодоформ

Кристали йодоформу під мікроскопом мають форму правильних шестикутників у вигляді сніжинок.

Дослід 3. Проведення реакцій лужного гідролізу хлороформу та реакцій на виявлення продуктів гідролізу

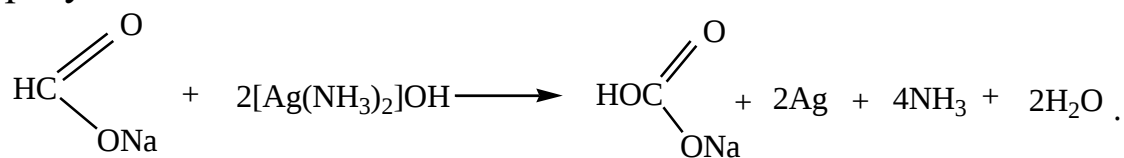
У пробірку налейте приблизно 0,5 мл хлороформу і 2 мл 10 % розчину натрій гідроксиду. Суміш обережно, при постійному струшуванні підігрійте до зникнення межі поділу двох рідин, після чого охолодіть.

У результаті гідролізу хлороформу утворюються йони Хлору і мурашиної кислоти (в лужному середовищі утворюється сіль – натрій форміат), які потрібно визначити в гідролізаті:



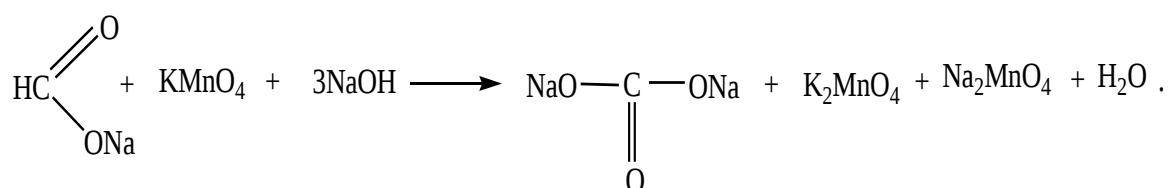
Вміст пробірки розділіть на дві частини.

Першу пробірку з гідролізатом підкисліть 20 % розчином нітратної кислоти і додайте кілька крапель 1 % розчину аргентум нітрату.



Визначення мурашиної кислоти проводять за допомогою реакції «срібного дзеркала». Мурашина кислота одночасно є альдегідом (до складу молекули входить альдегідна група). Як альдегід у лужному середовищі вона виявляє відновні властивості. Аргентум відновлюється, випадає чорний осад або утворюється дзеркальний шар на стінках пробірки.

До залишку лужного гідролізату додайте кілька крапель 1 % розчину калій перманганату:



Окиснення натрій форміату калій перманганатом у лужному середовищі відбувається з утворенням йонів MnO_4^{2-} (зеленого кольору) і натрій карбонату. Спочатку розчин набуває чорного забарвлення, оскільки в розчині одночасно містяться йони MnO_4^{6-} (фіолетового кольору) і MnO_4^{2-} (зеленого кольору).

Дослід 4. Проба Бельштейна

Мідну дротину прожарюйте в полум'ї пальника доти, доки його забарвлення не почне змінюватися. Почекайте, поки дротина охолоне, і, змочивши її досліджуваним зразком (хлороформ), внесіть знову в полум'я пальника:



Метод виявлення атомів галогенів (Хлору, Брому, Йоду) в органічних сполуках ґрунтується на здатності купрум(II) оксиду за високої температури розкладати галогеновмісні органічні сполуки з утворенням солей Купруму(II), які відновлюються до солей Купруму(I).

Залежно від складу речовини полум'я забарвлюється у яскравий синьо-зелений колір (купрум(I) хлорид і купрум(I) бромід) або зелений купрум(I) йодид.

Контрольні запитання і завдання

1. Класифікація галагенопохідних вуглеводнів.
2. Ізомерія та номенклатура галагенопохідних.
3. Напишіть структурні формули речовин:
 - а) 4-бромо-4-метилнонан;
 - б) 2,3-дибромобутан;
 - в) тетрафлуороетилен;
 - г) 2,3-дихлоро-1,4-гексادیєн.
4. Напишіть схеми реакцій 2-хлоробутану з такими реагентами:
 - а) водою;
 - б) натрій гідроксидом;
 - в) калій ціанідом;
 - г) амоніаком.

5. За допомогою яких реакцій можна розрізнити 1,1-дибромобутан і 1,4-дибромобутан?
6. З якої речовини під дією HCl можна одержати 2,2-дихлоропентан:
- а) 1-пентен;
б) 2-пентен.
7. Загальна характеристика хімічних властивостей галагенопохідних.

Тестові завдання

1. Вкажіть умови хлорування метану:

- 1) температура $140^{\circ}C$
2) ультрафіолетове випромінювання
3) присутність $HgCl_2$
4) каталізатор Ni

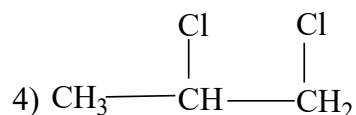
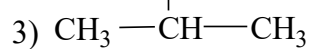
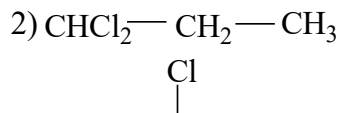
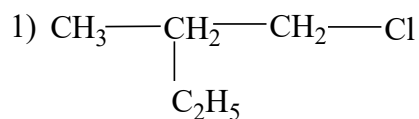
2. Вкажіть сполуку, що містить асиметричний Карбон:

- 1) $CH_3-\overset{\overset{Cl}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$
2) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-Cl$
3) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$
4) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

3. Вкажіть сполуку, що утворюється під час дегідрогалогенування 2-хлоропентану:

- 1) пентен-1
2) пентен-2
3) пентин-1
4) пентин-2

4. Укажіть формулу 2-хлоропропану:



5. Реакція елімінування – це:

- 1) відщеплення гідрогенгалогенідів
- 2) приєднання гідрогенгалогенідів
- 3) приєднання галогену
- 4) заміщення галогену

6. Етилхлорид з етилового спирту можна одержати за допомогою реагенту:

- 1) Cl_2
- 2) NaCl
- 3) PCl_5
- 4) HOCl

7. Вкажіть умови одержання хлоробензену з бензену:

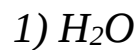
- 1) дія випромінювання
- 2) тиск
- 3) каталізатор Al_2O_3
- 4) каталізатор FeCl_3

8. Вкажіть галогенопохідну алкану, з якої за реакцією Вюрца, можна одержати гексан:

- 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
- 2) $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$



9. За допомогою якого реактиву можна перетворити бутилбромід на алкен?

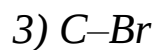
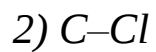


2)

3) водний розчин KOH

4) спиртовий розчин KOH

10. Поляризовність якого зв'язку є найбільшою:



Розділ VII. СПИРТИ. ФЕНОЛИ

Спирти – похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів Гідрогену заміщені гідроксильною групою -ОН.

Загальна формула одноатомних насичених спиртів $C_nH_{2n+1}OH$ або $R-OH$. Перший представник гомологічний ряду одноатомних насичених спиртів метиловий спирт CH_3OH . Метанол має сильну отрутну дію. Отруйні властивості метанолу обумовлені його здатністю окиснюватись в організмі людини до формальдегіду і мурашиної кислоти, які здатні руйнувати білкові клітини. Температура кипіння метанолу на $150^\circ C$ вище, ніж етана, не дивлячись на те, що їх молекулярні маси мають близькі значення. Етанол має температуру кипіння на 123° вищу, ніж пропан. З іншого боку, етанол кипить на 104° вище, ніж ізомерний йому диметиловий етер. Ці особливості спиртів обумовлені утворенням міцного міжмолекулярного водневого зв'язку. Наявність міжмолекулярних водневих зв'язків обумовлює високі температури кипіння нижчих спиртів в порівнянні з іншими сполуками близької молекулярної маси, а також високу розчинність нижчих спиртів у воді, де виникають міжмолекулярні водневі зв'язки між молекулами спирту і води.

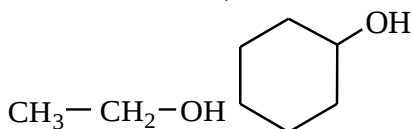
Спирти, що містять від одного до десяти атомів карбону, є рідинами. Спирти, у складі яких одинадцять і більше атомів Карбону – тверді речовини.

Одноатомні феноли – безбарвні рідини або кристалічні речовини. Феноли легко окиснюються киснем повітря і набувають рожевого забарвлення. Феноли погано розчиняються у воді.

Класифікація.

1. Залежно від наявності або відсутності ненасичених зв'язків спирти поділяють на насичені і ненасичені:

насичені – гідроксильні похідні алканів і циклоалканів (алканоли, циклоалканоли).



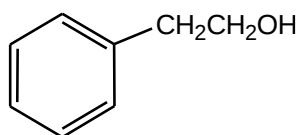
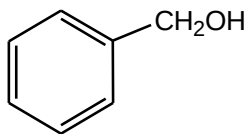
Етанол Циклогексанол;

ненасичені – гідроксильні похідні ненасичених вуглеводнів.



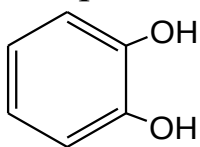
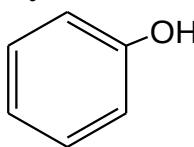
Аліловий спирт;

ароматичні – гідроксильні похідні ароматичних вуглеводнів, гідроксильна група знаходиться у бічному ланцюзі.



Бензиловий спирт 2-Фенілетанол

Феноли – ароматичні сполуки, в яких гідроксильна група сполучена безпосередньо з бензеновим ядром.



*Фенол 1,2 – Дигідроксибензен
(гідроксибензен) (пірокатехін)*

2. Кількість гідроксильних груп визначає атомність спиртів і фенолів:

- одноатомні – *алкоголі*;
- двохатомні – *діоли*, або *гліколі*;
- триатомні – *триоли*, або *гліцероли*;

3. Залежно від природи атому Карбону, з яким з'єднана гідроксильна група, спирти поділяють на:

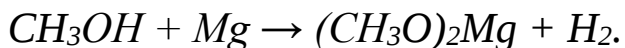
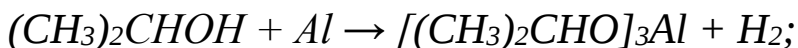
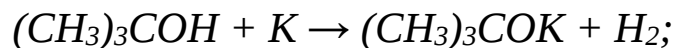
а) первинні $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$;

б) вторинні $\begin{array}{c} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array}$;

в) третинні $\begin{array}{c} \text{R} \\ | \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{R} \end{array}$.

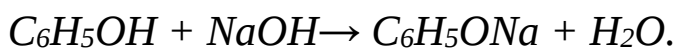
Наявність в молекулах спиртів полярних зв'язків $\text{O}-\text{H}$ і $\text{C}-\text{O}$ визначає їх хімічні властивості. З розщепленням $\text{O}-\text{H}$ зв'язку відбуваються реакції естерифікації, окиснення, дегідрування та

кисотно-основні реакції. Спирти утворюють алкоголяти, реагуючи з лужними, лужноземельними металами, алюмінієм, галієм і талієм:



Алкоголяти можуть бути отримані при дії на спирти сильних основ – гідридів або амідів лужних або лужноземельних металів.

Зі збільшенням атомності спиртів їх кислотні властивості посилюються. Феноли мають більшу кислотність, ніж спирти. Вони взаємодіють з лугами, утворюючи феноляти:



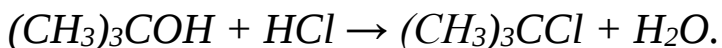
Натрій фенолят легко гідролізується, розчин проявляє сильнолужну реакцію: $C_6H_5ONa + H_2O \leftrightarrow C_6H_5OH + NaOH$.

На кислотність фенолів впливає природа замісника в ароматичному кільці. Електроноакцепторні замісники збільшують кислотність, а електронодонорні – зменшують.

Зі збільшенням атомності спиртів і фенолів їх кислотні властивості посилюються.

До реакцій, що відбуваються з розщепленням С–О зв'язку відносяться реакції утворення етерів, дегідратації, перегрупування, заміщення гідроксильної групи.

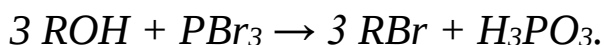
Заміщення гідроксильної групи на галоген відноситься до найбільш важливих реакцій органічного синтезу. Спирти реагують з галогеноводнями, галогенідами або оксигалогенідами Фосфора і Сульфуру. Реакційна здатність галогеноводнів зменшується в ряду $HI > HBr > HCl > HF$. Швидкість реакції заміщення знижується в ряду третинний > вторинний > первинний спирт.



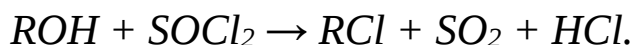
Для одержання третинних алкілгалогенідів використовують газоподібний галогеноводень за температури 0–10 °С або розбавлені хлоридну, бромідну чи йодидну кислоти за температури 0–20 °С. Реакція відбувається за короткий проміжок часу. Для одержання первинних і вторинних алкілбромідів і алкілйодидів необхідне нагрівання суміші спирту, концентрованої бромідної або йодидної

кислоти і концентрованої сульфатної кислоти напротязі декількох годин.

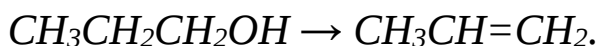
Для перетворення спиртів в алкілгалогеніди використовують також три- і пентагалогеніди фосфору: PBr_3 ; PCl_5 ; $POCl_3$ або PI_3 , який одержують з червоного фосфору і йоду безпосередньо під час реакції. Для первинних і вторинних спиртів на три моля спирту можна використовувати тільки один моль фосфор трихлориду або фосфор трійодиду:



Тіонілхлорид перетворює первинні і вторинні спирти в алкілхлориди з виходом 70–90 %:



Спирти дегідратуються за нагрівання в присутності концентрованої сульфатної кислоти. Первинні спирти піддаються дегідратації у суттєво більш жорстких умовах порівняно з вторинними і третинними спиртами. Пропанол-1 утворює пропен:



В більш м'яких умовах за нагрівання нижчих первинних спиртів з 96%-вою сульфатною кислотою до температури 130–140 °C переважно утворюються етери:



Етери відносяться до малореакційноздатних сполук і є стійкими до дії багатьох реагентів, але чутливі по відношенню до кисню і легко утворюють вибухові гідропероксиди.

Первинні спирти окиснюються до альдегідів, вторинні – до кетонів. Третинні спирти за звичайних умов не окиснюються, в жорстких умовах їх окиснення супроводжується руйнуванням карбонового ланцюга. Серед великої кількості різноманітних окисників для окиснення спиртів найчастіше використовують реагенти на основі перехідних металів – похідні Хрома(VI), Мангана(VII) і Мангана(IV).

Для фенолів характерні реакції електрофільного заміщення в ароматичному кільці. Гідроксильна група відноситься до тих груп, які активують цей процес і спрямовують замісник в *орто*- і *пара*

положення. Активуюча дія гідроксильної групи настільки суттєва, що в окремих випадках реакцію важко зупинити на стадії введення тільки одного замісника. Феноли вступають практично в усі типові реакції електрофільного заміщення як з сильними, так і з слабкими електрофільними агентами.

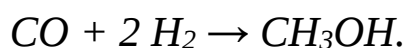
Феноли реагують з формальдегідом у водному розчині в присутності основи з утворенням полімерного продукту – фенолформальдегідної смоли або фенопластів. Дані продукти широко застосовуються в машинобудуванні, електротехніці. Фенолформальдегідні смоли утворюють також похідні фенолу.

До промислових методів одержання спиртів відносяться: гідратація алкенів, гідрування карбонільних сполук, оксосинтез, ферментативна переробка вуглеводів та окиснення. В лабораторних умовах спирти одержують гідролізом галогеналканів та металорганічним синтезом.

Реакція оксосинтезу здійснюється у присутності каталізаторів (*Fe*, *Co*), утворюється суміш спиртів, що називається синтолом:



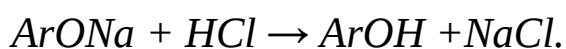
Метанол одержують у промисловості оксосинтезом, використовують складний каталізатор, що складається з міді, цинк оксиду, хром(III) оксиду в жорстких умовах (250 ° C, 50–100 атм):



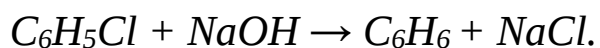
Цікаво, що над родієвим або рутенієвим каталізатором замість метилового спирту утворюється етиленгліколь:



Найбільш давній промисловий метод одержання фенолів полягає у сплавленні лужних арилсульфонатів з лугами за температури 300–350 ° C:



Фенол утворюється в результаті нагрівання хлоробензену з водним розчином натрій гідроксиду (360–390 ° C , 280–300 атм):



Лабораторна робота № 7.1

Спирти

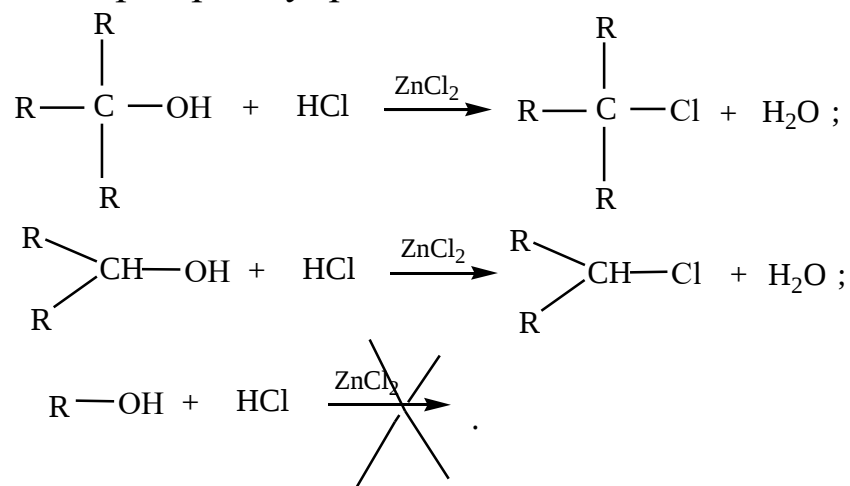
Реактиви: етиловий спирт, ізопропіловий спирт, *трет*-бутиловий спирт, реактив Лукаса (еквімолярна кількість цинк хлориду з концентрованою хлоридною кислотою), 5н розчин $K_2Cr_2O_7$, 2н розчин сульфатної кислоти, 5 % розчин $CuSO_4$, 10 % розчин натрій гідроксиду, гліцерол, 10 % розчин хлоридної кислоти, вода.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, фільтрувальний папір, піпетки.

Хід роботи

Дослід 1. Проба Лукаса (реакція спиртів із розчином цинк хлориду в концентрованій хлоридній кислоті)

У три пробірки помістіть по 1 мл етилового, ізопропілового, *трет*-бутилового спирту, додайте по 2 мл реактиву Лукаса. Вміст пробірки обережно збовтайте і спостерігайте за змінами, що відбуваються в пробірках упродовж 5 хвилин:



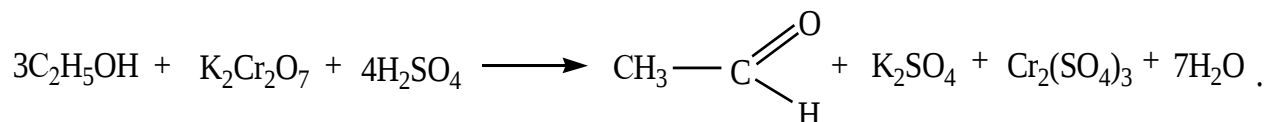
Проба Лукаса є якісною реакцією на первинні, вторинні й третинні спирти.

У пробірці з етиловим спиртом утвориться прозорий розчин, у пробірці з ізопропіловим спиртом з'явиться помутніння, у пробірці з *трет*-бутиловим спиртом – на дні пробірки утвориться оліїстий шар.

Розрізнити вторинний і третинний спирти можна за допомогою концентрованої хлоридної кислоти: вторинні спирти не реагують, третинні – реагують через 3–5 хвилин.

Дослід 2. Окиснення етилового спирту

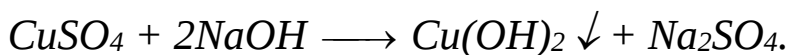
У пробірку помістіть 2 мл етанолу, 2 мл 5н розчину калій дихромату і 1–2 краплі розчину сульфатної кислоти. Отриманий розчин нагрійте до початку зміни забарвлення:



Через кілька хвилин забарвлення розчину зміниться на синьо-зелене. Одночасно буде відчуватись характерний запах оцтового альдегіду, схожий на запах яблук.

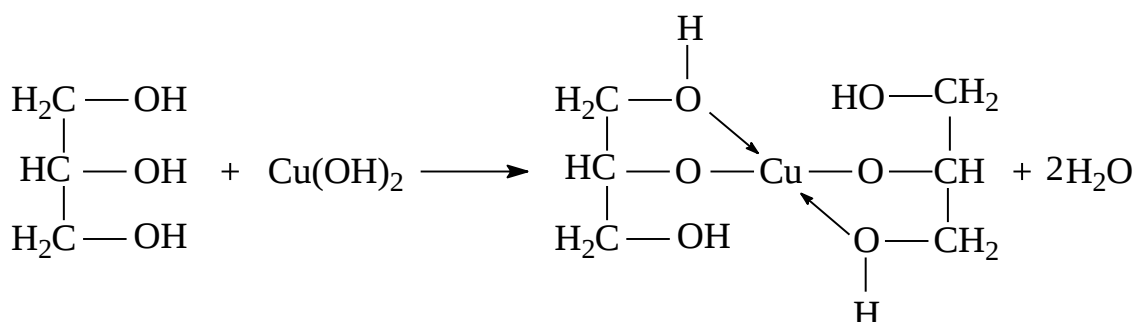
Дослід 3. Властивості гліцеролу. Якісна реакція на багатоатомні спирти

У пробірку помістіть 10 % розчин натрій гідроксиду і додайте 5 % розчин купрум(II) сульфату:



Спостерігайте утворення блакитного драглистого осаду – купрум(II) гідроксиду. Вміст пробірки розділіть на дві частини.

До вмісту першої пробірки додайте 1–2 краплі гліцеролу, збовтайте:



Осад повинен розчинитися, утвориться комплексна сполука купрум(II) гліцерат синього кольору.

Пробірки нагрійте. Нагрівання купрум(II) гліцерату не призводить до видимих змін. Нагрівання купрум(II) гідроксиду

викликає розклад сполуки, утвориться чорний осад – купрум(II) оксид: $Cu(OH)_2 \longrightarrow CuO + H_2O$.

Контрольні запитання і завдання

1. Які речовини називаються спиртами?
2. Пояснити електронну будову спиртів.
3. Пояснити з погляду взаємного впливу атомів активність атома Гідрогену гідроксильної групи у спиртах.
4. Загальна характеристика хімічних властивостей спиртів.
5. Скласти формули ізомерів спиртів складу $C_5H_{12}O$; $C_4H_{10}O$.
6. Напишіть структурні формули речовин:
 - а) 2-метил-2-гексанол;
 - б) 2,2-диметилбутанол-1;
 - в) 1,2,3,4-бутантетраол;
 - г) 2-фенілгександіол-1,2.
7. Складіть схеми реакцій:
 - а) пропанолу і гідрогенброміду;
 - б) окиснення бутанолу-1; бутанолу-2;
 - в) внутрішньомолекулярної дегідратації бутанолу-2;
 - г) гліцеролу з купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі;
 - д) пропандіолу і хлоридної кислоти;
8. Укажіть назву речовини, яка є в'язкою, солодкуватою на смак, безбарвною рідиною, добре розчинною у воді; реагує за звичайних умов зі свіжо приготовленим купрум(II) гідроксидом, утворюючи темно-синій розчин. Запишіть молекулярні та структурні формули цієї речовини. Складіть для цієї речовини схеми реакцій:
 - а) взаємодії з нітратною кислотою;
 - б) горіння.

Тестові завдання

1. Яка сполука відноситься до вторинних спиртів:

- 1) *пентанол-1*
- 2) *гексанол-1*
- 3) *гептанол-3*
- 4) *метанол*

2. Магнійорганічним синтезом з формальдегіду можна одержати спирт:

- 1) *етиловий*
- 2) *ізопропіловий*
- 3) *третбутиловий*
- 4) *вініловий*

3. В результаті гідролізу 2-хлорогептану утворюється:

- 1) *гептанол-1*
- 2) *гептанол-2*
- 3) *гептанол-3*
- 4) *октанол-2*

4. Етери із спиртів утворюються в результаті реакції:

- 1) *дегідрування*
- 2) *дегідратації*
- 3) *внутрішньомолекулярної дегідратації*
- 4) *міжмолекулярної дегідратації*

5. Вкажіть спирт, взаємодією якого з оцтовою кислотою, можна одержати пентилацетат:

- 1) *пентанол-2*
- 2) *пентанол-1*
- 3) *гексанол-1*
- 4) *гексанол-2*

6. Гідратацією якого алкену можна одержати 2-метилпентанол-3:

- 1) 4-метилпентен-2
- 2) пентен-2
- 3) 2-метилгексен-3
- 4) пентен-1

7. Аліловий спирт є:

- 1) ненасиченим
- 2) насиченим
- 3) циклічним
- 4) ароматичним

8. Вкажіть сполуку, взаємодією якої з метилмагнійбромідом можна одержати третинний спирт:

- 1) бутаналь
- 2) гексаналь
- 3) пропен
- 4) етилметилкетон

9. Який спирт містить потрійний зв'язок у вуглеводневому залишку:

- 1) бензиловий
- 2) пропаргіловий
- 3) мірициловий
- 4) пентиловий

10. Вкажіть речовину, з якою етиловий спирт утворює натрій етилат:

- 1) натрій гідроксид
- 2) натрій
- 3) натрій пероксид
- 4) натрій карбонат

Лабораторна робота № 7.2

Феноли

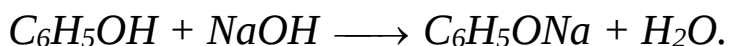
Реактиви: 10 % розчин натрій гідроксиду, гліцерол, фенол кристалічний, 10 % розчин хлоридної кислоти, 0,1н розчин ферум(III) хлориду, 1 % розчин пірокатехіну, 1 % розчин гідрохінону, 1 % розчин резорцину, вода.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, фільтрувальний папір, піпетки.

Хід роботи

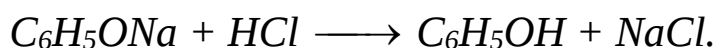
Дослід 1. Одержання натрій феноксиду і його взаємодія з кислотами

У суху пробірку помістіть кристалічний фенол. Краплями додайте 10 % розчин NaOH до розчинення кристалів фенолу:



Фенол реагує з натрій гідроксидом, утворюючи розчинні у воді феноляти (на відміну від одноатомних спиртів). Феноляти у водних розчинах підлягають гідролізу, їхні розчини утворюють лужне середовище.

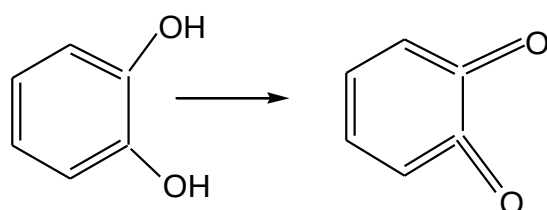
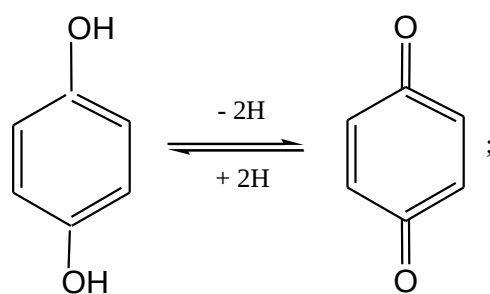
В одержаний прозорий розчин краплями додайте 10 % розчин хлоридної кислоти:



Внаслідок виділення фенолу розчин помутніє.

Дослід 2. Окиснення двохатомних фенолів киснем повітря в лужному середовищі

Візьміть 3 шматочки фільтрувального паперу. У центр кожного нанесіть по 1 краплі 1 % розчину пірокатехіну, 1 % розчину гідрохінону, 1 % розчину резорцину. В середину кожної плями нанесіть 1 краплю 10 % розчину натрій гідроксиду.



Пірокатехін швидко утворює зелену пляму, яка через певний час пожовтіє, утвориться *o*-хінон. На папері з гідрохіноном швидко з'явиться жовта пляма із зеленою обвідкою, резорцин утворює через певний час кільце коричневого кольору.

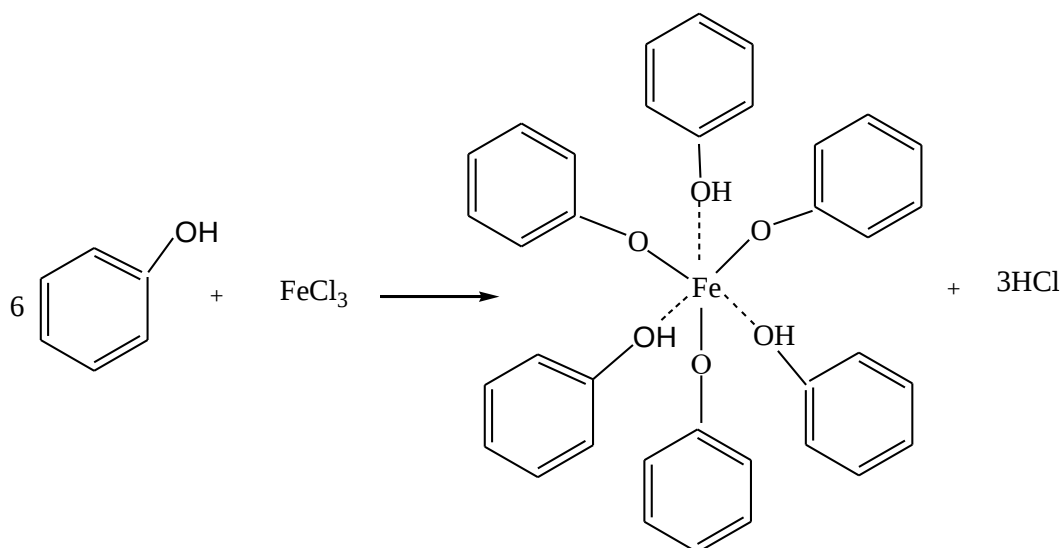
Багатоатомні феноли під дією кисню повітря швидко окиснюються, утворюються забарвлені продукти. За допомогою лугу можна пришвидшити реакції окиснення фенолів. Бензохінони є продуктами окиснення пірокатехіну й гідрохінону. Окиснення резорцину не супроводжується утворенням бензохінону.

Дослід 3. Взаємодія фенолів із розчином ферум(III) хлориду

У чотири пробірки помістіть по 1 мл 1 % розчинів: в першу – фенолу, в другу – пірокатехіну, в третю – гідрохінону, в четверту – резорцину. В кожну з пробірок додайте по 1–2 краплі 0,1н розчину ферум(III) хлориду.

Феноли утворюють з ферум(III) хлоридом комплексні сполуки, що мають певне забарвлення.

У першій пробірці з'явиться синьо-фіолетове забарвлення:



або $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{FeCl} \cdot 3\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$.

У другій пробірці з'явиться смарагдово-зелене забарвлення.

У третій пробірці з'явиться фіолетове забарвлення.

У четвертій пробірці уважно спостерігайте зміну забарвлення в момент потрапляння краплі ферум(III) хлориду в розчин гідрокінону. З'явиться зелене забарвлення, яке швидко перейде у жовте (відбудеться окиснення гідрокінону в хінон).

Контрольні запитання і завдання

1. Які речовини називаються фенолами?
2. Пояснити електронну будову фенолів.
3. Загальна характеристика хімічних властивостей фенолів.
4. Скласти формули ізомерів фенолу складу $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$; $\text{C}_7\text{H}_5\text{OBr}$.
5. Напишіть структурні формули речовин:
 - а) 2,4,6-тринітрофенол;
 - б) *m*-крезол;
 - в) *n*-нітрофенол.
6. Складіть схеми реакцій:
 - а) фенолу і концентрованої нітратної кислоти;
 - б) фенолу і ферум(III) хлориду.

Тестові завдання

1. Реакція фенолу з нітратною кислотою відноситься до:
 - 1) нуклеофільного заміщення
 - 2) електрофільного заміщення
 - 3) приєднання
 - 4) заміщення

2. Бромовання фенолу надлишком броду призводить до утворення:
 - 1) блакитного осаду
 - 2) білого осаду
 - 3) бурого осаду
 - 4) червоного осаду

3. Якісною реакцією на феноли є взаємодія з:
 - 1) ферум(III) хлоридом
 - 2) купрум(II) оксидом
 - 3) алюміній оксидом
 - 4) ферум(II) хлоридом

4. При додаванні до розчину фенолу декількох крапель ферум(III) хлориду утворюється:
 - 1) блакитний розчин
 - 2) червоний осад
 - 3) фіолетовий розчин
 - 4) жовтий розчин

5. Феноли, на відміну від спиртів, взаємодіють з:
 - 1) натрій гідроксидом
 - 2) натрій хлоридом
 - 3) натрій пероксидом
 - 4) натрій гідрокарбонатом

6. Як кислоти феноли сильніші, ніж:

- 1) карбонатна кислота
- 2) ціанідна кислота
- 3) вода і спирти
- 4) пропіонова кислота

7. Вкажіть, як змінюється кислотність у даній послідовності речовин: фенол, нітрофенол, динітрофенол, тринітрофенол:

- 1) підвищується
- 2) знижується
- 3) не змінюється
- 4) залишається сталою

8. Яка сполука утворюється в результаті нітрування фенолу концентрованою нітратною кислотою:

- 1) бурштинова кислота
- 2) пікринова кислота
- 3) бензойна кислота
- 4) сульфорова кислота

9. Каталітичне гідрування фенолу до циклогексанолу застосовують для одержання кислоти:

- 1) адипінової
- 2) масляної
- 3) валеріанової
- 4) маленової

10. Як змінюється ароматичний характер фенолів при переході від одноатомних фенолів до триатомних:

- 1) зменшується
- 2) збільшується
- 3) не змінюється
- 4) суттєво збільшується

Розділ VIII. АЛЬДЕГІДИ. КЕТОНИ

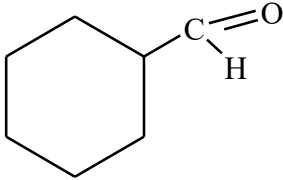
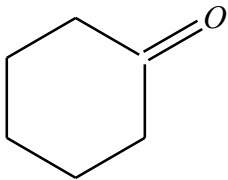
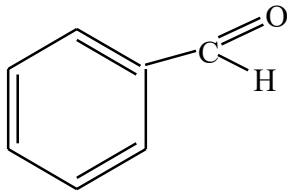
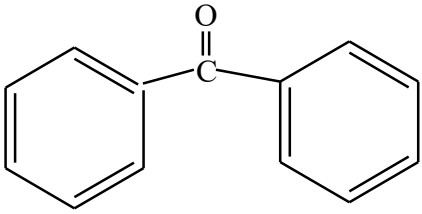
До карбонільних сполук належать альдегіди та кетони. Карбонільні сполуки містять у складі молекул функціональну групу $C=O$, яку називають *карбонільною (оксо-, кеторупою)*.

В альдегідах з карбонільною групою зв'язаний атомом Гідрогену і один вуглеводневий залишок.



В кетонах з карбонільною групою зв'язані два вуглеводневі залишки. Загальна формула кетонів
$$R-C \begin{matrix} \nearrow R \\ \searrow O \end{matrix}$$
.

Залежно від природи вуглеводневих залишків альдегіди і кетони класифікують:

Альдегіди		Кетони	
Аліфатичні	$CH_3-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$ <i>Ацетальдегід, етаналь</i>	$CH_3-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow CH_3 \end{matrix}$ <i>Пропанон, диметилкетон</i>	
Аліциклічні	 <i>Циклогексанкарбальдегід</i>	 <i>Циклогексанон</i>	
Ароматичні	 <i>Бензальдегід</i>	 <i>Бензофенон</i>	

Аліфатичні альдегіди та кетони, у свою чергу, поділяють на насичені та ненасичені. Першим представником гомологічного ряду

альдегідів є метаналь. Метаналь – це газ. Інші насичені альдегіди і кетони є рідинами без кольору з різким запахом. Для альдегідів і кетонів не характерне утворення асоціатів, тому температури їх кипіння нижчі, ніж відповідних спиртів.

Функціональна група визначає хімічні властивості даного класу сполук. Карбонільна група складається з атомів Карбону і Оксисену, які значно відрізняються за електронегативністю. Електронна густина зміщена до атома Оксисену, на ньому утворюється частково негативний заряд, а на атомі Карбону – частково позитивний. Зв'язок між Карбоном і Оксигеном сильно поляризований.

Альдегіди й кетони є реакційноздатними сполуками: окиснюються до карбонових кислот, відновлюються до спиртів. Альдегіди є продуктами окиснення первинних спиртів, а кетони – вторинних. Карбонільні сполуки вступають в реакції приєднання, заміщення, конденсації. Альдегіди – більш реакційно здатні сполуки, ніж кетони.

Карбонільні сполуки використовують у хімічній промисловості для синтезу пластмас, барвників, засобів дезінфекції, у парфумерії тощо.

Лабораторна робота № 8

Альдегіди. Кетони

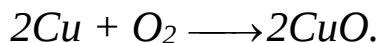
Реактиви: 10 % розчин натрій гідроксиду, 40 % розчин формальдегіду (формалін), розчин $AgNO_3$, розчин $CuSO_4$, 96 % C_2H_5OH , розчин NH_4OH , оцтовий альдегід, ацетон, розчин I_2 в KI , фуксинсульфітна кислота, 0,5н розчин натрій нітропрусиду, 2н розчин оцтової кислоти.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, мідна дротина, ступка з товкачиком, піпетки, предметне скло.

Хід роботи

Дослід 1. Добування оцтового альдегіду

У суху пробірку налейте етиловий спирт. Дротину з міді нагрійте в полум'ї пальника до чорного кольору і зразу занурте дротину в етиловий спирт.



Чорна поверхня мідної дротини миттєво стане рожевою в результаті відновлення купрум(II) оксиду до металічної міді.

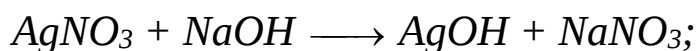


Утворення оцтового альдегіду можна також визначити за появою запаху яблук.

Дослід 2. Окиснення формальдегіду

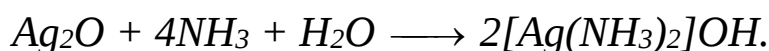
1. Реакція з реактивом Толленса (реакція «срібного дзеркала»)

У пробірку помістіть розчин аргентум нітрату і додайте розчин натрій гідроксиду.

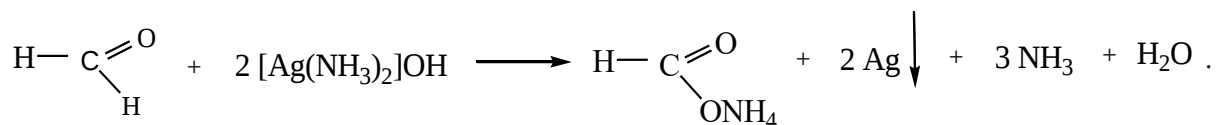


З'явиться осад сірого кольору.

У пробірку при постійному струшуванні додайте 3–4 краплі розчину амоніаку (осад повинен розчинитися):



До отриманого розчину додайте 3 краплі формальдегіду, на кілька хвилин занурте пробірку у водяну баню:

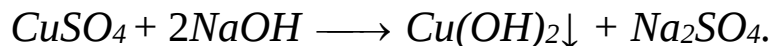


Альдегід окиснюється до відповідної кислоти, а йони Ag^+ відновлюються. На стінках пробірки поступово виділяється шар срібла у вигляді дзеркала, іноді срібло утворює чорний осад.

Це одна з найхарактерніших якісних реакцій на альдегіди. Чи вступатиме в реакцію з реактивом Толленса ацетон?

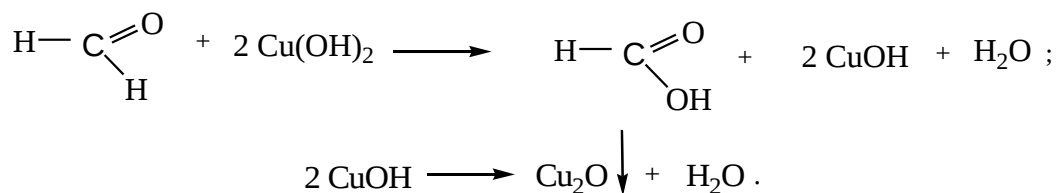
2. Реакція з купрум(II) гідроксидом (проба Троммера)

У пробірку помістіть розчин натрій гідроксиду і меншу кількість розчину купрум(II) сульфату:



З'явиться блакитний осад.

У пробірку додайте розчин формальдегіду. Вміст збовтайте, верхню частину пробірки нагрійте до початку кипіння.

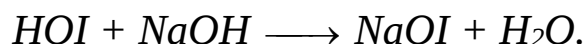
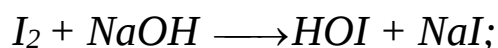


Спочатку з'явиться жовтий осад, який поступово набуде червоного забарвлення.

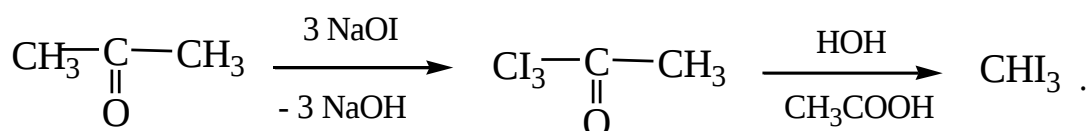
На стінках пробірки може з'явитися блискучий мідний шар – «мідне дзеркало».

Дослід 3. Йодоформна проба на ацетон

У пробірку з розчином йоду в калій йодиді краплями додавайте розчин лугу поки не зникне забарвлення розчину:



До знебарвленого розчину додайте 1 краплю ацетону і спостерігайте випадання жовтих кристалів, які мають характерний запах:



Дана якісна реакція на ацетон дуже чутлива і, навіть за дуже незначної концентрації ацетону (0,04 %) можна виявити його.

Дослід 4. Реакція альдегідів з фуксинсульфітною кислотою

У дві пробірки помістіть по 0,5 мл фуксинсульфітної кислоти. В першу пробірку додайте формалін, в другу – оцтовий альдегід. Спостерігайте зміну забарвлення розчину фуксинсульфітної кислоти: в першій пробірці утвориться фіолетовий колір, в другій – рожево-фіолетовий.

Дослід 5. Реакція ацетону з натрій нітропрусидом

На предметне скло помістіть 2–3 краплі натрій нітропрусиду, 5 крапель води і 2–3 краплі ацетону. До даної суміші додайте розчин натрій гідроксиду, з'явиться червоне забарвлення. Додайте до суміші 2 краплі розчину оцтової кислоти, і ви побачите, як змінюється колір на вишнево-червоний.

Контрольні запитання і завдання

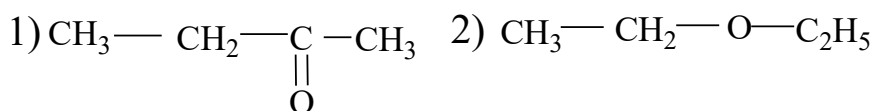
1. Як реагують альдегіди з амоніаком, гіdraзином, гідроксиламіном?
2. Як взаємодіють альдегіди зі спиртами?
3. Запишіть формули ізомерів гексаналю та назвіть їх.
4. Які фізичні властивості у формальдегіду?
5. Які сполуки утворюються в результаті неповного окиснення діетилкетону?
6. Чому альдегіди є більш хімічно активними, ніж кетони?
7. Назвіть продукти взаємодії альдегідів з ціанідною кислотою?
8. Чим обумовлена ізомерія кетонів?
9. Запишіть реакцію альдольної конденсації пропіонового альдегіду.
10. Як відбувається відновлення альдегідів та кетонів?
11. Яка сполука утворюється при взаємодії етаналю з етилмагнійбромідом C_2H_5MgBr ?
12. Запишіть реакцію відновлення диметилкетону, бутаналю.

13. Як реагують альдегіди та метилкетони з натрій гідросульфідом NaHSO_3 ?
14. Для якого альдегіду найбільш характерні реакції полімеризації?

Тестові завдання

1. Формальдегід – це:
- 1) газ
 - 2) рідина
 - 3) тверда речовина
 - 4) масляниста рідина
2. В результаті озонування гексену-3 утворюється:
- 1) пропанон
 - 2) пропаналь
 - 3) етаналь і пропаналь
 - 4) гексанон-3
3. Яка галогенопохідна є вихідною речовиною для одержання пентанону-2 шляхом гідролізу?
- 1) 1,2-дихлоропентан
 - 2) 2-бромопентан
 - 3) 2,3-дибромопентан
 - 4) 2,2-дихлоропентан
4. Вкажіть алкін, гідратацією якого можна одержати бутанон-2:
- 1) бутин-1
 - 2) бутин-2
 - 3) пентин-2
 - 4) пентин-1

5. Вкажіть сполуку, що утворюється взаємодією етаналю з етиловим спиртом?



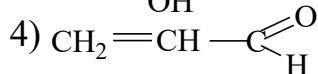
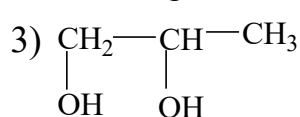
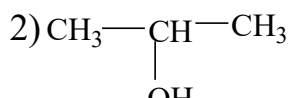
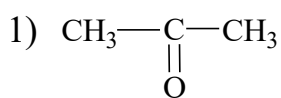
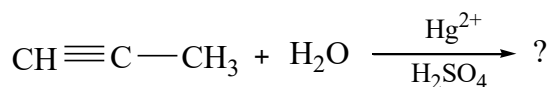
6. Вкажіть продукт окиснення гексанолю-3:

- 1) *гексанова кислота*
- 2) *гексаналь*
- 3) *етилпропілкетон*
- 4) *дипропілкетон*

7. Вкажіть сполуки, з якими альдегіди утворюють напівацеталі та ацеталі:

- 1) *ацетофенони*
- 2) *спирти*
- 3) *алкіни*
- 4) *аміни*

8. Вкажіть сполуку, що утворюється в результаті гідратації пропіну:



9. Яка сполука відноситься до альдегідів:

- 1) бензофенон
- 2) етиленгліколь
- 3) гліцерол
- 4) гліюксаль

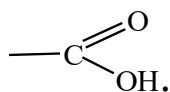
10. Визначте речовини в перетворенні

Етан $\rightarrow A \rightarrow B \rightarrow$ етаналь $\rightarrow$ етанова кислота:

- а) A – етен, B – хлороетан*
- б) A – хлороетан, B – етиловий спирт*
- в) A – пропан, B – етиловий спирт*
- г) A – етен, B – етиловий спирт*

Розділ IX. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

Карбонові кислоти – органічні сполуки, в молекулах яких є одна або декілька карбоксильних груп



Карбоксильна група ($-\text{COOH}$) є функціональною групою і визначає реакційну здатність даного класу органічних сполук. Карбоксильна група містить карбонільну групу $\text{C}=\text{O}$ і гідроксильну групу $-\text{OH}$. Класифікують карбонові кислоти за різними ознаками.

1. Кількість карбоксильних груп визначає основність карбонових кислот:

- а) монокарбонові (одноосновні);
- б) дикарбонові (двоосновні);
- в) трикарбонові (триосновні);
- г) полікарбонові (поліосновні).

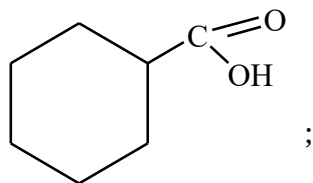
2. Залежно від природи вуглеводневого залишку:

а) аліфатичні карбонові кислоти, які в свою чергу поділяють на насичені та ненасичені.

Загальна формула для насичених карбонових кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$. Найпростіший представник ненасичених карбонових кислот

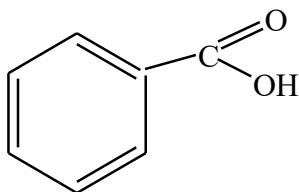
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ пропенова, або акрилова, кислота;

б) аліциклічні карбонові кислоти:



Циклогексанкарбонова кислота

в) ароматичні карбонові кислоти:



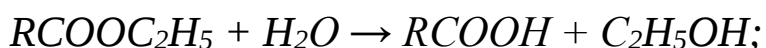
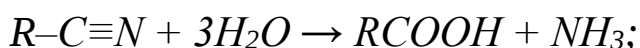
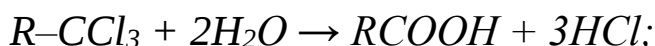
Бензойна кислота

3. Залежно від кількості атомів Карбону у вуглеводневому залишку:

а) низькомолекулярні (метанова, етанова, пропанова, бутанова і т.д.);

б) вищі карбонові кислоти ($C_{15}H_{31}COOH$ – пальмітинова, $C_{17}H_{35}COOH$ – стеаринова, $C_{17}H_{33}COOH$ – олеїнова). Високомолекулярні або вищі жирні кислоти поділяють на насичені та ненасичені.

Карбонові кислоти поширені у природі. Вони зустрічаються у вільному стані і входять до складу жирів, восків і інших природних сполук. Карбонові кислоти утворюються під час окиснення алканів, алкенів, ароматичних вуглеводнів, спиртів, альдегідів та кетонів. Одержують карбонові кислоти також за допомогою гідролізу тригалогеналканів, нітрilів, естерів, амідів:



Гідроліз відбувається із застосуванням лужного або кислого каталізу.

Оксосинтез:



За хімічними властивостями всі реакції, характерні для карбонових кислот, поділяють на:

а) реакції за участю $-OH$ групи;

б) реакції нуклеофільного заміщення за участю атома Карбону карбонільної групи;

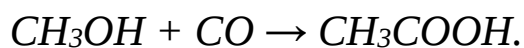
в) заміщення атомів Гідрогену в α -положенні до карбоксильної групи;

г) окиснення та відновлення.

Одержують карбонові кислоти окисненням первинних спиртів або альдегідів калій перманганатом в кислому середовищі. В промисловості карбонові кислоти одержують методом карбонілювання алкенів. Алкени в присутності нікол тетракарбоніла $Ni(CO)_4$ приєднують карбон(II) оксид і воду в жорстких умовах:



Оцтову кислоту можна одержати карбонілюванням метилового спирту в присутності складного каталізатору на основі комплексів Родію ($180^\circ C$):



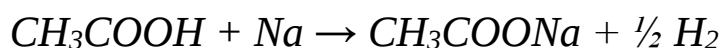
У водних розчинах карбонові кислоти дисоціюють:



Завдяки цьому виявляють типові для кислот хімічні властивості, а саме, змінюють забарвлення індикаторів, мають кислий смак. Природа вуглеводневого залишку, що вов'язаний з карбоксильною групою, впливає на силу карбонової кислоти. Наявність в α -положенні до карбоксильної групи електроноакцепторних замісників ($-NO_2$, $-Hal$) призводить до збільшення сили кислоти. Електронодонорні замісники (алкільні залишки) навпаки зменшують силу кислот.

Карбонові кислоти загалом слабкіші за мінеральні кислоти, але сильніші за карбонатну.

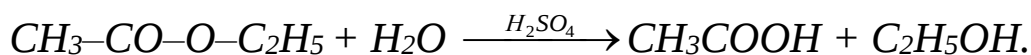
Карбонові кислоти реагують з металами, основними оксидами, основами, карбонатами лужних металів і амоніаком, утворюючи солі:



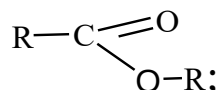
Такі солі легко гідролізують, їх водні розчини мають лужну реакцію:



Карбонові кислоти реагують зі спиртами за нагрівання в присутності концентрованої сульфатної кислоти, утворюючи естери.



Естери – похідні карбонових кислот, в яких гідроксильна група заміщена на залишок спирту – OR:

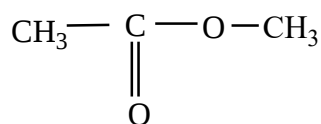


Естери – це органічні сполуки, що утворюються в результаті міжмолекулярної дегідратації при взаємодії карбонових кислот зі спиртами. Вода утворюється за рахунок гідроксилу карбоксильної групи кислоти і атому Гідрогену спирту.

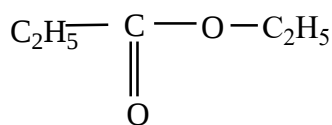
Естери RCOOR_1 можна розглядати як похідні карбонових кислот, в яких гідроксил карбоксильної групи заміщений на алкоксильну групу – OR_1 .

Естери – це найважливіша група похідних карбонових кислот. Вони використовуються в різноманітних органічних реакціях і крім того, естери розповсюджені в якості природних продуктів. Естери – безбарвні рідини з приємним запахом. Естери погано розчинні у воді. Температури кипіння естерів нижчі, ніж температури кипіння відповідних кислот внаслідок відсутності міжмолекулярних водневих зв'язків.

За раціональною номенклатурою назву естеру складають з назви кислоти і залишку спирту. За систематичною номенклатурою до назви кислоти додають назву спиртового залишку та змінюють закінчення *-ова* на *-оат*.



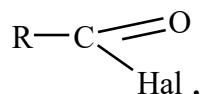
метиловий естер оцтової кислоти, метилетаноат;



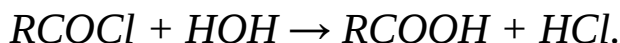
етиловий естер пропанової кислоти, етилпропаноат.

При дії на карбонові кислоти галогенуючих агентів (PCl_5 , PCl_3 , PBr_5 , SOCl_2) утворюються галогенангідриди кислот.

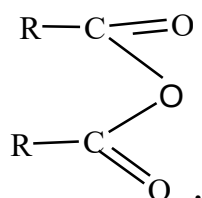
Галогенангідриди – похідні карбонових кислот, в яких гідроксильна група, у складі карбоксильної групи, заміщена на атом галогену:



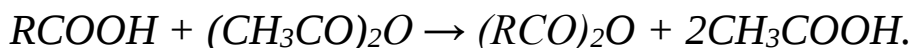
Галогенангідриди реагують з водою з утворенням карбонових кислот:



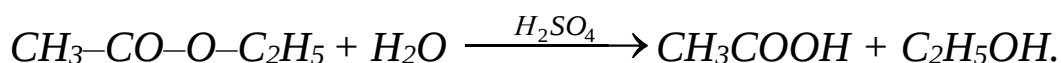
Ангідриди – похідні карбонових кислот, в яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на ацильну групу:



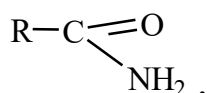
Ангідриди утворюються в результаті міжмолекулярної дегідратації карбонових кислот і ацилюванням карбонових кислот галогенангідридами. Ангідриди вищих карбонових кислот можна одержувати реакцією карбонових кислот з оцтовим ангідридом:



Гідроліз відбувається з використанням кислого каталізу:



Аміди – похідні карбонових кислот, в яких гідроксильна група у складі карбоксильної заміщена на аміногрупу.

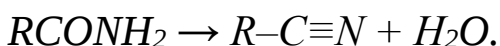


Аміди являють собою клас найменш реакційноздатних похідних карбонових кислот. Багато амідів є біологічно активними речовинами. Деякі важливі синтетичні високомолекулярні сполуки – найлон і капрон, є поліамідами.

Аміди кислот одержують, пропускаючи пари карбонової кислоти та амоніаку над каталізатором Al_2O_3 . Аміди гідролізуються до карбонових кислот і в кислому, і в лужному середовищі:



Аміди утворюють нітрили за нагрівання в присутності P_2O_5 :

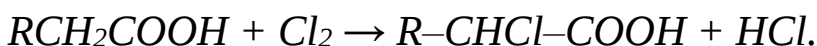


Для естерів, галогенангідридів та ангідридів, характерні реакції нуклеофільного заміщення.

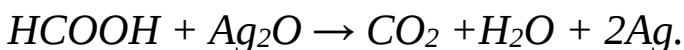
Одноосновні карбонові кислоти є відносно термічно стійкими, не розкладаються за нагрівання до $250-290^\circ C$. Електроноакцепторні замісники в α -положенні знижують термічну стійкість. Так, трихлороцтова кислота декарбоксилюється за температури $100-150^\circ C$. Для пришвидшення процесу декарбоксилювання використовують купрумвмісні каталізатори.

Декарбоксилювання карбонових кислот відбувається під час сплавлення з лугами: $C_6H_5COONa + NaOH \rightarrow C_6H_6 + Na_2CO_3$.

Внаслідок дії карбонільної групи атоми Гідрогену в α -положенні є більш рухливими, ніж інші:



Карбонові кислоти окиснюються важко. Виключенням є мурашина кислота, яка за будовою може бути віднесена і до альдегідів. Мурашина кислота реагує в реакції «срібного дзеркала»:



Відновлюються карбонові кислоти до спиртів, для відновлення застосовують літій тетрагідроалюмінат або диборан $(BH_3)_2$:



Йодоводень відновлює карбонові кислоти до алканів:



Лабораторна робота № 9

Карбонові кислоти

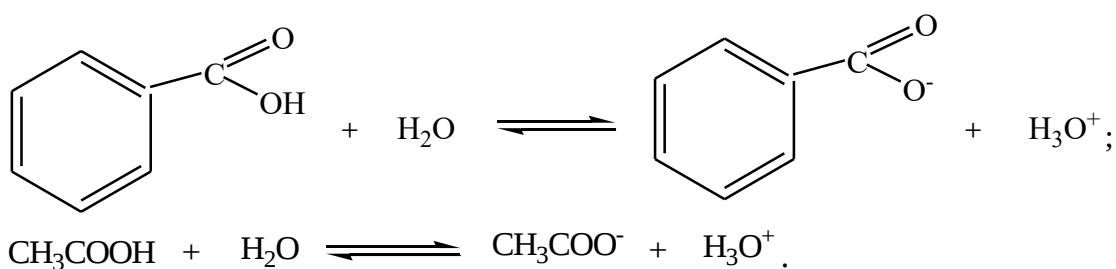
Реактиви: оцтова кислота, бензойна кислота, синій та червоний індикаторний папір, 10 % розчин натрій гідроксиду, розчин $Na_2C_2O_4$, розчин $CaCl_2$, 10 % розчин HCl , розчин $Ba(OH)_2$, розчин натрієвої солі оцтової кислоти, розчин натрієвої солі бензойної кислоти, розчин $FeCl_3$, розчин калій перманганату, 10 % розчин сульфатної кислоти, концентрована сульфатна кислота, етиловий спирт, ошурки магнію, цинку, олеїнова кислота, бромна вода.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, газовідвідна трубка.

Хід роботи

Дослід 1. Кислотні властивостей карбонових кислот

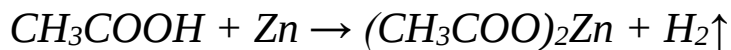
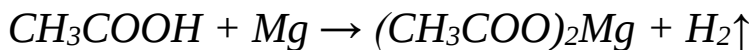
Помістіть невелику кількість кристалічної бензойної кислоти у пробірку, долейте 2–3 мл води, пробірку нагрійвайте поки не розчиняться кристали бензойної кислоти. Підготуйте дві смужки індикаторного папірця і нанесіть на них краплю розчину бензойної і оцтової кислоти:



Синій лакмусовий папірець змінить забарвлення на червоне. Визначте pH за шкалою кольорів і зробіть висновок про силу кислот.

Дослід 2. Одержання ацетатів

У дві пробірки помістіть розчин оцтової кислоти. В одну пробірку додайте ошурки магнію, в другу – ошурки цинку. Другу пробірку підігрійте.

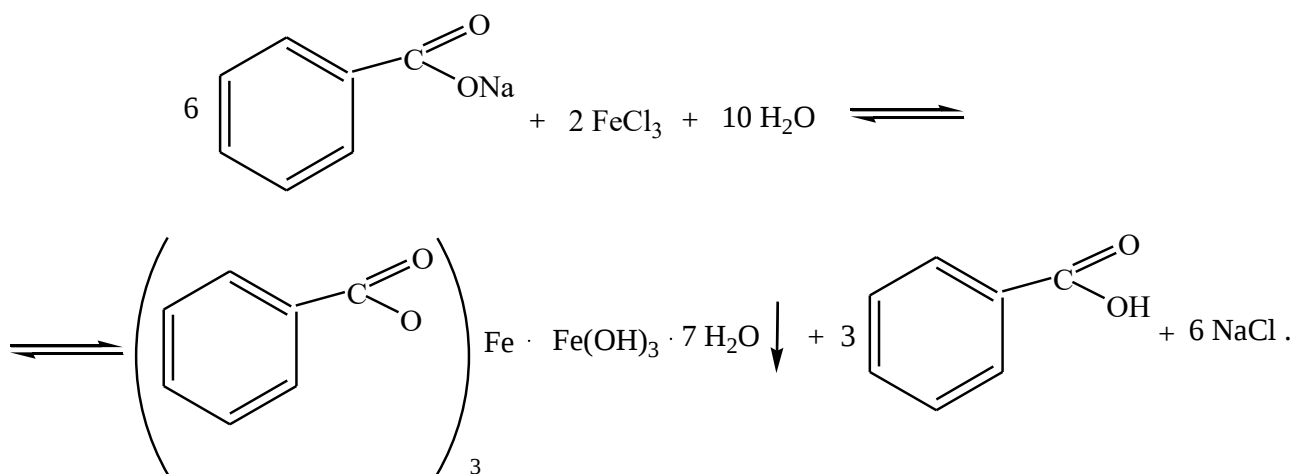


Порівняйте активність проходження реакції з магнієм та цинком.

Дослід 3. Реакції на ацетат- і бензоат-йони

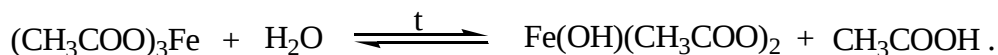
У дві пробірки помістіть по 1 мл розчину натрієвої солі оцтової кислоти і натрієвої солі бензойної кислоти, додайте 4 краплі розчину ферум(III) хлориду.

Утвориться рожево-жовтий осад ферум(III) бензоату:



З утворенням солі ферум(III) ацетату зміниться забарвлення розчину на жовто-червоне. $3\text{CH}_3\text{COONa} + \text{FeCl}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe} + 3\text{NaCl}$.

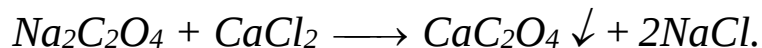
Розчин з утвореною сіллю підігрійте:



Сіль гідролізує, оскільки утворена слабкою основою та слабкою кислотою. Випаде осад у вигляді червоно-бурих пластинок. Це основна сіль ферум гідроксодіацетат.

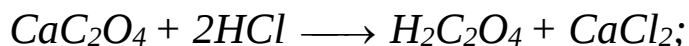
Дослід 4. Реакція на оксалат-йони

У пробірку з розчином натрій оксалату додайте краплями розчин кальцій хлориду до появи осаду:



Випаде білий осад кальцій оксалату.

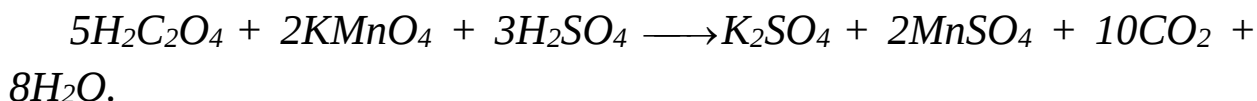
Частину осаду помістіть в іншу пробірку. Отримаєте дві пробірки з кальцій оксалатом. В першу пробірку додайте 5–10 крапель розчину хлоридної кислоти, в другу – 5–10 крапель оцтової кислоти:



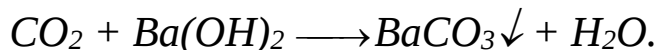
Осад розчинить хлоридна кислота.

Дослід 5. Окиснення двоосновної кислоти

До розчину щавлевої кислоти додайте розчин калій перманганату і декілька крапель 10 % розчину сульфатної кислоти:



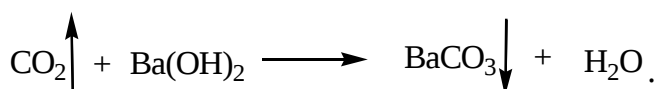
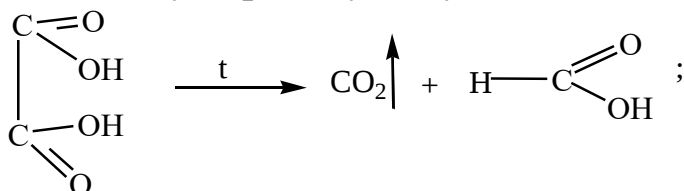
Пробірку з'єднайте з газовідвідною трубкою. Суміш нагрійте, пропускаючи газ, що виділяється через баритову воду:



Розчин баритової води помутніє.

Дослід 6. Реакція декарбоксилювання

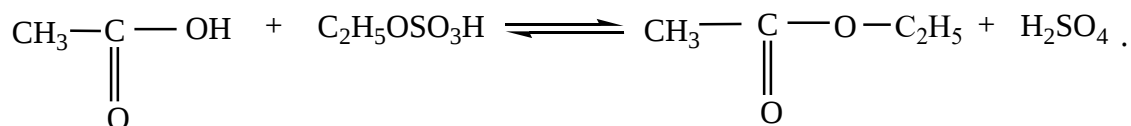
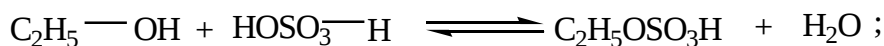
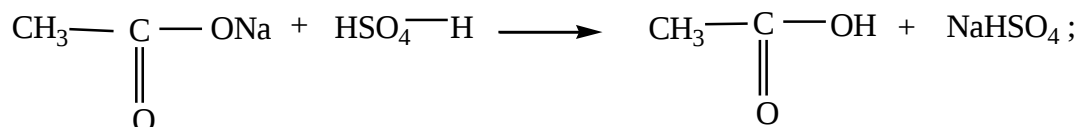
Приготуйте пробірку з баритовою водою. У іншу суху пробірку помістіть кристали щавлевої кислоти, з'єднайте пробірку з газовідвідною трубкою. Нагрійте пробірку, пропускайте газ, що виділяється у баритову воду.



За нагрівання щавлева кислота розкладеться з виділенням карбон(IV) оксиду. Баритова вода помутніє.

Дослід 7. Утворення етилацетату

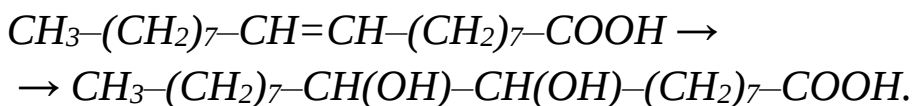
Безводний натрій ацетат помістіть у суху пробірку, додайте 0,5 мл етилового спирту, декілька крапель концентрованої сульфатної кислоти та нагрійте. Відмітьте появу приємного освіжаючого запаху:



У результаті реакції естерифікації утворюються естери. Реакція оборотна. Концентрована сульфатна кислота виступає каталізатором і водовідбірним засобом. Утворення естерів з первинних спиртів відбувається легше, ніж з вторинних та третинних. Естери здатні гідролізувати в лужному або кислому середовищі, утворюючи відповідні кислоти і спирти. Естери мають приємний запах.

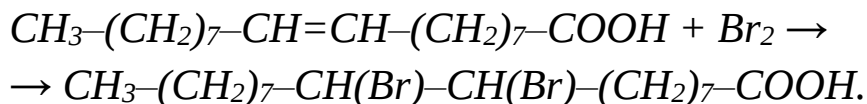
Дослід 8. Окиснення олеїнової кислоти

У пробірку внесіть олеїнову кислоту і додайте окисник розчин KMnO_4 . Струшуйте пробірку декілька хвилин. Колір калій перманганату знебарвиться.



Дослід 9. Реакція олеїнової кислоти з бромом

У пробірку помістіть олеїнову кислоту і додайте бромну воду, перемішайте. Бромна вода знебарвиться в результаті приєднання атомів Броду до олеїнової кислоти.



За результатами дослідів 8, 9 зробіть висновок щодо будови олеїнової кислоти.

Контрольні запитання і завдання

1. Запишіть схему дисоціації масляної кислоти.
2. Порівняйте силу оцтової та мурашиної кислоти.
3. Наведіть формули ізомерів гексанової кислоти.
4. Які реагенти використовують для одержання галогенангідридів кислот?
5. Поясніть залежність кислотних властивостей від будови кислоти.
6. Запишіть формули сполук: натрій ацетат, калій бензоат, амід пропанової кислоти, дихлороцтова кислота, метилметаноат.
7. Як відбувається реакція естерифікації?
8. Яка кислота утвориться в результаті гідролізу бутілнітрилу $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{N}$?
9. Як можна одержати хлороцтову кислоту?
10. Напишіть реакцію декарбоксилювання пропанової кислоти, вкажіть умови.
11. Напишіть реакцію одержання амиду бутанової кислоти.

Тестові завдання

1. Вкажіть найбільш сильну кислоту:

- 1) *оцтова*
- 2) *монохлороцтова*
- 3) *трихлороцтова*
- 4) *дихлороцтова*

2. Під час окиснення пропаналю утворюється:

- 1) *пропіловий спирт*
- 2) *пропанова кислота*
- 3) *пропанон*
- 4) *дипропіловий етер*

3. Вкажіть формулу калій форміату:

- 1) C_2H_5-COOK
- 2) CH_3-COOK
- 3) CH_3-OK
- 4) $HCOOK$

4. Вкажіть кислоту, яка вступає у реакцію гідрогенізації:

- 1) *малонова кислота*
- 2) *мурашина кислота*
- 3) *масляна кислота*
- 4) *олеїнова кислота*

5. Вкажіть сполуку, що є продуктом взаємодії етанової кислоти з магній гідроксидом:

- 1) CH_3COOMg
- 2) $(CH_3COO)_2Mg$
- 3) $(CH_3COO)_3Mg$
- 4) $(C_2H_5COO)_2Mg$

6. Вкажіть формулу кислоти, яка дає позитивний ефект в реакції «срібного дзеркала» ?

- 1) HCOOH
- 2) CH_3COOH
- 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOH}$

7. Вкажіть формулу ізомера етанової кислоти:

- 1) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{O}$
- 2) $\text{OH—CH}_2\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{O}$
- 3) $\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{O}$
- 4) $\text{HO—CH}_2\text{—O—CH}_3$

8. Вкажіть сполуки, які є міжкласовими ізомерами естерів:

- 1) *кетони*
- 2) *одноатомні спирти*
- 3) *альдегіди*
- 4) *карбонові кислоти*

9. Вкажіть реакцію, за допомогою якої можна виявити ненасиченість лінолевої кислоти?

- 1) *гідратації та гідрування*
- 2) *амінування*
- 3) *хлорування та гідратації*
- 4) *бромовання*

10. Визначте речовини в перетворенні

Етан $\rightarrow$ А $\rightarrow$ В $\rightarrow$ етаналь $\rightarrow$ етанова кислота:

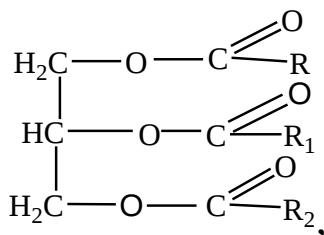
- а) А – етен, В – хлороетан
- б) А – хлороетан, В – етиловий спирт
- в) А – пропан, В – пропіловий спирт
- г) А – етен, В – етиловий спирт

Розділ X. ЛІПІДИ. ЖИРИ

Ліпіди – це складні органічні речовини рослинного та тваринного походження. Ліпіди поширені в природі, вони входять до складу кожної клітини. До ліпідів належать естери гліцеролу і вищих жирних кислот –гліцериди, воски, фосфоліпіди, сфінголіпіди і гліколіпіди. В залежності від хімічного складу ліпіди бувають прості і складні. До складу простих ліпідів не входять елементи Нітроген, Фосфор, Сульфур. До простих ліпідів належать похідні вищих жирних кислот, одно-, дво- і багатоатомних спиртів (ацилгліцероли, естери діолів, воски). До складних ліпідів належать фосфоліпіди і сфінголіпіди. Залежно від відношення ліпідів до лугів їх поділяють на омилюванні та неомилюванні. Омилюванні ліпіди гідролізують в лужному середовищі з утворенням солей вищих кислот. Неомилюванні ліпіди не гідролізують при взаємодії з лугами.

Воски – це естери вищих карбонових кислот і вищих одноатомних спиртів. Воски бувають тваринного і рослинного походження. Бджолиний віск є естеромпальмітинової кислоти і мірицилового спирту $C_{15}H_{31}-CO-OC_{30}H_{61}$. Віск синтезує цукрова тростина.

Жири – це суміші гліцеридів тваринного і рослинного походження. Жири використовують як продукти харчування. Переробкою жирів добувають такі важливі матеріали, як мила, стеарин, оліфи для масляних фарб тощо.



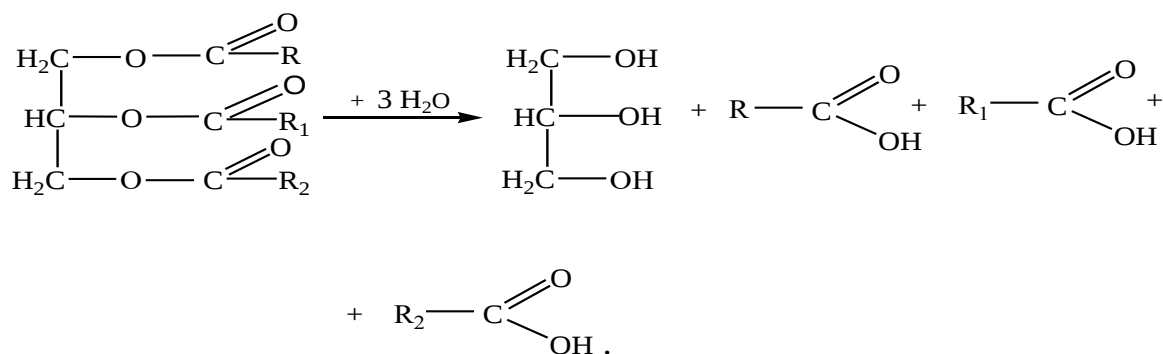
де R, R₁ і R₂ – залишки вищих насичених і ненасичених одноосновних карбонових кислот. До складу жирів входять понад 400 різних кислот. Проте більшість з них наявна в дуже незначній кількості. Переважають кислоти, що містять від 12 до 18 атомів Карбону (жирні кислоти), зустрічаються низькомолекулярні кислоти з C₂–C₁₀. Природні жири містять залишки кислот переважно нерозгалужені з парною кількістю атомів Карбону. Найбільш

поширені насичені кислоти в складі жирів пальмітинова $C_{15}H_{31}COOH$ і стеаринова $C_{17}H_{35}COOH$. Вищі жирні ненасичені кислоти – це олеїнова, лінолева, ліноленова і арахідонова. Олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$ містить один подвійний зв'язок між 9 і 10 атомом Карбону. Лінолева кислота $C_{17}H_{31}COOH$ містить два подвійних зв'язки між 9 і 10 та 12 і 13 атомами Карбону. Ліноленова кислота $C_{17}H_{29}COOH$ містить три подвійних зв'язки між 9 і 10, 12 і 13 та 15 і 16 атомами Карбону. Арахідонова кислота $C_{19}H_{31}COOH$ має чотири подвійні зв'язки, які розташовані між 5 і 6, 9 і 9, 11 і 12 та 14 і 15 атомами Карбону. Жири поділяють на прості та змішані. В простих жирах всі залишки кислот однакові, в змішаних – різні.

Жири – рідини або тверді речовини, що не мають запаху, смаку і є безколірними. Залишки насичених переважно кислот входять до складу твердих жирів. Ненасичені кислоти є переважно складовими частинами рідких жирів. Рідкі жири називають також *оліями*.

Жири погано розчиняються у воді, але є розчинними в органічних розчинниках. Жири легші за воду.

Жири піддаються гідролізу. Гідроліз жирів буває лужним, кислотним, ферментативним. Жири гідролізують з утворенням гліцеролу і жирних карбонових кислот:



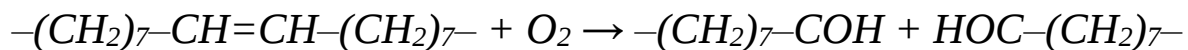
Якщо гідроліз проводиться в лужному середовищі, утворюються солі вищих карбонових кислот – мила. Реакцію гідролізу жиру в лужному середовищі називають реакцією омилення. Омилення пришвидшується підвищенням температури (до 220–260 °C).

Жири можуть обмінюватись ацильними залишками. Це може відбуватись і внутрішньомолекулярно, і міжмолекулярно. Даний процес потребує застосування каталізаторів (Na , CH_3ONa ,

C_2H_5ONa). В результаті переестерифікації змінюються властивості тригліцеридів. Процес переестерифікації використовується в харчовій промисловості для одержання жирів з необхідними властивостями.

Рослинні олії методом гідрогенізації переводять у тверді жири. Відбувається католітичне гідрування ненасичених залишків кислот у складі жиру. Утворюється продукт саломас, який є основою для виготовлення маргарину.

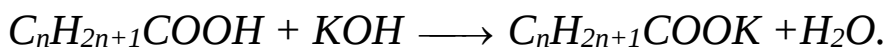
Під дією кисню повітря і світла може відбуватися окиснення жирів із залишками ненасичених кислот у молекулах. Цей процес окиснення називають згірклістю жирів. Окиснення відбувається за подвійними зв'язками, утворюються пероксидні сполуки, які далі перетворюються на альдегіди:



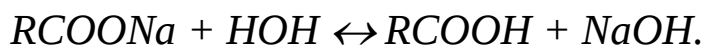
Сприяти окисненню жирів можуть також різні мікроорганізми.

Реакцію окиснення жирів використовується у техніці для синтезу матеріалів з новими позитивними властивостями. Рідкі жири (олії) бувають висихаючими, напіввисихаючими і невисихаючими. Лляна і бавовняна олії є висихаючими. Дані олії висихають і при цьому утворюють міцну прозору плівку. Висихаючі олії використовують для виготовлення оліфи. Оліфа – це проварена за наявності сикативів висихаюча олія. Сикативи – каталізатори окиснення та твердіння, що зменшують час висихання олій. Солі органічних кислот і солі таких металів, як Манган, Плюмбум, Кобальт, використовують в якості сикативів. Оліфа використовується в промисловості для виготовлення масляних фарб, лінолеуму, інших будівельних матеріалів.

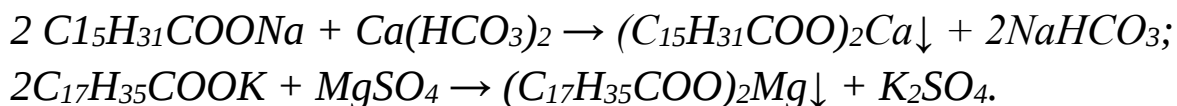
Мила – це солі вищих жирних кислот. Вищі насичені (жирні) карбонові кислоти у воді не розчиняються поскільки містять у своєму складі великий гідрофобний вуглеводневий залишок. Однак вищі жирні кислоти добре розчиняються в розчинах лугів з утворенням солей:



Натрієві і калієві солі вищих карбонових кислот (пальмітинової $C_{15}H_{31}COOH$ і стеаринової $C_{17}H_{35}COOH$) використовують як мила. Натрієві солі використовують для виготовлення твердого мила, калієві – для виготовлення рідкого мила. У складі твердого мила можуть бути і солі інших жирних кислот, кількість атомів Карбону в яких становить 10–18. Під час розчинення у воді натрієвого і калієвого мила утворюються колоїдні розчини. Солі гідролізують:



Якість мила погіршується у твердій воді. Калієві та натрієві солі вищих жирних кислот реагують з кальцій та магній гідрокарбонатами і сульфатами:



Мила – це поверхнево-активні речовини (ПАР), що містять гідрофобну (вуглеводневий залишок) і гідрофільну (група $COO-$) частини. Мийна функція полягає у колоїдно-хімічних процесах взаємодії мила, води і бруду. Частинки бруду опиняються оточеними молекулами мила, утворюється стійка емульсія. Ця емульсія й виводиться з поверхні предмета, який є забрудненим й відмивається таким чином.

В організмі людини жири виконують енергетичну функцію, їх енергетична цінність приблизно вдвічі вища, ніж білків і вуглеводів. Для дорослої людини добова потреба жирів біля 70 г. Надлишковий вміст жирів в організмі шкідливий. Особливу роль в організмі належить поліненасиченим вищим жирним кислотам лінолевій та ліноленовій. Це незамінні кислоти, які не синтезуються в організмі і повинні надходити з їжею. Ліолева і ліноленова кислоти містяться в рослинних жирах. Вони виводять шкідливий холестерин з організму.

Лабораторна робота № 10

Жири

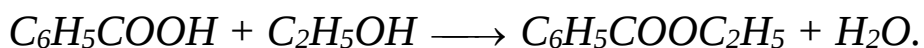
Реактиви: бензойна кислота, етиловий спирт, сульфатна кислота, олія соняшникова, 0,1 н розчин їдкого натру, розчин натрій карбонату, розчин мила, розчин білка, твердий жир, насичений розчин натрій хлориду, мило тверде, насичений розчин бромної води, 0,02 н розчин купрум(II) сульфату.

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, газовідвідна трубка, водяна баня.

Хід роботи

Дослід 1. Утворення етилбензоату

У пробірку помістіть декілька кристалів бензойної кислоти, додайте 1 мл етилового спирту і 2 краплі сульфатної кислоти. Суміш підігрівають до кипіння. Отриману безбарвну рідину вилийте у пробірку з холодною водою. З'явиться характерний запах етилбензоату.



Дослід 2. Емульгування жирів

У п'ять пробірок налейте по 2–3 краплі олії та додають по 1 мл: у першу пробірку – води, у другу – натрій гідроксиду, у третю – натрій карбонату, у четверту – розчину мила, у п'яту – розчину білка. Взбовтайте вміст кожної пробірки до утворення емульсії. Помістіть пробірки з емульсіями у штатив на декілька хвилин. Зверніть увагу, в якій пробірці відбулося розшарування. Зробіть висновок, які речовини утворюють стійкі емульсії.

Дослід 3. Омилення жирів у водно-спиртовому розчині

У пробірку помістіть 2 г жиру та додайте 6 мл спиртового розчину натрій гідроксиду. Розмішайте суміш та нагрійте на водяній

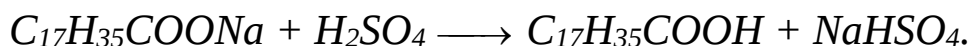
бані до початку кипіння. Проводьте омилення 3–5 хвилини, доки рідина набуде однорідного стану. Для того, щоб визначити, чи закінчився процес омилення, помістіть у пробірку декілька крапель суміші, додайте 5 мл води та нагрійте отриманий розчин. Якщо суміш розчиняється у воді повністю, і краплі жиру не виділяються, то омилення закінчено. Якщо під час нагрівання виділяються краплі жиру, то необхідно продовжити нагрівання суміші ще декілька хвилин. До отриманої рідини додайте 6 мл насиченого розчину натрій хлориду. Рідина помутніє, виділиться шар мила. Залиште пробірку на деякий час до повного розшарування рідини, потім охолодіть пробірку холодною водою.

Дослід 4. Розчинність мила у воді

У пробірку помістіть шматочок мила і додайте 1 мл води, ретельно перемішайте. Суміш у пробірці нагрійте. Натрієві та інші лужні мила добре розчиняються у воді.

Дослід 5. Виділення вільних жирних кислот із мила

У пробірку помістіть 1 мл концентрованого розчину мила, додайте 1 краплю розчину сульфатної кислоти та трохи нагрійте вміст пробірки. Утвориться білий шар вільних жирних кислот, водний розчин стане світлішим. Вміст пробірки залиште для наступного досліджу.

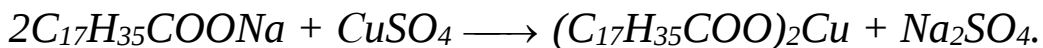


Дослід 6. Доказ ненасиченості жирних кислот, що входять до складу мила

У пробірку з виділеними жирними кислотами додайте 4–5 краплі бромної води та енергійно взбовтайте. Бромна вода знебарвиться. Отже, до складу жирних кислот, що були виділені із мила, входять ненасичені кислоти. Вони легко приєднують бром, знебарвлюючи бромну воду.

Дослід 7. Утворення нерозчиненого у воді мідного мила

У пробірку помістіть 1 мл розчину мила та 3 мл розчину купрум(II) сульфату. Випаде блакитно-білий осад мідного мила. Вміст пробірки нагрійте до кипіння. Мідне мило утворить на поверхні розчину зелене кільце.



Контрольні запитання і завдання

1. Охарактеризуйте хімічний склад та будову естерів та жирів.
2. Що таке мила, як їх добувають? У чому полягає мийна дія мила?
3. Запропонуйте методи добування:
 - а) етилбензоату з метану;
 - б) етилового естеру монохлороцтової кислоти з метану;
4. Напишіть схему кислотного гідролізу дипальмітоолеїну.
5. Напишіть схему гідрування триолеїну, вкажіть каталізатор.
6. Напишіть схему гідролізу тристеарину.
7. Напишіть структурні формули сполук: етилформіат, метилацетат.

Тестові завдання

1. Вкажіть речовину, яка завжди утворюється під час гідролізу жирів:
 - 1) гліцерол
 - 2) олеїнова кислота
 - 3) пальмітинова кислота
 - 4) вода
2. Який тваринний жир є рідким:
 - 1) свинячий
 - 2) риб'ячий
 - 3) гусячий
 - 4) курячий

3. Вкажіть клас, до якого належать мила:

- 1) солі
- 2) основи
- 3) кислоти
- 4) естери

4. Вкажіть продукти реакції омилення тристеарину:

- 1) гліцерол і рідке мило
- 2) гліцерол і тверде мило
- 3) стеаринова кислота і тверде мило
- 4) стеаринова кислота і рідке мило

5. Рідкі жири містять залишки кислоти:

- 1) олеїнової
- 2) пальмітинової
- 3) стеаринової
- 4) адипінової

6. Вкажіть кислоту, що містить три подвійні зв'язки:

- 1) олеїнова
- 2) ліолева
- 3) ліноленова
- 4) арахідонова

5. Гідрогенізація жирів— це:

- 1) приєднання водню
- 2) відщеплення водню
- 3) заміщення Гідрогену
- 4) приєднання води

7. Вкажіть назву процесу, який покладено в основу виробництва маргарину:

- 1) повне окиснення
- 2) гідрування

- 3) гідроліз
- 4) ацилювання

8. Вкажіть назву ненасиченої кислоти:

- 1) пальмітинова
- 2) ліолева
- 3) стеаринова
- 4) щавлева

9. У складі змішаних жирів є:

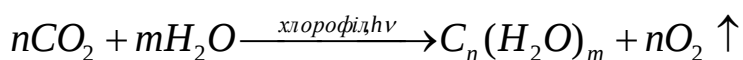
- 1) залишки різних кислот
- 2) залишки різних спиртів
- 3) залишки різних сполук
- 4) залишки різних солей

10. Виберіть правильне твердження «Висихаючими називають....»:

- 1) рослинні олії, що є гліцеридами ненасичених кислот з двома або більше подвійними зв'язками
- 2) рослинні олії, що є гліцеридами ненасичених кислот з одним подвійним зв'язком
- 3) рослинні олії, що є гліцеридами насичених кислот
- 4) рослинні олії, що є гліцеридами ароматичних кислот

Розділ XI. ВУГЛЕВОДИ

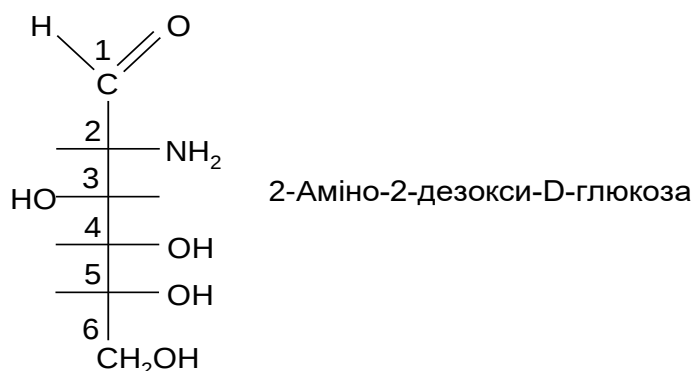
Вуглеводи – це речовини, що належать до класу поліфункціональних гідроксикарбонільних сполук. Це найбільш поширені в природі органічні сполуки. Вуглеводи є компонентами клітин усіх рослинних і тваринних організмів. Утворюються в рослинах у процесі фотосинтезу:



Для більшості вуглеводів загальна формула $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$. Вуглеводи поділяють на моносахариди, олігосахариди, полісахариди.

Моносахариди поділяють на триози, тетрози, пентози, гексози, гептози в залежності від кількості атомів Карбону у молекулі. Також моносахариди поділяються на альдози і кетози. Якщо моносахариди містять альдегідну групу, вони відносяться до альдоз, якщо містять кетонну групу – до кетоз. Назву їх утворюють з грецької назви числівника, додаючи закінчення *-оза*.

Отже, моносахарид, у складі якого є три атоми Карбону, називатиметься триозою, чотири – тетрозою, п'ять – пентозою, шість – гексозою, сім – гептозою. Нумерацію атомів Карбону починають з карбонільної групи. Якщо в молекулі є декілька функціональних груп, то вони вказуються за алфавітом. Відсутність *ОН*-груп позначається префіксом “дезоксид”. Наприклад:

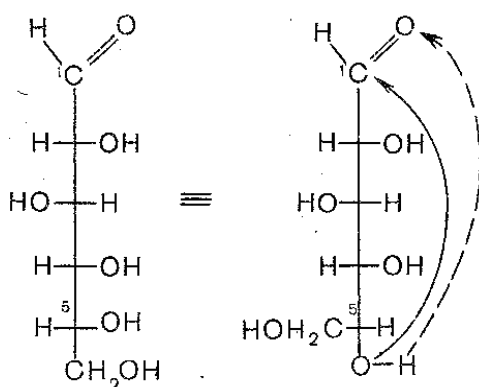


Більшість моносахаридів мають нерозгалужений ланцюг атомів Карбону, але трапляються моносахариди і з розгалуженим

ланцюгом, наприклад апіоза. Апіоза міститься у петрушці і в деяких морських травах, а також стрептоза, яка є складовою стрептоміцину.

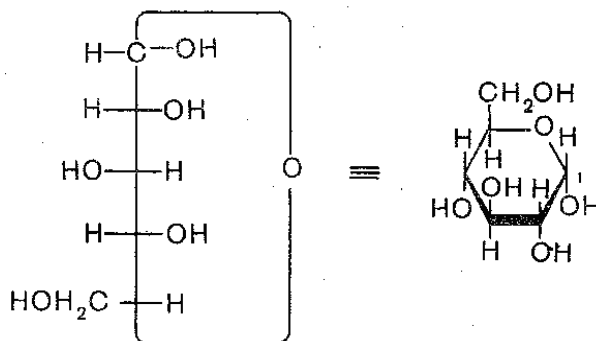
Моносахариди існують як у відкритій (оксоформі), так і в циклічній формах (піранозній або фуранозній). Піранозний цикл містить шість атомів, фуранозний – п'ять. Один з атомів в циклі Оксиген. Напівацетальні циклічні форми характерні для моносахаридів в кристалічному стані. Циклічна будова моносахаридів може бути представлена α - або β - аномерними формами. Для α -форми характерне розташування глікозидного гідроксилу з того самого боку, що і гідроксилу, що бере участь в утворенні напівацеталю (циклу). Для β - форми характерне розміщення даних гідроксилів по різні боки циклу. У розчині відкрита та циклічні форми знаходяться в динамічній рівновазі (таутомери):

Відкрита форма



D-Глюкоза

Циклічна форма



α -D - Глюкопіраноза

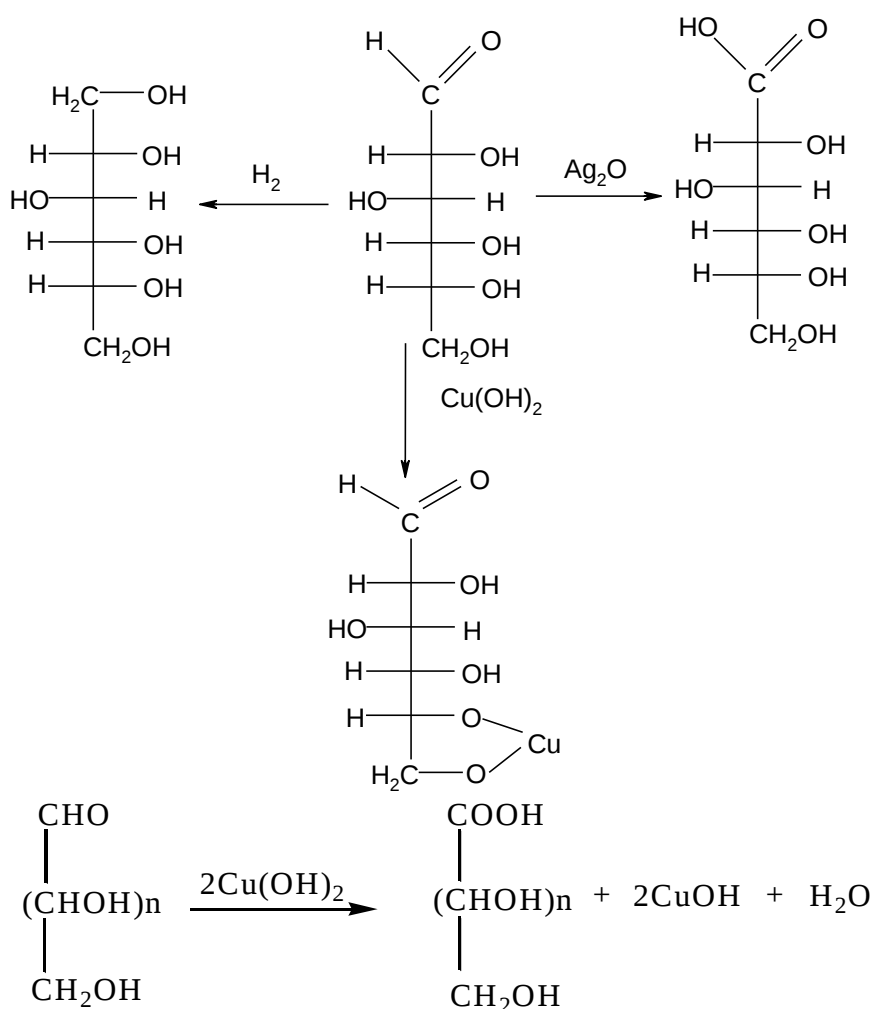
Зміна у часі значення кута обертання площини поляризації світла розчинами вуглеводів називають *мутаротацією*. Хімічна сутність мутаротації полягає в здатності моносахаридів існувати у вигляді рівноважної суміші таутомерів – відкритої та циклічної форм. Такий вид таутомерії називається цикло-ланцюговою таутомерією.

Під час утворення циклічної форми утворюється новий гідроксил, який називається глікозидним. Він відрізняється за

хімічними властивостями від інших гідроксильних груп у молекулі. Глікозидний гідроксил є більш реакційно здатним.

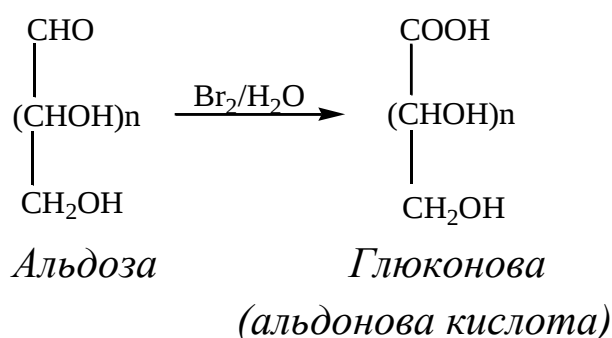
Хімічні властивості вуглеводів обумовлюють як карбонільні, так і гідроксильні групи, а також взаємне розташування цих груп.

Окиснення моносахаридів в лужному середовищі супроводжується розщепленням карбонового ланцюга і утворенням продуктів окиснення, які характеризуються відновними властивостями. Так, альдози у зв'язку з наявністю альдегідної групи здатні відновлювати в лужному середовищі навіть такі слабкі окисники, як аргентум(I) оксид і купрум(II) гідроксид.

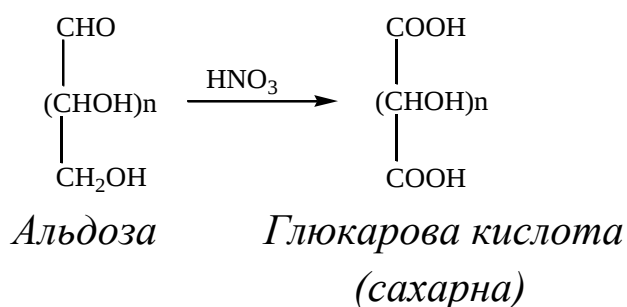


Такі реакції можливі за рахунок таутомерного переходу в альдегідну форму. Кетози теж здатні відновлювати катіони металів, оскільки вони в лужному середовищі ізомеризуються в альдози.

Реакції, при яких окиснюється тільки оксогрупа, проводять у кислому або нейтральному середовищі й отримують відповідні кислоти. М'якими окисниками (розбавлена HNO_3 , бромна вода, амоніачний розчин аргентум оксиду, гіпохлорити) окиснюють тільки альдегідну групу з утворенням так званих альдонових (глюконових) кислот.

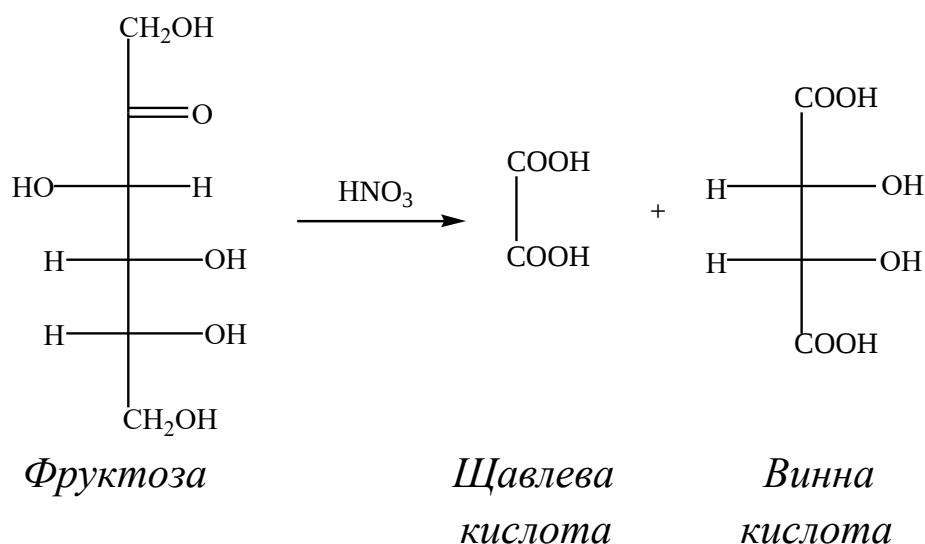


У разі застосування сильнішого окисника в кислому середовищі (при дії нітратної кислоти) одночасно з альдегідною окиснюється первинна спиртова група на другому кінці ланцюга. Утворюється дикарбонова кислота – альдарова (глюкарова):

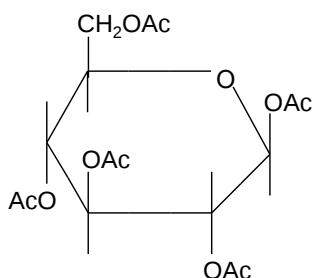


Уронові кислоти отримують шляхом окиснення похідних моносахаридів з попередньо захищеною альдегідною групою. Інший метод полягає у відновленні амальгамою натрію монолактонів сахарних кислот. Уронові кислоти мають на протилежних кінцях карбонового ланцюга альдегідну й карбоксильну групи. Так, з глюкози отримують глюкуронову (уронову) кислоту.

Фруктоза окиснюється важче, ніж глюкоза, і часто з розщепленням карбонового ланцюга. В цьому випадку отримують щавлеву та винну кислоти.



За гідроксильними групами моносахаридів можна здійснити ацилювання та алкілювання. Повне ацилювання або алкілювання



здійснюється за допомогою надлишку реагенту.

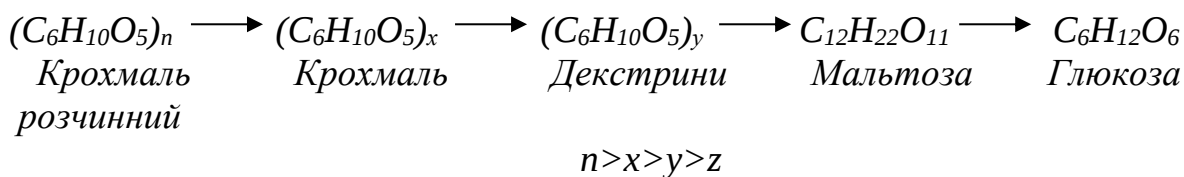
Олігосахариди містять від двох до десяти залишків моносахаридів. Ці сполуки виникають при утворенні глікозидного зв'язку, який з'єднує залишки моносахаридів один з одним. Якщо для виникнення оксигенового містка в молекулі дисахариду використовується глікозидний гідроксил лише одного моносахариду, то такий дисахарид називається відновлюючим. Якщо оксигеновий місток між залишками молекул моносахаридів утворений за участю двох глікозидних гідроксилів, то дисахариди називаються невідновлюючими. Серед загальних властивостей всіх олігосахаридів відзначається їх схильність до кислотного гідролізу, що приводить до початкового моносахариду.

Невідновлюючі сахарида не проявляють властивостей ні альдегідів, ні кетонів. Наявність гідроксильних груп зумовлює властивості багатоатомних спиртів.

Полісахариди – це високомолекулярні природні вуглеводи, продукти конденсації великої кількості моносахаридів. Залишки моносахаридів сполучені глікозидними зв'язками. Більшість полісахаридів мають тривіальні назви (крохмаль, целюлоза, хітин). Молекулярна маса полісахаридів коливається від декількох тисяч до мільйонів. Крохмаль – полімер α -глюкози, а целюлоза – β -глюкози. Крохмаль складається з двох полісахаридних компонентів: амілози (20–30%) й амілопектину (70–80 %). Амілоза має лінійну будову макромолекул, які здатні закручуватись у спіралеподібні структури.

Амілопектин – високомолекулярний полісахарид, характеризується наявністю розгалужень, утворених α -1,6' зв'язком. Ці розгалуження спостерігаються через 20–25 ланок зв'язку α -1,4'.

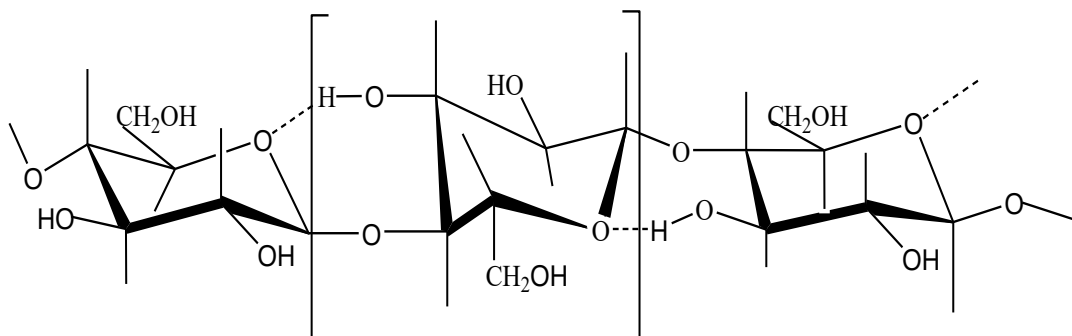
Крохмаль гідролізує ступінчасто:



Каталізаторами такого розщеплення крохмалю можуть бути мінеральні кислоти й ферменти, наприклад, амілаза слини. В молекулі крохмалю спочатку послаблюються та розриваються асоціативні зв'язки між макромолекулами амілопектину й амілози. Це сприяє утворенню гомогенної маси (клейстеризації і розрідженню крохмалю), а потім у різних частинах амілози й амілопектину розщеплюються α -1,4' і α -1,6' – глікозидні зв'язки з приєднанням за місцем розриву кожного зв'язку молекули води. Велика молекула крохмалю розщеплюється на менші за молекулярною масою полісахариди, які називають *декстринами*. Поряд з декстринами утворюються й олігосахариди. Кінцевий продукт гідролізу – глюкоза.

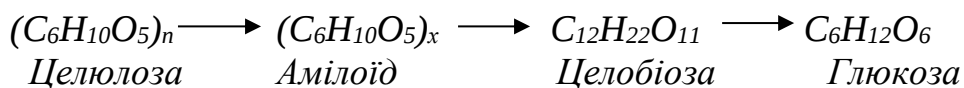
Целюлоза (клітковина) – найпоширеніша природна органічна речовина. Вона є основним структурним компонентом клітинної

оболонки вищих рослин. У рослинах целюлоза утворюється в результаті складних біохімічних перетворень, які починаються з фотосинтезу найпростіших вуглеводів. Тому в природі целюлоза майже не трапляється у чистому вигляді. Завдяки β -1,4'-глікозидним зв'язкам макромолекули целюлози мають лінійну будову:



Целюлоза

Між макромолекулами виникають числені водневі зв'язки, макромолекули утворюють довгі жорсткі волокна. Це надає оболонкам рослин певної міцності. Завдяки численным водневим зв'язкам целюлоза у воді не розчиняється. Для целюлози не характерні відновні властивості, вона важча за крохмаль і також піддається ступінчатому гідролізу. Гідроліз целюлози проходить важче, ніж для крохмалю. З утворенням ряду продуктів:



Целюлоза застосовується для виготовлення штучних волокон, лаків, пластмас, вибухівки.

Лабораторна робота № 11.1

Моносахариди

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, конічна колба (50 мл).

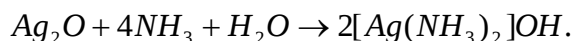
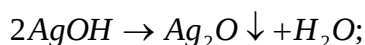
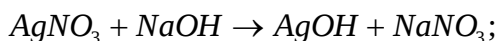
Хід роботи

Дослід 1. Окиснення моносахаридів розчином діамінаргентум гідроксидом

Реактиви: 0,5% розчин глюкози, 10% розчин натрій гідроксиду, 2% розчин амоніаку, 1% розчин аргентум нітрату.

Розчин діамінаргентум гідроксиду приготуйте безпосередньо перед використанням.

У конічну колбу помістіть розчин аргентум нітрату, додайте розчин натрій гідроксиду, утвориться осад. Додавайте у колбу краплями розчин амоніаку до розчинення осаду.



До прозорого безбарвного розчину комплексної сполуки, що утворилась, додайте розчин глюкози. Суміш підігрійте на полум'ї пальника до початку зміни кольору. Далі реакція не потребує нагрівання.

На стінках колби виділиться чорний осад срібла або дзеркальний шар.

У результаті лужного окиснення відбувається руйнування молекули. Утворюються різні продукти: гліцеринова, гліколева, мурашина кислоти. Ці сполуки виявляють відновні властивості.

Дослід 2. Реакція Селіванова

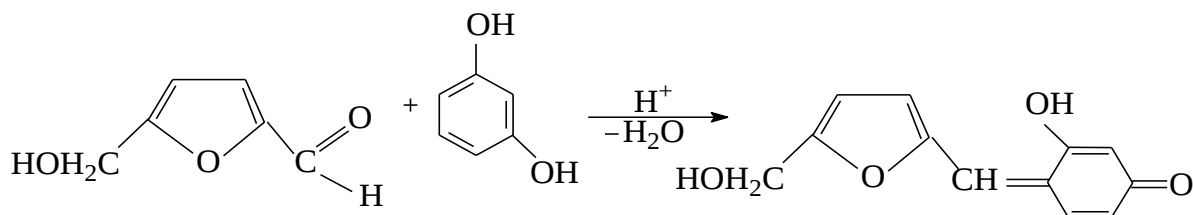
Реактиви: концентрована хлоридна кислота, резорцин, розчин фруктози, дистильованої вода.

Приготуйте розчин Селіванова. До 5 мл дистильованої води і 5 мл концентрованої хлоридної кислоти додайте 0,005 г резорцину, перемішайте.

У пробірку помістіть 2 мл свіжоприготовленого розчину реактиву Селіванова. Внесіть розчин фруктози (декілька крапель). Розчини нагрійте.

З'явиться червоне забарвлення.

Фруктоза (кетоза) буде взаємодіяти з хлоридною кислотою і утворить 5-гідроксиметилфурфураль. Резорцин, конденсуючись з 5-гідроксиметилфурфуралем, утворить сполуку червоного кольору.



Глюкоза (альдоза) з реактивом Селіванова реагує значно повільніше, після тривалого кип'ятіння, що дає можливість розрізнити глюкозу і фруктозу.

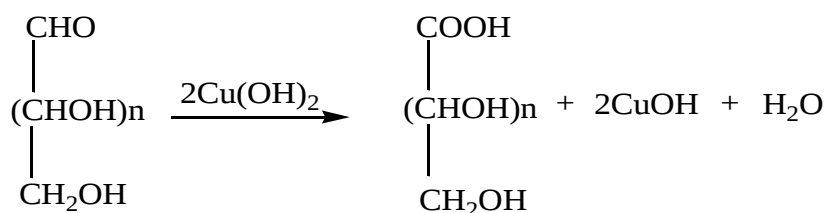
Дослід 3. Доказ присутності гідроксильних груп в глюкозі

Реактиви: 0,5 % розчин глюкози, 10 % розчин натрій гідроксиду, 2 % розчин купрум(II) сульфату.

У пробірку помістіть розчин натрій гідроксиду і розчин купрум(II) сульфату. Утвориться блакитний драглистий осад купрум(II) гідроксиду. Додайте розчин глюкози. В результаті осад розчиниться, утвориться синій розчин купрум(II) глюконату. Ця реакція доводить присутність гідроксильних груп в молекулі альдогексози. Отриманий розчин збережіть, він буде використовуватись в наступному досліді.

Дослід 4. Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом

Нагрійте верхню частину розчину купрум(II) глюконату. Спостерігайте появу жовтого кольору внаслідок утворення купрум(I) гідроксиду:



Продовжуйте нагрівання, і ви побачите утворення помаранчового осаду купрум(І) оксиду:



Контрольні запитання і завдання

1. Які функції виконують вуглеводи в організмі людини?
2. Яке біологічне значення фотосинтезу?
3. Дайте визначення поняттям: “вуглеводи”, “моносахариди”, “альдоза”, “кетоза”.
4. Які продукти утворюються при окисненні D-глюкози, D-фруктози?
5. До яких сполук за будовою належать моносахариди?
6. Які існують види бродіння моносахаридів?
7. В яких умовах при окисненні утворюється глюкарова кислота з D-глюкози?
8. Напишіть структурні формули таких сполук:
а) α -D-глюкопіраноза; б) β -D-глюкофураноза; в) α -D-фруктопіраноза;
г) β -D-галактопіраноза; д) етил- α -D-глюкопіранозид; ж) метил- β -D-фруктофуранозид.
9. Як утворюється циклічна напівацетальна форма глюкози?
10. Який гідроксил називають глікозидним?
11. Наведіть можливі циклічні форми D-манози. Який атом Карбону називають напівацетальний? Які існують аномерні форми манози?
12. В яких реакціях виявляється більша реакційна здатність глікозидного гідроксилу, порівняно з іншими гідроксильними групами моносахаридів?
13. Яка речовина є родоначальником генетичного ряду D-альдоз?

Тестові завдання

1. Можна відзначити, що моносахариди:

- 1) гідролізують
- 2) містять альдегідну і гідроксильні або карбонільну і гідроксильні групи
- 3) містять карбоксильну і гідроксильну групи
- 4) входять до складу білків

2. Відрізнити глюкозу від сахарози можна за допомогою речовини:

- 1) калій гідроксид
- 2) бромна вода
- 3) амоніачний розчин Ag_2O
- 4) CuSO_4

3. Для визначення альдегідної групи використовують:

- 1) кальцій гідроксид
- 2) бромну воду
- 3) амоніачний розчин аргентум оксиду
- 4) калій перманганат

4. Взаємне перетворення фруктози, глюкози і манози одна в одну, що відбувається в лужному середовищі, називається:

- 1) таутомерія
- 2) мутаротація
- 3) ізомеризація
- 4) епімеризація

5. Для кетоз родоначальником генетичного ряду є сполука:

- 1) гліцериновий альдегід
- 2) гліцераль
- 3) дигідроксиацетон
- 4) ацетон

6. Вкажіть ізомер глюкози:

- 1) *сахароза*
- 2) *целюлоза*
- 3) *лактоза*
- 4) *фруктоза*

7. Альдонові кислоти одержують під час окиснення альдоз за допомогою:

- 1) *бромної води або розбавленої нітратної кислоти*
- 2) *концентрованої нітратної кислоти*
- 3) *нітритної кислоти*
- 4) *калій перманганату*

8. До альдоз відносяться:

- 1) *глюкоза і галактоза*
- 2) *фруктоза і глюкоза*
- 3) *еритрулоза і арабіноза*
- 4) *рибулоза і маноза*

9. До гексоз відносяться:

- 1) *фруктоза і глюкоза*
- 2) *еритроза і треоза*
- 3) *треоза і фруктоза*
- 4) *рибоза і галактоза*

10. Найбільша кількість гідроксильних груп міститься у сполуці:

- 1) *маноза*
- 2) *гліцерол*
- 3) *рибоза*
- 4) *етиленгліколь*

Лабораторна робота № 11.2

Дисахариди

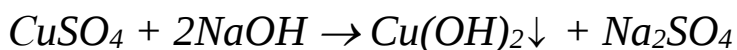
Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, конічна колба (50 мл), водяна баня.

Хід роботи

Дослід 1. Реакція Троммера

Реактиви: розчини лактози, натрій гідроксиду, купрум(II) сульфату.

До розчину лактози у пробірці додайте розчин натрій гідроксиду такого ж об'єму та 2 краплі розчину купрум(II) сульфату. В пробірці відбудеться осадження купрум(II) гідроксиду:



Перемішайте, ви побачите розчинення осаду і утворення розчину яскравого синього кольору. Нагрійте розчин до кипіння. Утвориться речовина жовтого кольору – купрум(I) гідроксид. Карбонільна група моносахаридів окиснюється до карбоксильної (утворення альдонової кислоти).

Унаслідок подальшого нагрівання купрум(I) гідроксид втратить молекулу води і утворить купрум(I) оксид червоного кольору:



У разі додавання надлишку купрум(II) сульфату за нагрівання в реакційному середовищі утворюється купрум(II) оксид:



Купрум(II) оксид має чорне забарвлення і буде маскувати позитивний ефект реакції Троммера. Тому, слідкуйте за тим, щоб не було додано надлишку купрум(II) сульфату.

Реакція Троммера з лактозою має позитивний ефект, що пояснюється наявністю в складі молекули лактози вільного глікозидного гідроксилу.

Дослід 2. Реакція на сахарозу

Реактиви: розчин сахарози, розчин натрій гідроксиду, розчин кобальт нітрату.

До розчину сахарози у пробірці (2 мл) додайте 1 мл розчину натрій гідроксиду та кілька крапель розчину кобальт нітрату. Спостерігайте появу фіолетового забарвлення. Реакція належить до специфічних, позитивний ефект дає тільки сахароза.

Дослід 3. Доказ присутності гідроксильних груп у сахарозі

Реактиви: розчин сахарози, розчин натрій гідроксиду, розчин купрум(II) сульфату.

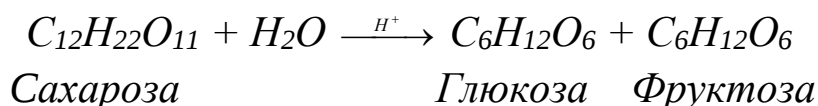
До розчину сахарози у пробірці додайте розчин натрій гідроксиду та розчин купрум(II) сульфату. Розчин купрум(II) сульфату не повинен бути у надлишку. Перемішайте. Утвориться комплексна сполука купрум сахарат синього кольору, що доводить наявність гідроксильних груп у сахарозі. Розчин залиште для наступного дослідю.

Дослід 4. Відсутність відновлюючих властивостей сахарози

Розчин купрум сахарату нагрійте до кипіння. Ніяких змін у пробірці не відбудеться, сахароза є невідновлюючим дисахаридом і не існує у відкритій формі.

Дослід 5. Гідроліз сахарози та виявлення в ній фруктози та глюкози

Реактиви: розчини сахарози, натрій гідроксиду, купрум(II) сульфату; 2н розчин хлоридної кислоти, концентрована хлоридна кислота, кристалічний резорцин або дифеніламін.



У пробірку помістіть розчин сахарози об'ємом 4–5 мл і 2 мл розчину хлоридної кислоти, обережно нагрійте. Розділіть розчин на дві пробірки.

В одну пробірку додайте розчин натрій гідроксиду – 3 мл, воду – 1 мл, а потім розчин купрум(II) сульфату – 1 мл. Перемішайте і нагрійте до кипіння. З'явиться червоне забарвлення, що підтверджує проходження гідролізу і утворення глюкози.

В іншу пробірку до продуктів гідролізу сахарози внесіть 2–3 кристалики резорцину або дифеніламіну й додайте концентровану хлоридну кислоту. Вміст пробірки перемішайте і нагрійте до кипіння. З'явиться червонувате або синє забарвлення. Даний ефект підтверджує присутність фруктози, яка утворилась в результаті гідролізу.

Контрольні запитання і завдання

1. Які дисахариди відносяться до відновлюючих?
2. Як утворюються глікозидний зв'язок у відновлюючих дисахаридах?
3. Які дисахариди відносяться до невідновлюючих?
- 3.
4. Як утворюються глікозидний зв'язок у невідновлюючих дисахаридах?
5. Чи дає мальтоза позитивну реакцію на альдегідну групу з реактивами Толленса, Фелінга? Чому?
6. Які вуглеводи утворюються під час гідролізу лактози?
7. Який дисахарид входить до складу крохмалю та глікогену?
8. Який дисахарид рослинного походження у великій кількості споживається людиною?
9. Поясніть, в чому відмінність целобіози від мальтози.
10. Що називають «штучним медом»?
11. Залишки яких моносахаридів входять до складу целобіози?
12. Які сполуки утворюються в результаті гідролізу сахарози?

Тестові завдання

1. Лактоза побудована із залишків:

- 1) α -D-галактопіранози і α -D-глюкопіранози
- 2) β -D-глюкопіранози і β -D-фруктофуранози
- 3) β -D-глюкопіранози і α -D-фруктофуранози
- 4) β -D-галактопіранози і α -D-глюкопіранози

2. Вкажіть правильне твердження щодо дисахаридів:

- 1) не гідролізують
- 2) гідролізують з утворенням двох молекул моносахаридів
- 3) здатні до денатурації
- 4) містять кілька тисяч залишків моносахаридів

3. Вкажіть формулу лактози, ізомера сахарози:

- 1) $C_6H_{12}O_6$
- 2) $C_{12}H_{20}O_{10}$
- 3) $C_{12}H_{22}O_{11}$
- 4) $C_{10}H_{10}O_{11}$

4. З яким реагентом вступає в реакцію сахароза?

- 1) реактив Толленса
- 2) реактив Фелінга
- 3) оцтовий ангідрид
- 4) фенілгідразин

5. Яку речовину називають молочним цукром?

- 1) лактозу
- 2) манозу
- 3) трегалозу
- 4) сорбозу

6. До відновлюючих дисахаридів відноситься:

- 1) лактоза
- 2) сахароза
- 3) трегалоза
- 4) ксилоза

7. До невідновлюючих дисахаридів відноситься:

- 1) *мальтоза*
- 2) *арабіноза*
- 3) *целобіоза*
- 4) *трегалоза*

8. Молекули сахарози побудовані з:

- 1) α -D-глюкопіранози і β -D-фруктофуранози
- 2) β -D-глюкопіранози і β -D-фруктофуранози
- 3) α -D-глюкопіранози і β -D-фруктофуранози
- 4) α -D-глюкопіранози і β -D-фруктопіранози

9. Вкажіть рядок, у якому всі сполуки існують у природі у вільному стані:

- 1) *мальтоза, трегалоза, лактоза*
- 2) *сахароза, трегалоза, лактоза*
- 3) *трегалоза, целобіоза, лактоза*
- 4) *рафіноза, мальтоза, целобіоза*

10. Вкажіть зв'язок, яким сполучені залишки глюкози в молекулі целобіози:

- 1) β -1,4'-глікозидний зв'язок
- 2) α -1,4'-глікозидний зв'язок
- 3) β -1,6'-глікозидний зв'язок
- 4) α -1,6'-глікозидний зв'язок

Лабораторна робота № 11.3

Полісахариди

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, конічна колба (50 мл), водяна баня.

Хід роботи

Дослід 1. Виявлення полісахаридів. Реакція з α -нафтолом (реакція Моліша)

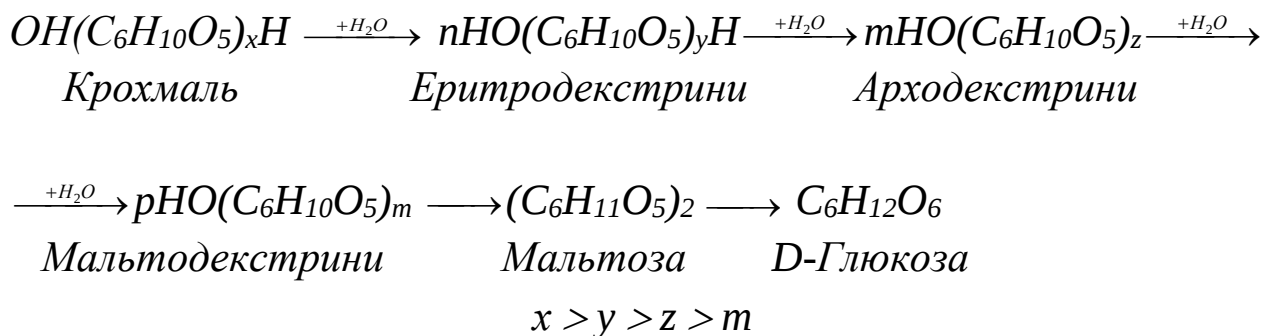
Реактиви: розчин крохмалю, концентрована сульфатна кислота, спиртовий розчин α -нафтолу.

Помістіть у пробірку 1 мл розчину крохмалю, додайте декілька крапель розчину α -нафтолу та обережно по стінці пробірки додайте 1 мл концентрованої сульфатної кислоти. Спостерігайте появу фіолетового забарвлення на межі між сульфатною кислотою та розчином крохмалю.

Моносахариди, олігосахариди та полісахариди дають позитивний ефект в реакції з α -нафтолом.

Дослід 2. Гідроліз крохмалю

Реактиви: крохмальний клейстер (2% розчин), сульфатна кислота (2н розчин), натрій гідроксид (2н розчин, 10% розчин), розбавлений розчин йоду у калій йодиді (світло-жовтого кольору), реактив Фелінга, універсальний індикаторний папір.



У сім пробірок помістіть по 4–5 крапель розбавленого розчину йоду у калій йодиді. В конічну колбу налейте крохмальний клейстер об'ємом 4–5 мл та приблизно 1 мл розчину сульфатної кислоти. У першу пробірку внесіть декілька крапель розчину крохмалю. Відзначте забарвлення, що утвориться. Колбу нагрійте на водяній бані. Кожні 30 секунд відбирайте піпеткою кілька крапель розчину й додавайте у чергову пробірку з йодом. Такі проби дають змогу визначити ступінь гідролізу крохмалю.

Перша проба дає синє забарвлення, друга – синьо-фіолетове, третя – червоно-фіолетове, четверта – буре, п'ята – помаранчове, шоста – помаранчово-жовте, сьома – жовте. Після того, як колір розчину йоду перестане змінюватись під дією крохмалю, суміш прокип'ятіть ще декілька хвилин. Охолодіть суміш та додайте 10 % розчин натрій гідроксиду, щоб утворилось лужне середовище. Частину лужного розчину перелийте у пробірку, додайте такий самий об'єм реактиву Фелінга та нагрійте верхню частину рідини до кипіння.

Під час нагрівання в присутності кислот або під впливом ферментів крохмаль гідролізує. Крохмаль гідролізує ступінчасто, утворюються проміжні сполуки – декстрини. Ступінь гідролізу крохмалю обумовлює забарвлення, яке утворюють декстрини з йодом. Забарвлення може бути від синьо-фіолетового до помаранчового.

Дослід 3. Якісна реакція на крохмаль

Реактиви: крохмаль (1% розчин); йод (1% розчин); калій йодид (2 % розчин).

У пробірку помістіть 2 мл розчину крохмалю, додайте до розчину крохмалю 1 краплю розчину йоду. Спостерігайте появу яскраво-синього забарвлення.

Нагрійте вміст пробірки у полум'ї пальника, потім охолодіть. Під час нагрівання синє забарвлення зникне, а при охолодженні з'явиться знов.

Контрольні запитання і завдання

1. Які вуглеводи відносяться до полісахаридів?
2. З яких полісахаридних компонентів складається крохмаль?
3. Охарактеризуйте будову амілози і амілопектину.
4. Поясніть, в чому особливість будови глікогену.
5. Який дисахарид утворюється в результаті неповного гідролізу крохмалю?
6. В яких умовах відбувається гідроліз крохмалю?
7. Що таке декстрини?
8. Як відбувається ацилювання целюлози?
9. Як реагує целюлоза з нітратною кислотою?
10. Як одержують віскозний шовк?

Тестові завдання

1. Вкажіть групу вуглеводів, до якої відноситься крохмаль:
 - 1) моносахариди
 - 2) дисахариди
 - 3) трисахариди
 - 4) полісахариди
2. Вищі цукри – це:
 - 1) моносахариди, що складаються з шести атомів Карбону
 - 2) моносахариди, що складаються з чотирьох атомів Карбону
 - 3) моносахариди, до складу яких входить понад шести атомів Карбону
 - 4) моносахариди, до складу яких входить п'ять атомів Карбону
3. Продуктом неповного гідролізу крохмалю є:
 - 1) мальтоза
 - 2) рибоза
 - 3) лактоза
 - 4) целобіоза

4. Гідролізний спирт одержують з:

- 1) крохмалю
- 2) фруктози
- 3) целюлози
- 4) сахарози

5. Амілопектин – це:

- 1) полімер розгалуженої будови, який при нагріванні з водою утворює клейстер
- 2) лінійний полімер, розчинний у гарячій воді
- 3) полімер лінійної будови, що утворює з розчином йоду синє забарвлення
- 4) полімер лінійної будови, що утворює з розчином йоду зелене забарвлення

6. Вкажіть полісахарид, який нагадує за структурою амілопектин, тільки має вдвічі більше розгалужень:

- 1) інουλін
- 2) амілоза
- 3) хітин
- 4) глікоген

7. Продуктом часткового гідролізу целюлози є:

- 1) декстрини
- 2) амілоїд
- 3) мальтоза
- 4) трегалоза

8. Вкажіть природну сировину, з якої одержують целюлозу:

- 1) деревина
- 2) нафта
- 3) картопля
- 4) кам'яне вугілля

9. Розгалужену будову має полісахарид:

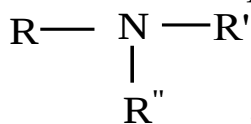
- 1) *целюлоза*
- 2) *хітин*
- 3) *глікоген*
- 4) *інулін*

10. Вкажіть реакцію, що відповідає взаємодії целюлози з оцтовою кислотою:

- 1) *етерифікації*
- 2) *естерифікації*
- 3) *гідролізу*
- 4) *гідратації*

Розділ XII. АМІНИ

Аміни розглядають як похідні амоніаку, в якому один, два або три атоми Гідрогену заміщені на алкільні або інші вуглеводневі залишки. Розрізняють первинні $R-NH_2$, вторинні $R-NH-R^1$ і третинні



аміни. Аміни поділяють на аліфатичні (насичені і ненасичені), аліциклічні, ароматичні, гетероциклічні.

Метил-, диметил- і триметиламін – газоподібні, горючі, безбарвні речовини. Інші нижчі аміни – рідини. Нижчі аміни мають запах, схожий на запах амоніаку. Середні аміни (більше трьох атомів Карбону) мають неприємний запах зіпсованої риби. Вищі аміни – це тверді речовини, без запаху. Ароматичні аміни є рідинами або кристалічними речовинами, які окиснюються при зберіганні. Аренаміни – сильні отрути з неприємним запахом. Молекули первинних і вторинних амінів з'єднуються між собою водневими зв'язками, утворюються асоціати. Асоціація амінів відбувається в меншій мірі, ніж відповідних спиртів.

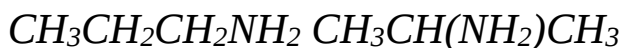
Ізомерія амінів пов'язана з ізомерією вуглеводневих залишків.

Для утворення назви аміну за раціональною номенклатурою необхідно назвати вуглеводневі залишки, сполучені з атомом Нітрогену, і додати слово «амін»:



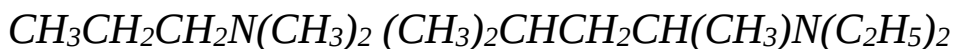
етиламін діетиламін

У назвах амінів, що містять три або більше атомів Карбону, позначають положення аміногрупи перед суфіксом -амін:



пропан-1-амін пропан-2-амін

Вторинні і третинні аміни за цією системою називають таким чином, щоб префікс назви включав найбільшу алкільну групу:



1-(N,N-диметиламіно)пропан 2-(діетиламіно)-4-метилпентан

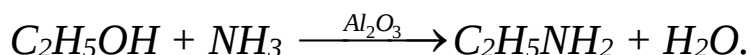
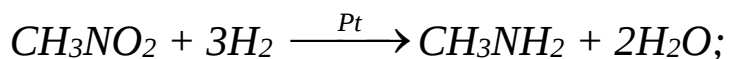
Для деяких амінів, особливо ароматичних і діамінів, розповсюджені тривіальні назви.



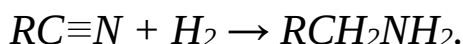
Путресцин

У природі аміни утворюються в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Одержують аміни також і синтетичними методами:

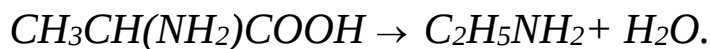
1. Відновлення нітросполук (каталізатори – *Ni*, *Pt*, *Pd*), або пропускання парів спиртів і амоніаку за температури 300 °C над Al_2O_3 :



2. Відновлення нітрилів. Нітрили відновлюють до первинних амінів або каталітичним гідруванням, або за допомогою літій алюмогідрида в етері:



3. Одержання з природної сировини:

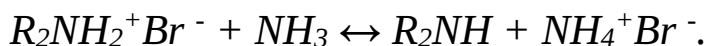
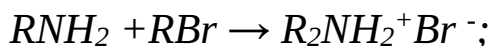


Хімічну активність амінів визначає аміно-група, її положення, а також будова вуглеводневого залишку. Для амінів характерні основні властивості. Вони вступають в реакції з нітритною кислотою, реакції ацилування і алкілування.

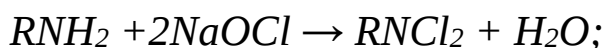
Первинні і вторинні аміни реагують з галогенангідами, ангідами і естерами з утворенням амідів:

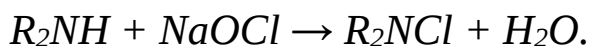


Алкілування амінів за Гофманом можна розглядати як нуклеофільне заміщення біля насиченого атома Карбона:

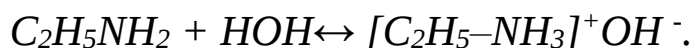


Атоми Гідрогену аміногрупи первинних і вторинних аліфатичних амінів легко замінити на галоген під дією натрій гіпогалогенітів у водному розчині за температури 0–5 °C:

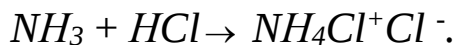




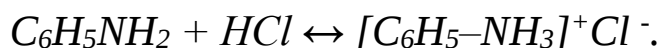
Водні розчини амінів утворюють лужне середовище:



Основність амінів значно вища за основність амоніаку. З мінеральними кислотами аміни утворюють солі:



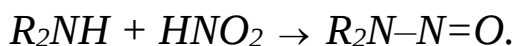
Ароматичні аміни проявляють значно меншу основність порівняно з аліфатичними амінами. Відбувається делокалізація електронної пари Нітрогену по бензеновому кільцю. Делокалізація зменшує здатність цієї електронної пари до приєднання протону. Електронодонорні замісники в бензеновому кільці аніліну збільшують, а електроноакцепторні замісники зменшують основність заміщеного аніліну. Ароматичні аміни не взаємодіють з водою. З кислотами вони утворюють солі:



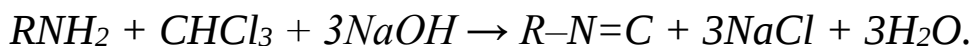
Всі аміни порівняно легко окиснюються. Найлегше окиснюються до оксидів третинні аміни:



Первинні, вторинні, третинні аміни можна розрізнити за допомогою дії на них нітритної кислоти. Так, в реакції з первинними амінами утворюються спирти і азот, вторинні аміни утворюють жовтого кольору нітросоаміни. *N*-нітросоаміни характеризуються сильною канцерогенною дією. Третинні аміни за нормальних умов з нітритною кислотою не взаємодіють.



Первинні аліфатичні і ароматичні аміни утворюють ізонітрили, реагуючи з хлороформом і *NaOH*:



Ізонітрили мають специфічний запах. Дана реакція використовується для ідентифікації первинних амінів.

Багато амінів мають високу біологічну активність і деякі з них використовують в якості лікарських препаратів. Найбільш важливі біологічно активні аміни: адреналін, норадреналін, амфетамін,

серотонин, нікотин, гістамін, еленіум, хлорпромпазин. Відомі алкалоїди морфін і кодеїн містять структурний фрагмент 2-фенілетиламіна. Морфін має сильну знеболювальну дію і відноситься до анальгетиків. Кодеїн – слабкий знеболювальний засіб. Їх близький аналог героїн в природі не зустрічається. Головний недолік цих речовин полягає у тому, що вони викликають залежність. До амінів належать також деякі з вітамінів, наприклад тіамінхлорид (вітамін В₁).

Лабораторна робота № 12

Аміни

Посуд і допоміжне обладнання: пробірки, пальник, сірники, пробіркотримач, піпетки, скляна паличка, водяна баня, газовідвідна трубка, предметне скло.

Хід роботи

Дослід 1. Отримання метиламіну

Реактиви: ацетамід, бромна вода, етиловий спирт, хлороформ, 0,1 н і концентрований розчин натрій гідроксиду, лід.

Увага! Дослід проводьте у витяжній шафі!

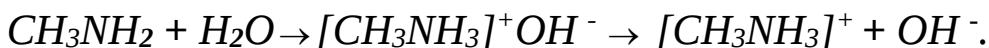
Декілька кристалів ацетаміду, 1 мл води і 2–3 краплі бромну помістіть у пробірку з газовідвідною трубкою. Суміш охолодіть водою і краплями додайте концентрований розчин лугу до тих пір, поки не знебарвиться жовтий колір бромної води. Потім додайте декілька крапель розбавленого розчину натрій гідроксиду. У пробірку з льодяною водою опустіть кінець газовідвідної трубки, суміш підігрійте. З'явиться неприємний запах, схожий на запах сирої риби. Розчин метиламіну збережіть, він буде використовуватись у наступному досліді.

Дослід 2. Вивчення властивостей амінів аліфатичного ряду

Реактиви: метиламін (водний розчин), спиртовий розчин фенолфталеїну, хлороформ, натрій гідроксид (концентрований розчин), 0,02н розчин купрум(II) сульфату; розчин ферум(III) хлориду $FeCl_3$, хлоридна кислота, червоний лакмусовий папірець.

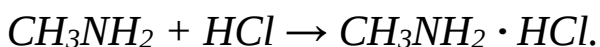
1. Дія індикаторів

До отвору газовідвідної трубки піднесіть вологий червоний папірець – він посиніє. У пробірку внесіть 1 мл водного розчину метиламіну і додайте краплю розчину фенолфталеїну. З'явиться рожеве забарвлення.



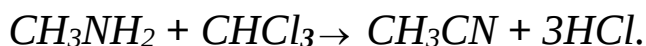
2. Взаємодія з хлоридною кислотою

Скляну паличку змочить у концентрованій хлоридній кислоті і піднесіть до отвору газовідвідної трубки, з якої виділяється метиламін. Утвориться солянокисла сіль метиламіну:

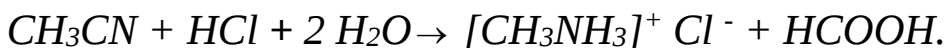


3. Утворення ізонітрилу

У пробірку помістіть приблизно 1 мл розчину метиламіну, додайте 2 краплі хлороформу та 2 краплі концентрованого розчину $NaOH$. Суміш нагрійте. З'явиться запах ізонітрилу.



Ізонітрil – це отруйна речовина, його потрібно розкласти. Для цього пробірку з ізонітрилом помістіть у колбу з розбавленою хлоридною кислотою. Ізонітрil прогідролізує, утворюється мурашина кислота:



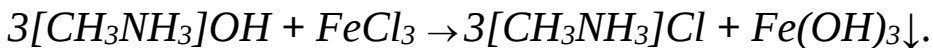
4. Реакція з купрум(II) сульфатом.

У пробірку помістіть розчин метиламіну та додайте розчин купрум(II) сульфату. Утвориться блакитний осад. До реакційної

суміші обережно додайте надлишок розчину аміну. Осад розчиниться, утвориться розчин яскраво фіолетового кольору.

5. Реакція з ферум(III) хлоридом

У пробірку помістіть розчин метиламіну, додайте декілька крапель розчину ферум(III) хлориду. Випаде бурий осад.



Дослід 3. Дослідження розчинності аніліну у воді

Реактиви: анілін, вода.

У пробірку внесіть 1 мл води, краплю аніліну, збовтайте суміш. Утвориться емульсія аніліну у воді. Додайте ще 2–3 краплі води і знову збовтайте суміш. Емульсія зберіжеться.

Дослід 4. Кольорові реакції аніліну

Реактиви: анілін солянокислий, лігнін, 2н розчин їдкого натру, 2н розчин хлорного вапна, червоний лакмусовий папірець.

1. Дія лігніну на анілін

Декілька крапель розчину аніліну солянокислого змішайте з лігніном. З'явиться жовте забарвлення.

2. Дія хлорного вапна на анілін

На предметне скло помістіть краплю розчину аніліну солянокислого і додайте краплю хлорного вапна. Суміш набуде темно-зеленого кольору, який перейде у синій, а потім у чорний колір.

Дослід 5. Дія бромну на анілін

Реактиви: анілін, насичений розчин бромної води.

У пробірку внесіть 1 мл бромної води і 0,5 мл аніліну. Випаде білий осад.

Контрольні запитання і завдання

1. Поясніть причину основних властивостей аліфатичних амінів, залежність основності від будови аміну.
2. Поясніть, чому аміни аліфатичного ряду мають більш сильний основний характер, ніж амоніак.
3. Для етиламіну запишіть реакцію з нітритною кислотою.
4. Скільки ізомерних амінів відповідає складу: $C_4H_{11}N$, $C_5H_{13}N$? Назвіть сполуки.
5. Запропонуйте схему добування аніліну з глюкози.
6. В яких реакціях виявляються основні властивості амінів?
7. Запропонуйте схеми реакцій, за допомогою яких можна отримати: етиламін, пропіламін, триетиламін.
8. Як експериментально виявити анілін?
9. За допомогою яких реагентів здійснюють ацилювання амінів?
10. Як можна одержати аміни з альдегідів?

Тестові завдання

1. Вкажіть амін, що утворюється в результаті відновлення 2-нітропропану:

- 1) етиламін
- 2) пропіламін
- 3) ізопропіламін
- 4) диметиламін

2. Вкажіть сполуку, яка не є ізомером діізопропіламіну:

- 1) 3-амінопентан
- 2) 2-аміно-3-метилпентан
- 3) триетиламін
- 4) етил-н-бутиламін

3. Визначте невідомі речовини в схемі перетворення:

бензен $\rightarrow$ **A** $\rightarrow$ **B** $\rightarrow$ феніламоній хлорид:

1) **A** – хлоробензен, **B** – нітробензен

2) **A** – фенол, **B** – нітробензен

3) **A** – нітробензен, **B** – хлоробензен

4) **A** – нітробензен, **B** – анілін

4. Вкажіть третинний амін, у якого густина пари за повітрям становить 2,034:

1) етиламін

2) діетиламін

3) триетиламін

4) триметиламін

5. Вкажіть загальну суму коефіцієнтів у реакції горіння етиламіну:

1) 40

2) 43

3) 38

4) 28

6. Розташуйте формули речовин у порядку зростання масової частки Нітрогену:

1) $\text{CH}_3\text{—NH}_2$

2) $\text{C}_2\text{H}_5\text{—NH}_2$

3) $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{—NH}$

4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2$

7. Установіть послідовність речовин у перетворенні алкану на анілін:

1) C_6H_6

2) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$

3) C_2H_2

4) CH_4

8. Вкажіть продукт взаємодії аніліну з бромною водою:

- 1) *броманілін*
- 2) *1,3-диброманілін*
- 3) *2,6-диброманілін*
- 4) *2,4,6-триброманілін*

9. Вкажіть загальну суму коефіцієнтів у реакції горіння метиламіну:

- 1) *30*
- 2) *29*
- 3) *19*
- 4) *32*

10. Які властивості характерні для амінів:

- 1) *кислотні*
- 2) *основні*
- 3) *амфотерні*
- 4) *подвійні*

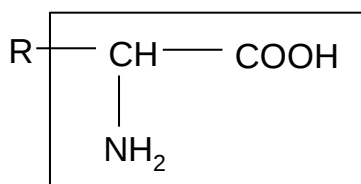
Розділ XIII. АМІНОКИСЛОТИ

Амінокислоти – це гетерофункціональні сполуки, що містять щонайменше дві функціональні групи: аміно ($-NH_2$) та карбоксильну ($-COOH$). Пептиди й білки складаються з залишків α -амінокислот. Загальна кількість амінокислот, які існують в природі, досягає 300. Серед них виділяють: а) амінокислоти, з яких побудовані білки; б) амінокислоти, які не входять до складу білків; в) незамінні амінокислоти.

В природних білках виявлено приблизно 20 α -амінокислот, серед яких виділяють 8 незамінних, таких, які не синтезуються в організмі, а повинні надходити з їжею. Це такі амінокислоти: валін, лейцин, ізолейцин, лізин, треонін, метіонін, фенілаланін, триптофан.

Для утворення назв амінокислот використовують систематичну номенклатуру, але також широко використовуються тривіальні назви амінокислот. Тривіальні назви α -амінокислот часто походять від джерела виділення. Серин був виявлений у складі шовку (від латин. *sericus* – шовковистий); тирозин виділили із сиру (від грец. *tyros* – сир); глютамін – із злакової клейковини (від латин. *gluten* – клей); аспарагінова кислота – із паростків спаржі (від латин. *asparagus* – спаржа).

Існує декілька класифікацій α -амінокислот.



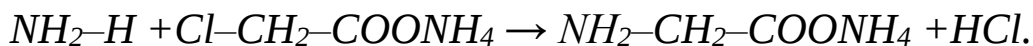
За природою вуглеводневого залишку R α -амінокислоти поділяють на аліфатичні, ароматичні й гетероциклічні. Аліфатичних α -амінокислот найбільше, їх в свою чергу поділяють на нейтральні (одна NH_2 - і одна $COOH$ - групи), основні (дві NH_2 - і одна $COOH$ - групи) і кислі (одна NH_2 - і дві $COOH$ - групи) амінокислоти.

Знаходження в проекційній формулі Фішера аміногрупи ліворуч відповідає L -конфігурації, праворуч – D -конфігурації асиметричного атома Карбону.

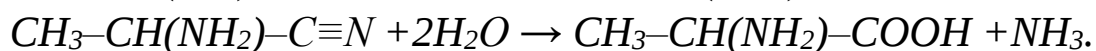
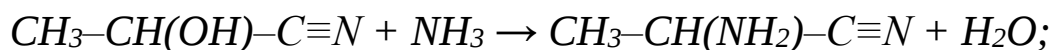
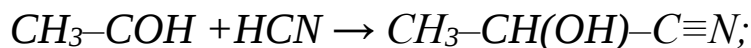
Більшість α -амінокислот містить один хіральний центр та існує у вигляді двох оптично активних енантіомерів і одного оптично неактивного рацемату. Майже всі природні α -амінокислоти належать до *L*-ряду.

α -Амінокислоти – ізолейцин, треонін, 4-гідроксипролін – містять по два центра хіральності. Для таких амінокислот існує чотири діастереомери, які являють собою дві пари енантіомерів, кожна з яких утворює рацемат. Більшість природних α -амінокислот належать до *L*-стехіометричного ряду. α -Амінокислоти *D*-ряду називають іноді «неприродними», тому що вони не є в складі білків організму людини. Вони зустрічаються в багатьох природних пептидах, які продукуються мікроорганізмами, наприклад в антибіотиках, а також у складі біополімерів клітинної стінки бактерій. Проти таких бактерій безсилі розщеплювальні ферменти людини і тварин.

В промисловості одержують амінокислоти гідролізом білкової сировини і мікробіологічним синтезом. Деякі мікроорганізми здатні виробляти певні амінокислоти. Синтетичним методом одержання α -амінокислот є дія амоніаку на солі галогенозаміщених кислот:

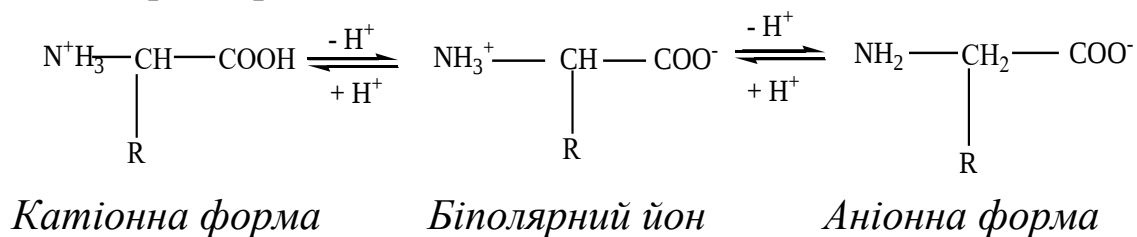


Одержують α -амінокислоти також з ціангідринів:

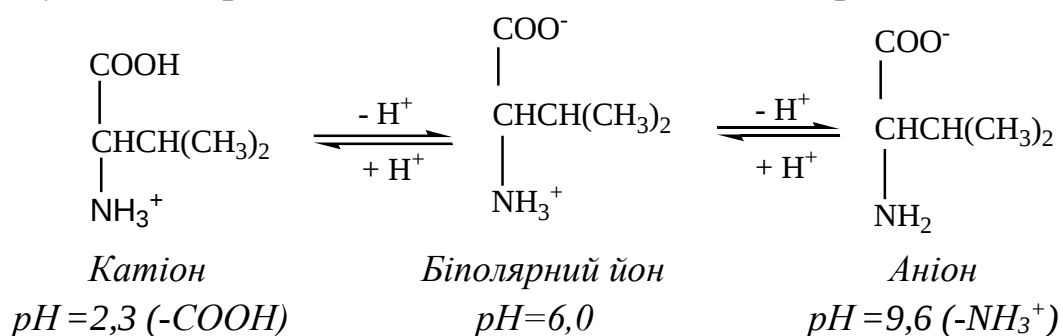


α -Амінокислоти, які належать до різних стереохімічних рядів, розрізняються за смаком. *L*-Амінокислоти мають гіркий смак, а *D*-ізомери – солодкий.

У кристалічному стані амінокислоти являють собою внутрішні солі (цвіттер-йони), або біполярні йони. У водних розчинах амінокислоти можуть існувати в катіонній або аніонній формі, це визначає *pH* середовища:



Якщо при вимірюванні електропровідності розчину амінокислот при різних значеннях pH концентрації катіонної та аніонної форм однакові, то їх переміщення до анода і катода не відбувається. Електропровідність при цьому мінімальна, а концентрація цвіттер-йонів максимальна. Значення pH , при якому концентрація біполярного йону максимальна, називається *ізоелектричною точкою*. Позначають цю фізичну константу амінокислот pH_i . Нейтральні амінокислоти мають значення pH дещо нижче 7 (5,5–6,3) внаслідок більшої здатності до йонізації карбоксильної групи. Так, у валіну ізоелектрична точка відповідає значенню $pH=6$.



Кислі моноамінодикарбонові амінокислоти, у сильнокислому середовищі знаходяться в повністю протонованій формі.

У кислих α -амінокислот (аспарагінової і глютамінової) ізоелектрична точка знаходиться при pH , набагато нижчому 7. В організмі при фізіологічних значеннях pH ці кислоти знаходяться в аніонній формі, оскільки в них йонізовані обидві карбоксильні групи.

Основні α -амінокислоти мають ізоелектричні точки в області pH вище семи. В організмі основні α -амінокислоти знаходяться у вигляді катіонів, тобто в них протоновані обидві аміногрупи.

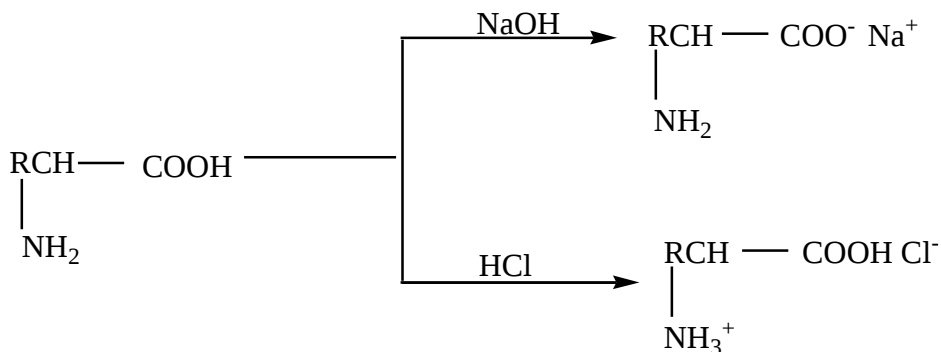
Інші йоногенні групи, які містяться в радикалах α -амінокислот, здатні до йонізації при різних значеннях pH . Наприклад, фенольна гідроксильна група в тирозині йонізована при pH 10,1; тіольна група в цистеїні – при pH 8,1–8,3 тощо.

Амінокислоти у вигляді йонів розчинні у воді та нерозчинні в неполярних розчинниках. Більшість амінокислот розчинні у воді, але у кислот з гідрофобними групами (ізолейцин, лейцин, тирозин)

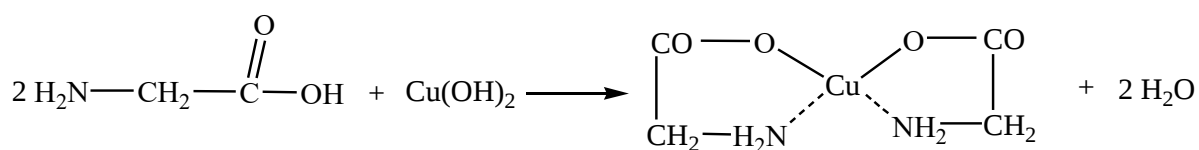
розчинність відносно невелика. В організмі йонний стан амінокислот визначає їх всмоктуваність у шлунково – кишковому тракті та транспортування в організмі.

Серед інших хімічних властивостей амінокислот слід відзначити:

1. Амфотерність α -амінокислот зумовлена наявністю в їх молекулах функціональних груп кислотного (COOH) і основного (NH_2) характеру. Тому α -амінокислоти утворюють солі як із лугами, так і з кислотами.

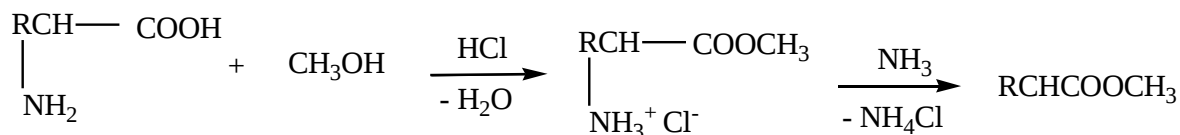


З катіонами важких металів α -амінокислоти як біфункціональні сполуки утворюють внутрішньокмплесні солі. Наприклад, із свіжоприготованим купрум(II) гідроксидом у м'яких умовах утворюються хелатні солі купруму(II) синього кольору, які добре кристалізуються (один із неспецифічних способів виявлення α -амінокислот).



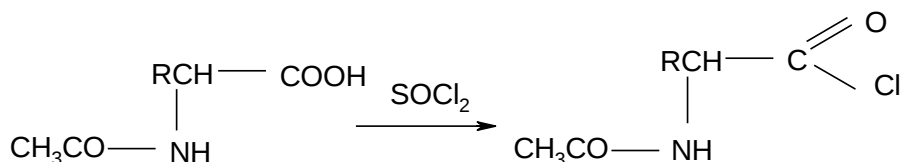
2. Амінокислоти як гетерофункціональні сполуки вступають у реакції, характерні для карбоксильної і аміно- груп. Деякі хімічні властивості α -амінокислот зумовлені наявністю функціональних груп у структурі:

а) Утворення естерів. При естерифікації α -амінокислот спиртами за наявності кислотного каталізатора з високим виходом отримують естери у вигляді гідрохлоридів. Для виділення вільних естерів реакційну суміш обробляють газоподібним амоніаком.

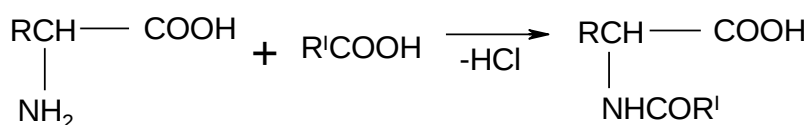


Естери амінокислот не мають біполярної будови, тому, на відміну від вихідних кислот, вони леткі й розчиняються в органічних розчинниках.

б) Утворення галогенангідридів. При дії на α -амінокислоти із захищеною аміногрупою хлористим тіонілом (SOCl_2) або фосфор трихлороксидом (POCl_3) утворюються відповідні хлорангідриди.

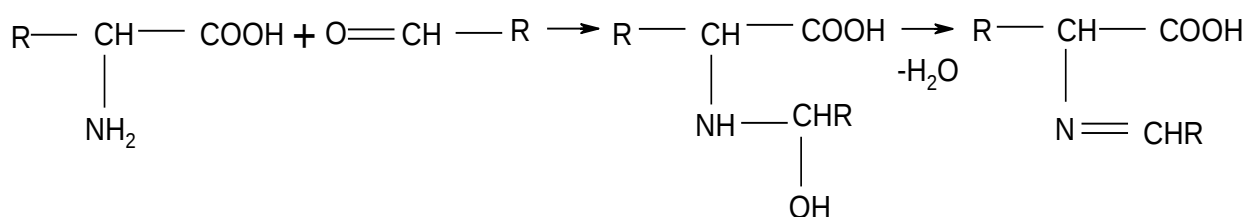


в) Утворення N -ацильних похідних. При ацилюванні амінокислот галогенангідридами або ангідридами утворюються сполуки, які можна розглядати або як N -ацильні похідні, або як N -заміщені аміді.



N -ацилпохідні легко гідролізуються з вивільненням вихідної α -амінокислоти. Тому реакція ацилювання широко застосовується для захисту аміногрупи.

г) Утворення основ Шиффа. При взаємодії α -амінокислот з альдегідами утворюються заміщені іміни (основи Шиффа).



Реакція з формальдегідом лежить в основі кількісного визначення α -амінокислот методом формольного титрування (метод Соренсена). Суть методу полягає в блокуванні формальдегідом аміногрупи з подальшим лужним титруванням карбоксильної групи. Амфотерний характер амінокислот не дозволяє використовувати луги для визначення вихідних амінокислот.

д) α -Амінокислоти вступають у реакції електрофільного заміщення і нуклеофільного приєднання.

Ряд важливих хімічних перетворень α -амінокислот, що здійснюються в організмі під дією коензимної частини коферментів, полягає в перенесенні аміногруп, реакції трансамінування, декарбоксилювання, альдольного розщеплення, окиснювального дезамінування тощо.

Лабораторна робота № 13

Амінокислоти

Посуд і допоміжне обладнання: штатив з пробірками, пальник, сірники, газовідвідна трубка, скляна паличка, пробіркотримач.

Хід роботи

Дослід 1. Дія амінокислот на індикатори

Реактиви: гліцин (кристалічний), метиловий оранжевий, лакмус, фенолфталеїн.

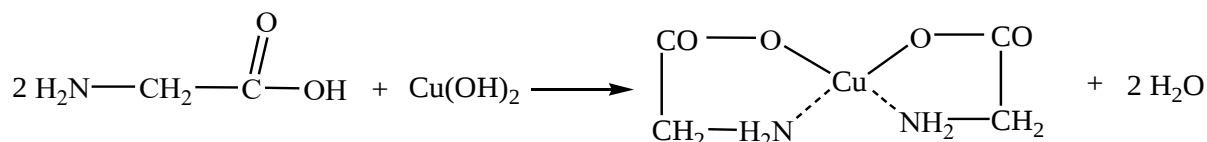
Приготуйте водний розчи гліцину і перевірти його на дію індикаторів – метилоранжу, фенолфталеїну, лакмусу. Забарвлення індикаторів не зміниться. Це пояснюється тим, що кислотна група COOH і основна NH_2 взаємно нейтралізуються.

Дослід 2. Утворення мідної комплексної солі гліцину

Реактиви: розчини гліцину, купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду.

До розчину купрум(II) сульфату об'ємом 2 мл додайте розчин натрій гідроксиду об'ємом 1,5–2 мл. До добутого осаду купрум(II) гідроксиду додайте розчин амінооцтової кислоти (гліцину). Вміст пробірки перемішайте. Осад розчиниться, утвориться розчин синього кольору.

α -Амінокислоти утворюють забарвлені комплексні солі:



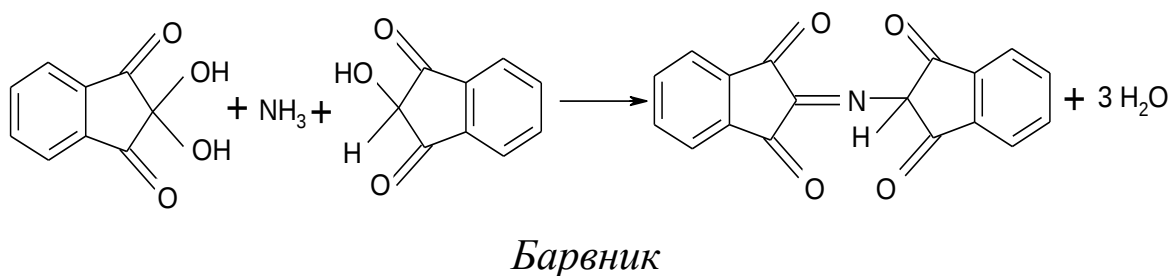
Дослід 3. Взаємодія α -амінокислот із формальдегідом

Реактиви: розчин гліцину, водний розчин формальдегіду, метиловий червоний, водний розчин натрій гідроксиду.

До отриманого розчину додайте 3–4 краплі розчину гліцину. З'явиться червоне забарвлення (кисле середовище):



Змішайте розчин нінгідрину і розчин гліцину у відношенні 1:2. Суміш нагрійте до кипіння. Розчин змінить забарвлення на синьо-фіолетове:



137

Дослід 5. Якісна реакція на гістидин

Реактиви: розчин сульфанілової кислоти в HCl , водний розчин натрій нітриту, розчин амоніаку, яєчний білок, розчин натрій гідроксиду, розчин желатину.

До розчину яєчного білка додайте розчин сульфанілової кислоти в HCl , розчин натрій нітриту і амоніаку. Доведіть середовище в пробірці до лужної реакції за допомогою розчину лугу.

До розчину желатину додайте розчин сульфанілової кислоти в HCl , розчин натрій нітриту і амоніаку. Доведіть середовище в пробірці до лужної реакції за допомогою розчину лугу. Порівняйте результат в обох випадках.

Контрольні запитання і завдання

1. У якій формі існують амінокислоти у розчині?
2. Напишіть схеми утворення біполярних йонів для α -аланіну та валіну.
3. Як відносяться до нагрівання α , β , γ - амінокислоти?
4. Порівняйте термічну стійкість карбонових кислот і амінокислот.
5. Які реакції відбуваються за аміногрупою амінокислот?
6. Які реакції відбуваються за карбоксильною групою амінокислот?
7. Які ви знаєте методи добування амінокислот?
8. Запишіть реакцію взаємодії пропіонового альдегіду з ціанідною кислотою, назвіть одержану амінокислоту.
9. Як за методом Родіонова одержати β -аміновалеріанову кислоту?
10. Запишіть реакцію алкілування валіну йодистим етилом.
11. Які сполуки утворюються в разі взаємодії 2-аміно-2-метилпропанової кислоти з нітритною кислотою?

Тестові завдання

1. Вкажіть послідовність речовин у перетворенні алкену на амінокислоту:

- 1) етаналь
- 2) етанол
- 3) хлороетанова кислота
- 4) ацетатна кислота

2. Укажіть речовини, які необхідні для одержання хлороводневої солі гліцину:

- | | |
|--|---|
| 1) $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ і Cl_2 | 2) $\text{CH}_3\text{—COOH}$ і HCl |
| 3) $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ і HCl | 4) $\text{CH}_3\text{—CH(NH}_2\text{)—COOH}$ і HCl |

3. Метіонін, цистеїн відносяться до:

- 1) ароматичних амінокислот
- 2) гетероциклічних амінокислот
- 3) аліфатичних амінокислот
- 4) сульфуровмісних амінокислот

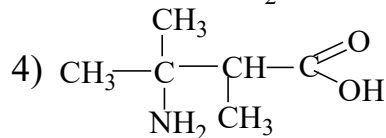
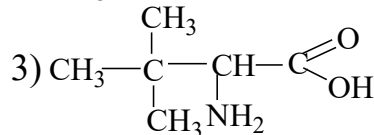
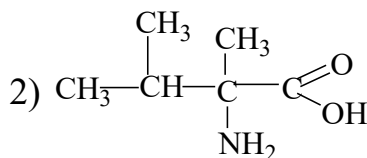
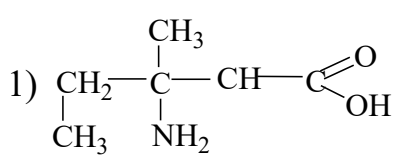
4. Укажіть послідовність утворення проміжних речовин при перетворенні кальцій карбїду на амінооцтову кислоту:

- 1) етаналь
- 2) хлорооцтова кислота
- 3) етанова кислота
- 4) етин

5. Аспарагінова кислота відноситься до:

- 1) діаміномонокарбонових
- 2) гетероциклічних
- 3) моноамінодикарбонових
- 4) діамінодикарбонових

6. Вкажіть формулу 3-метил-3-амінопентанової кислоти:



7. Вкажіть клас сполук, до якого відноситься валін:

- 1) аміни
- 2) білки
- 3) амінокислоти
- 4) альдегіди

8. Вкажіть властивості, характерні для амінокислот:

- 1) основні
- 2) кислотні
- 3) амфотерні
- 4) амінів

9. Вкажіть реакцію, що допомагає відрізнити α , β , γ -амінокислоти:

- 1) відношення до нагрівання
- 2) реакція з хлоридною кислотою
- 3) реакція з натрій йодидом
- 4) відношення до дії води

10. Амінокислоти – це безбарвні кристалісні речовини, які здебільшого розчиняються у:

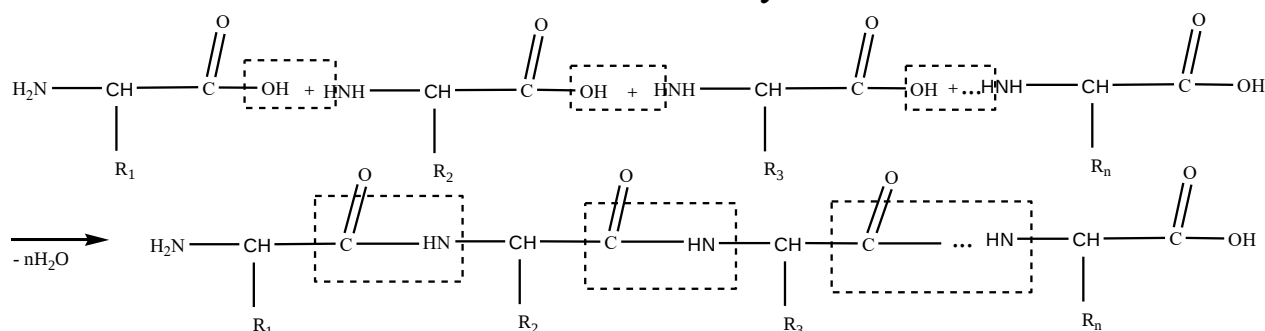
- 1) воді
- 2) органічних розчинниках
- 3) неорганічних розчинниках
- 4) бензені

Розділ XIV. ПЕПТИДИ ТА БІЛКИ

Пептиди та білки – це сполуки, що побудовані із залишків α -амінокислот. Умовно вважають, що пептиди містять у молекулі до 100, а білки — понад 100 залишків амінокислот.

У свою чергу, пептиди поділяють на *олігопептиди* і *поліпептиди*. Олігопептиди містять у молекулі не більше 10 залишків амінокислот. Ланцюг поліпептидів містить до 100 амінокислотних залишків.

Всі пептидів і білки мають поліамідний ланцюг однакової структури. Цей ланцюг нерозгалуженої будови, який складається з амідних ($CONH$) і метинових (CH) груп, що чергуються. Той кінець ланцюга, на якому знаходиться вільна NH_2 -група, називають *N*-кінцем, інший, на якому знаходиться вільна $COOH$ -група, — *C*-кінцем. Пептидні й білкові ланцюги записують з *N*-кінця:



Називають пептиди шляхом послідовного перелічення залишків амінокислот, починаючи з *N*-кінця, з додаванням суфікса -іл. Для останньої *C*-кінцевої амінокислоти зберігається її повна назва.

Хімічні властивості пептидів та білків залежать від природи α -амінокислот, що входять до їх складу. Сучасні методи органічного синтезу дозволяють одержувати білки й пептиди шляхом пептидного синтезу.

Білки – клас поліфункціональних нітрогеновмісних сполук, найбільш характерних і важливих компонентів речовин живої природи. Вони слугують основним будівельним матеріалом для організму й становлять 15–20 % маси тіла. У природі існує від 10^{10} до 10^{20} різних білків, які складають основу $1,2 \cdot 10^6$ видів живих організмів від вірусів до людини. Білки мають первинну, вторинну, третинну, а іноді й четвертинну структуру.

Первинна структура – це послідовність з'єднання амінокислотних залишків в пептидному ланцюгу молекули білка.

Вторинна структура – конфігурація поліпептидного ланцюга у просторі. Вторинна структура може бути у вигляді α -спіралі або мати β -складчасту структуру. Стабілізація вторинної структури відбувається за рахунок водневих зв'язків.

Третинна структура – це більш компактний спосіб розміщення вторинної структури. Стабілізують третинну структуру дисульфідні, амідні зв'язки і гідрофобні взаємодії.

Четвертинна структура – поєднання і розміщення у просторі декількох поліпептидних ланцюгів, що характеризуються своєю первинною, вторинною, третинною структурою.

Молекули білків мають *глобулярну* або *фібрилярну* форму. Фібрилярні білки мають молекули видовженої форми. Глобулярні білки коротші. Їх поліпептидні ланцюги скручуються у клубок.

Кожний вид живих організмів характеризується окремим набором білків, які визначаються спадковою інформацією, яка збережена в ДНК. Розташування білкових молекул у просторі визначає їх біологічні функції. Основні з них:

- 1) структурна;
- 2) каталітична;
- 3) транспортна;
- 4) захисна;
- 5) скорочувальна;
- 6) гормональна;
- 7) резервна та харчова.

Білкові сполуки беруть участь і в інших важливих процесах організму, таких як збудження, координація рухів, диференціація клітин.

За ступенем складності білки поділяють на прості – протеїни, які містять тільки залишки амінокислот, і складні – протеїди, які складаються з білкової і небілкової (простетична група) частин. Протеїни класифікуються за їх здатністю розчинятися у воді, розчині

NaCl , спирті (60–80 %) та 0,1–0,2% NaOH , і відповідно мають назву (альбуміни, гістони, глобуліни, проламіни, склеропротейни). Складні білки називають залежно від залишку небілкової природи: фосфопротейди, глікопротейди, нуклеопротейди, хромопротейди, ліпопротейди.

Серед важливих фізичних властивостей білків слід відзначити такі:

1. Розчинність, яка найбільше залежить від невалентних взаємодій: гідрофобних, електростатичних та водневих. За рахунок гідрофобних сил утворюється четвертинна структура білків (об'єднання декількох поліпептидних ланцюгів в глобулярній формі). Чим нижча гідрофобність білків (менша сила взаємодії між глобулами білків і вища сила відштовхування між ними), тим краще глобули взаємодіють з молекулами розчинника, а отже краща розчинність відповідного білка. Електростатичні сили впливають на розчинність білків, цей вплив залежить від pH середовища та наявності солей. Білки є амфотерними сполуками. В кислому середовищі виявляють основні властивості, а в лужному – кислотні властивості. Залежно від pH середовища білки можуть поводитись як катіони або як аніони.

При певному значенні pH середовища у молекулі білка число позитивних зарядів дорівнює числу негативних зарядів. Таке значення називають ізоелектричною точкою pHi . В стані ізоелектричної точки білки електронейтральні, а їх в'язкість і розчинність найменші. Цю властивість білка використовують для виділення їх із розчинів, наприклад, для отримання білкових продуктів.

2. Водозв'язувальна здатність. Білки мають здатність зв'язувати воду. Завдяки цьому вони можуть набухати, утворювати драглі, стабілізувати суспензії, емульсії і піни, що має велике значення в харчовій промисловості.

Водозв'язувальна здатність білків обумовлена тим, що гідрофільні залишки амінокислот адсорбують воду. Здатність зв'язувати жири обумовлена адсорбцією жиру гідрофобними залишками.

3. Висолювання білків. Вплив концентрації солі на розчинність білків виражається нелінійною залежністю. Якщо додати до білка невелику кількість солей, це приведе до збільшення розчинності білків, оскільки йони солей перешкоджають бічним групам білка електростатично взаємодіяти між собою. Додавання високих концентрацій солей посилює гідрофобні білок-білкові взаємодії та призводить до висадження білка (висолювання).

4. Денатурація. У разі інтенсивної дії на білок деяких фізичних чинників, наприклад високої і дуже низької температури, УФ-опромінювання, високих тисків, а також сильних лугів і кислот, солей важких металів (Меркурію, Плюмбуму, Феруму, Купруму), органічних розчинників, деяких ферментів відбувається різкий перехід у нерозчинну форму – *денатурація білка*. Під час денатурації зберігаються пептидні зв'язки, тобто первинна структура білка не руйнується. Змінюється характер взаємодії між молекулами, руйнується вторинна, третинна, четвертинна структура. Білки, для яких не відбулась денатурація, називаються *нативними*. В результаті денатурації білки втрачають фізіологічну активність (наприклад ферменти, гормони). Денатурація іноді може бути оберненим процесом (наприклад для гемоглобіну, сироваткового глобуліну). Процес, обернений до денатурації, називається *ренатурацією*. У більшості випадків денатурація не є оберненою.

Визначають білки за допомогою кольорових реакцій і реакції осадження.

До кольорових реакцій належать універсальні реакції, біуретова і нінгідрінова. Біуретова реакція є якісною на пептидний зв'язок, нінгідрінова – на α -амінокислоти. Специфічні кольорові реакції дозволяють виявити окремі амінокислоти у складі білків.

В результаті застосування реакцій осадження білки переводять в осаджений стан за допомогою концентрованих кислот, лугів, йонів важких металів, органічних розчинників, солей, а також за нагрівання. В розчиненому стані білки є нестабільними.

Лабораторна робота № 14

Білки

Посуд і допоміжне обладнання: штатив для пробірок, пробірки, пальник, корки з газовідвідною трубкою, сірники, пробіркотримач.

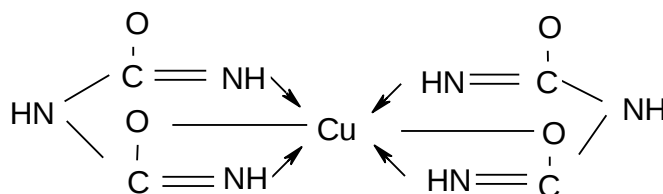
Хід роботи

Дослід 1. Виявлення пептидних зв'язків у молекулах білка (біуретова реакція)

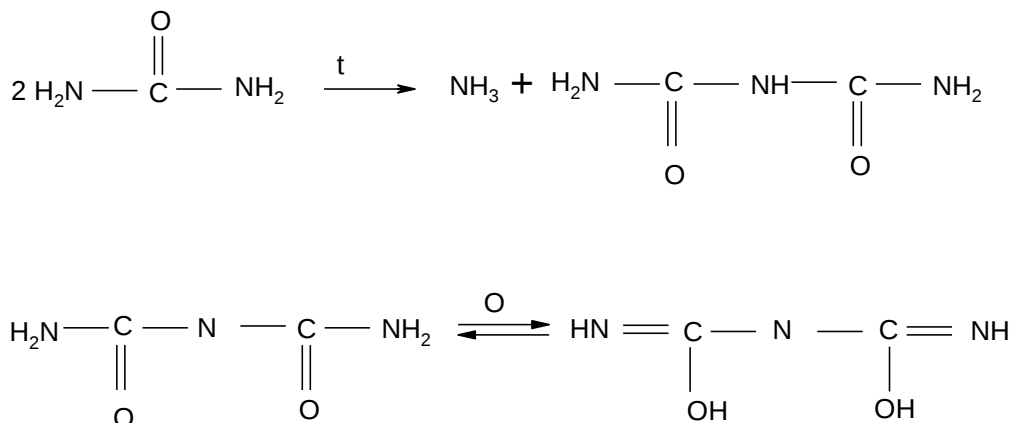
Біуретова реакція є універсальною на всі білки, тому що в ході цієї реакції утворюються координаційні комплексні сполуки йонів купруму(II) з компонентами пептидних зв'язків білків.

Реактиви: розчини альбуміну (яєчного білка), натрій гідроксиду (30%), купрум(II) сульфату (1%).

У пробірку налейте 2 мл розчину альбуміну. Додайте такий самий об'єм розчину лугу (NaOH) і добре перемішайте. Потім додайте 3–4 краплі розчину купрум(II) сульфату й знову перемішайте. З'явиться синьо-фіолетового забарвлення, утвориться комплексна сполука Купруму з пептидними групами білка.



Для порівняння проведіть реакцію з біуретом, який легко утворюється при нагріванні карбаміду:



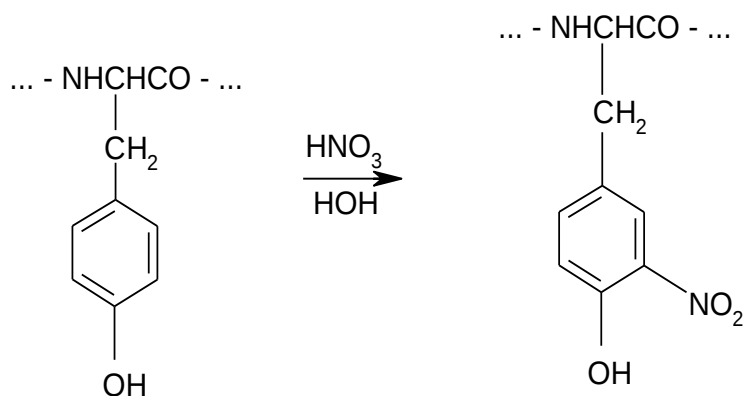
Для утворення біурету декілька кристалів карбаміду помістіть у пробірку й нагрійте. Охолодіть пробірку, долийте 10% розчин NaOH та додайте декілька крапель купрум(II) сульфату. Розчин набуде синьо-фіолетового забарвлення.

Дослід 2. Реакція на ароматичні амінокислоти (ксантопротеїнова реакція)

Дана реакція відбувається, якщо у складі білкових молекул є залишки ароматичних амінокислот (фенілаланін, тирозин, триптофан). Желатин, що не має у складі ароматичних амінокислот, не дає ксантопротеїнової реакції.

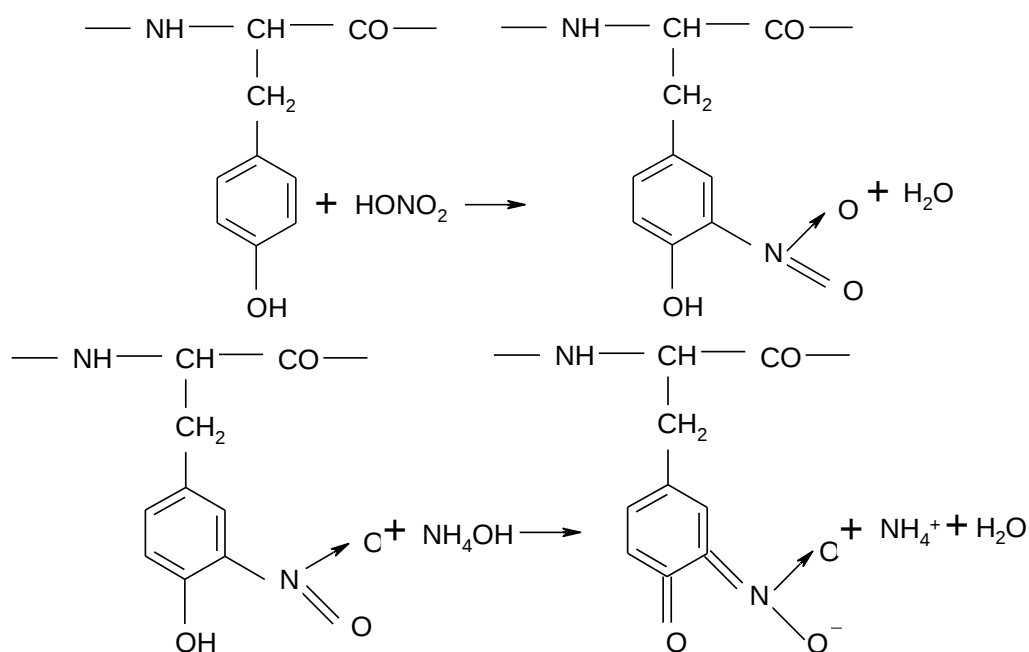
Реактиви: розчин білка або зразок білкової тканини (молоко, м'ясо птахів, крупа), концентрована нітратна кислота, розчин натрій гідроксиду (30%).

У пробірку налейте 3 мл розчину білка. Додайте 1 мл нітратної кислоти, після чого з'явиться білий осад або муть. Суміш обережно нагрійте до появи жовтого осаду нітропохідної альбумінату. Ароматичні ядра в залишках амінокислот нітруються:



Нітропохідна альбуміну

Охолодіть суміш і обережно додайте краплями надлишок розчину натрій гідроксиду доти, поки не з'явиться жовтогаряче забарвлення. Осад, що утворився спочатку, розчиниться. Приклад ксантопротеїнової реакції по радикалу тирозину:

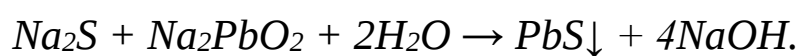


В результаті нітрування утворюються амінопохідні жовтого кольору.

Дослід 3. Реакція на сульфуровмісні амінокислоти (реакція Фоля)

Реактиви: розчини альбуміну (білок молока), натрій гідроксиду (30%), натрій(II) плумбіту Na_2PbO_2 (10%), червоний лакмусовий папір.

У пробірку налейте 1–2 мл розчину альбуміну молока, додайте 2–3 мл розчину натрій гідроксиду. Обережно нагрійте суміш до кипіння. Буде утворюватись газ амоніак. Амоніак можна легко виявити за запахом, а також за посинінням червоного лакмусового папірця, який необхідно піднести до отвору пробірки. До гарячого розчину додайте розчин натрій(II) плумбіту. У лужному середовищі відбувається поступове відщеплення йонів Сульфуру і утворення натрій сульфіді, який прореагує з натрій плумбітом:



Ознакою реакції є утворення чорного осаду.

Дослід 4. Виявлення в білках Нітрогену

Реактиви: розчин білка, натрій гідроксид (конц.)

У пробірку налейте розчин білка об'ємом 1–2 мл, додайте розчин натрій гідроксиду об'ємом 0,5 мл. Суміш нагрійте. Амоніак, що виділиться, виявіть за допомогою зволоженого червоного ламусового папірця, який буде синіти.

Дослід 5. Реакція Сакагучі (якісна реакція на аргінін)

Реактиви: розчини альбуміну (яєчного білка), розчин натрій гідроксиду (10 %), спиртовий розчин α -нафтолу (0,2 %), розчин натрій гіпоброміту.

У пробірку налейте розбавлений розчин білка, додайте розчин натрій гідроксиду і кілька крапель α -нафтолу. Перемішайте, додайте розчин натрій гіпоброміту і знову перемішайте. Утвориться розчин помаранчево-червоного забарвлення.

Дослід 6. Реакція Адамкевича (якісна реакція на триптофан)

Реактиви: концентрований розчин яєчного білка, концентрована сульфатна кислота, льодяна оцтова кислота, гліоксилова кислота.

Помістіть у пробірку льодяну оцтову кислоту, додайте небагато гліоксилової кислоти. В цю суміш додайте розчин білка, нагрійте вміст пробірки до розчинення осаду, який утвориться спочатку. Охолодіть пробірку із сумішшю і долийте обережно по стінці концентровану сульфатну кислоту так, щоб обидві рідини не змішались. Через певний час на межі двох рідин з'явиться червоно-фіолетове кільце.

Забарвлення виникає за рахунок взаємодії триптофану з гліоксиловою кислотою.

Дослід 7. Реакція Паулі (якісна реакція на тирозин)

Реактиви: розчин яєчного білка, розчини солей: натрій нітриту і натрій карбонату; розчини кислот: сульфанілової і хлоридної.

У пробірку помістіть розчин сульфанілової кислоти, додайте розчин хлоридної кислоти, розчин натрій нітриту, перемішайте і

додайте розчин білка. Перемішайте суміш і додайте розчин натрій карбонату. Суміш набуде темно-червоного забарвлення.

Таке забарвлення виникає, якщо в молекулі білка містяться залишки амінокислот гістидину і тирозину.

Дослід 8. Нітропрусидна реакція (якісна реакція на цистеїн)

Реактиви: розчин яєчного білка, насичений розчин амоній сульфату, розчин натрій нітропрусиду, розчин амоніаку.

У пробірку помістіть розчин білка, додайте такий же об'єм амоній сульфату (насичений розчин) і декілька крапель розчину натрій нітропрусиду. До одержаної суміші додайте кілька крапель розчину амоніаку концентрованого. Якщо білок містить цистеїн, розчин набуде пурпурного забарвлення.

Дослід 9. Денатурація білка

Реактиви: розчини альбуміну (яєчного білка), формалін.

У пробірку до розчину білка об'ємом 2 мл додайте 2 мл формаліну. Запишіть свої спостереження. Зробіть висновок.

Контрольні запитання і завдання

1. Які сполуки називають білками? Що собою являють первинна, вторинна, третинна і четвертинна структури білка?
2. Які елементи входять до складу білків?
3. Які білки називаються нативними?
4. Які пептиди називають гормонами?
5. Який трипептид у разі повного гідролізу утворює гліцин, валін і метіонін, а в разі часткового гідролізу – валілгліцин і гліцилметіонін.
6. Доведіть експериментально амфотерність білків.
7. Що таке денатурація білка? Які процеси відбуваються при денатурації?
8. Які речовини застосовують для захищення окремих груп під час синтезу білка?

Тестові завдання

1. Вкажіть речовину, що відноситься до білків:

- а) гліцин*
- б) валін*
- в) гемоглобін*
- г) треонін*

2. Вкажіть, яким зв'язком з'єднані залишки амінокислот у молекулах білків:

- а) карбоксильним*
- б) пептидним*
- в) карбонільним*
- г) подвійним*

3. Де найбільше виявляється відмінність різних білків:

- а) у первинній структурі*
- б) у вторинній структурі*
- в) у третинній структурі*
- г) у четвертинній структурі*

4. Вкажіть мономерні білки:

- а) нуклеїнові кислоти*
- б) пептиди*
- в) дикарбонові кислоти*
- г) амінокислоти*

5. Вкажіть речовину, що відноситься до білків:

- а) пірокатехін*
- б) серин*
- в) альбумін*
- г) альдоксим*

6. Вкажіть назву процесу руйнування первинної структури білка з утворенням амінокислот під дією лугів, кислот, ферментів:

- а) ренатурація*
- б) денатурація*
- в) гідроліз*
- г) деамінування*

7. Денатурація – це процес:

- а) необоротний*
- б) оборотний*
- в) процес руйнування первинної структури білка*
- г) процес утворення глобулярної структури*

8. Сполука гліцил-аланіл-цистеїн відноситься до:

- а) дипептидів*
- б) білків*
- в) трипептидів*
- г) поліпептидів*

9. Вкажіть назву реакції виявлення в молекулах білка ароматичних амінокислот:

- а) реакція Фоля*
- б) ксантопротеїнова реакція*
- в) реакція Сакагучі*
- г) реакція гідролізу*

10. Вкажіть назву реакції виявлення в молекулах білка пептидних зв'язків:

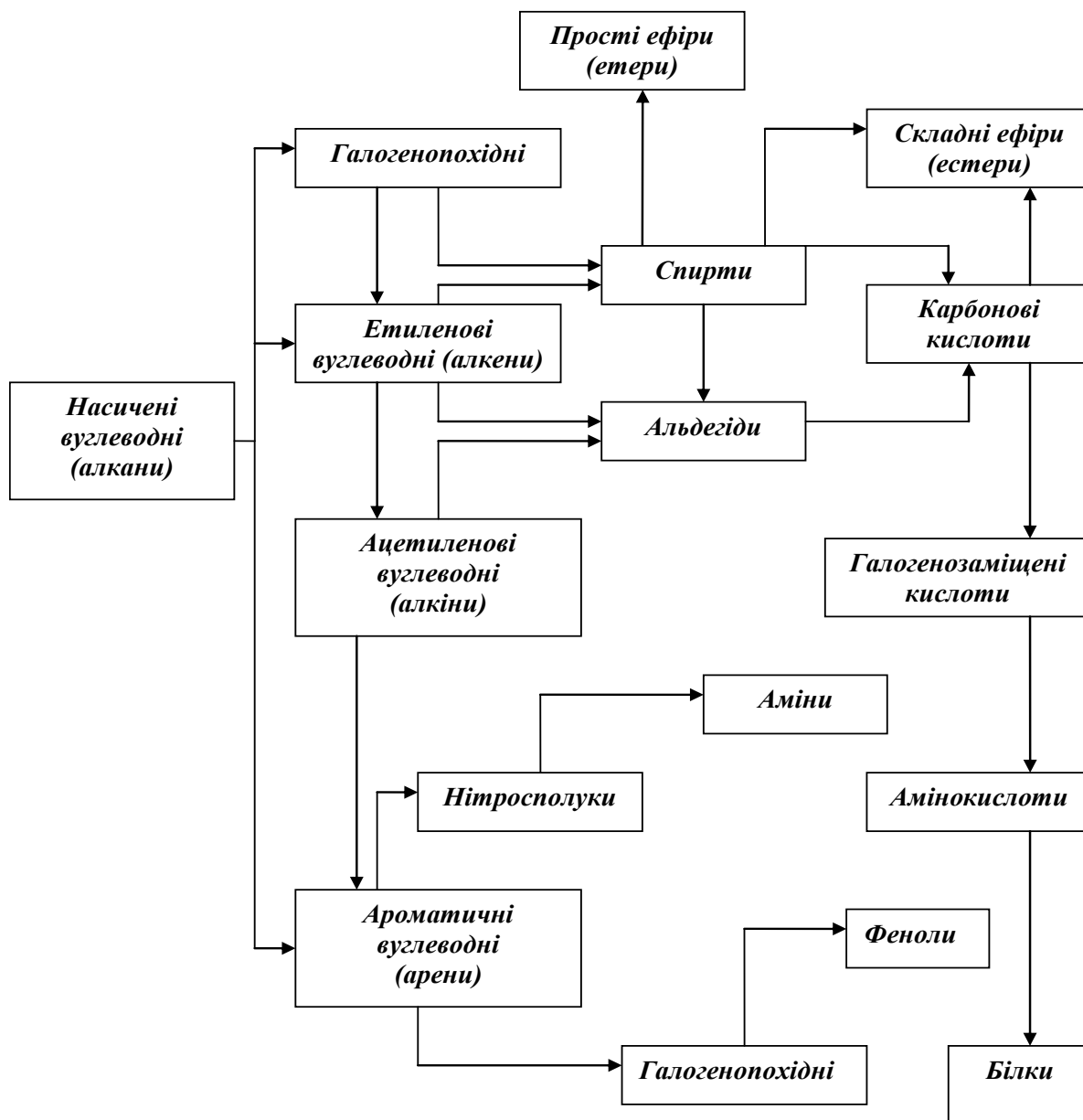
- а) біуретова реакція*
- б) ксантопротеїнова реакція*
- в) реакція Сакагучі*
- г) реакція конденсації*

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1. КІЛЬКІСТЬ СТРУКТУРНИХ ІЗОМЕРІВ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Тип органічних сполук	Число ізомерів із даним вмістом Карбону у вуглеводневому залишку										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Алкани $C_n H_{2n+2}$	1	1	1	2	3	5	9	18	35	75	159
Алкени $C_n H_{2n}$	0	1	1	3	5	13	27	66	153	377	914
Алкіни $C_n H_{2n-2}$	0	1	1	2	3	7	14	32	72	171	405
Усі можливі ациклічні вуглеводні жирного ряду (ізологи) $C_n H_{2m+2}$ ($m=0,1,2...n$)	0	3	4	12	27	84	247	826	2777	9868	35579
Гомологи бензену $C_n H_{2n-6}$ ($n > 5$)	0	0	0	0	0	1	1	4	8	22	51
Однозаміщені похідні алканів $C_n H_{2n-1}X$ ($R-X$, X – галоген, OH , CHO , $COOH$, NH_2 та ін.)	1	1	2	4	8	17	39	89	211	507	1238
Сполуки $R-CHX-R'$, $R-NH-R'$, $R-O-$ R' , $R-CO-R'$ та ін.	0	1	1	3	6	15	33	82	194	482	1188

ДОДАТОК 2. ГЕНЕТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



ДОДАТОК 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ГРУПИ

<i>Кислотні групи</i>	<i>Основні групи</i>	<i>Хромофори (ненасичені групи атомів, що зумовлюють забарвлення речовин)</i>	<i>Ауксохроми (ті, що надають відтінку)</i>
<i>Карбоксильна</i> $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}\text{—OH—COOH}$	<i>Гідразинна</i> $\text{H—}\underset{ }{\text{N}}\text{—NH}_2$	<i>Азогрупа</i> —N=N—	<i>Амінна</i> —NH_2
<i>Імінна</i> =N—H	<i>Амінна</i> —NH_2 первинна HN вторинна —N третинна	<i>Азометинова</i> —N=C—C=N—	<i>Гідроксильна</i> —OH
<i>Сульфгідрильна</i> —S—H		<i>Нітрогрупа</i> —NO_2	<i>Диметиламінна</i> $\text{—N}\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$
<i>Сульфамідна</i> $\text{—SO}_2\text{—NH}_2$	<i>Диметиламінна</i> $\text{—N}\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	<i>Нітрозогрупа</i> —N=O	<i>Карбоксильна</i> $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}\text{—OH}$
<i>Сульфогрупа</i> $\text{—SO}_3\text{H}$	<i>Амінометильна</i> $\text{H}_2\text{N—CH}_2\text{—}$	<i>Карбонільна</i> >C=O	<i>Сульфогрупа</i> $\text{—SO}_3\text{H}$
<i>Енольна</i> $\text{—}\overset{\text{C}}{\parallel}\text{C—}\underset{\text{OH}}{ }$		<i>Етинільна</i> >C=C<	<i>Сульфгідрильна</i> —S—H
<i>Ендіольна</i> $\text{—}\overset{\text{C}}{\parallel}\text{C—}\underset{\text{OH}}{ }\underset{\text{OH}}{ }$			
<i>Гідроксильна</i> —OH			
<i>Амідна</i> $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C=N—}\underset{\text{H}}{ }$			

ДОДАТОК 4. ПАРАМЕТРИ КОВАЛЕНТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Зв'язок	Довжина, <i>нм</i>	Енергія, <i>кДж/моль</i>
C–C (sp^3)	0,154	348
C=C (sp^2)	0,133	620
C≡C (sp)	0,120	814
C–N	0,147	293
C=N	0,127	616
C≡N	0,115	882
C–O	0,143	344
C=O	0,121	708
C–F	0,139	427
C–Cl	0,178	339
C–Br	0,193	284
C–I	0,214	213
O–H	0,096	464
N–H	0,101	389
S–H	0,130	339
C–H (sp^3)	0,109	415

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1) Бойчук І.Д., Зубрицька Л.О. Органічна хімія. Навчальний посібник. – К.: ВСВ «Медицина» – 2012. – 238 с.

2) С.А. Воронов, В.А, Дончак, А.М. Когут. Органічна хімія: Підручник для вищих навчальних закладів. Центр Європи. Львівська політехніка, 2021, 488 с.

3) Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Підручник для вищих навчальних закладів. Львів: Центр Європи, 2009, 868 с.

4) Чирва В.Я., Ярмо люк С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія: Підручник. – Львів: Бак, 2009, 996 с.

5) Ю.І. Губський. Біоорганічна хімія. Нова книга, 2019, 432 с.

З М І С Т

ВСТУП	3
Мета та загальні правила виконання лабораторного практикуму ..	3
Правила роботи в лабораторії органічної хімії	5
Оформлення лабораторного журналу	6
Лабораторна робота № 1.....	7
<i>Розділ I. ВИДІЛЕННЯ, ОЧИСТКА ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ</i>	
<i>ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН</i>	<i>8</i>
Лабораторна робота № 1.....	10
Очистка органічних сполук.....	10
Контрольні запитання і завдання.....	11
<i>Розділ II. ЯКІСНИЙ ЕЛЕМЕНТНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ</i>	
<i>СПОЛУК</i>	<i>12</i>
Лабораторна робота № 2.....	13
Якісний елементний аналіз органічних сполук.....	13
Контрольні запитання і завдання.....	15
<i>Розділ III. НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ</i>	<i>17</i>
Лабораторна робота № 3.....	19
Алкани.....	19
Контрольні запитання і завдання.....	20
<i>Розділ IV. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ</i>	<i>23</i>
Алкени.....	25
Контрольні запитання і завдання.....	26
Лабораторна робота № 4.2.....	29
Алкіни	29
Контрольні запитання і завдання.....	31
<i>Розділ V. АРОМАТИЧНІ ВУГЛЕВОДНІ.....</i>	<i>35</i>
Лабораторна робота № 5.....	38
Ароматичні вуглеводні	38
Контрольні запитання і завдання.....	39
<i>Розділ VII. СПИРТИ. ФЕНОЛИ</i>	<i>54</i>
Лабораторна робота № 7.1.....	59
Спирти.....	59

Контрольні запитання і завдання.....	61
<i>Тестові завдання</i>	<i>62</i>
Лабораторна робота № 7.2.....	64
Феноли.....	64
Контрольні запитання і завдання.....	66
<i>Тестові завдання</i>	<i>67</i>
<i>Розділ VIII. АЛЬДЕГІДИ. КЕТОНИ</i>	<i>69</i>
Лабораторна робота № 8.....	70
Альдегіди. Кетони.....	70
Контрольні запитання і завдання.....	73
<i>Розділ IX. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ</i>	<i>77</i>
Лабораторна робота № 9.....	83
Карбоніві кислоти	83
Контрольні запитання і завдання.....	87
<i>Розділ X. ЛІПІДИ. ЖИРИ</i>	<i>90</i>
Лабораторна робота № 10.....	94
Жири.....	94
Контрольні запитання і завдання.....	96
<i>Розділ XI. ВУГЛЕВОДИ</i>	<i>99</i>
Лабораторна робота № 11.1.....	106
Моносахариди	106
Контрольні запитання і завдання.....	108
Лабораторна робота № 11.2.....	111
Дисахариди	111
Контрольні запитання і завдання.....	113
Лабораторна робота № 11.3.....	116
Полісахариди	116
Контрольні запитання і завдання.....	118
<i>4) гідратації.....</i>	<i>120</i>
<i>Розділ XII. АМІНИ</i>	<i>121</i>
Лабораторна робота № 12.....	124
Аміни.....	124
Контрольні запитання і завдання.....	127
<i>Розділ XIII. АМІНОКИСЛОТИ.....</i>	<i>130</i>

Лабораторна робота № 13	136
Амінокислоти	136
Контрольні запитання і завдання.....	138
<i>Розділ XIV. ПЕПТИДИ ТА БІЛКИ</i>	141
Лабораторна робота № 14	145
Білки	145
Контрольні запитання і завдання.....	149
ДОДАТОК 1. КІЛЬКІСТЬ СТРУКТУРНИХ ІЗОМЕРІВ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК	153
ДОДАТОК 2. ГЕНЕТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК	154
ДОДАТОК 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ГРУПИ.....	155
ДОДАТОК 4. ПАРАМЕТРИ КОВАЛЕНТНОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	156
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	157

Підписано до друку 27.12.2024. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний
Умовн. друк. арк. 9,41. Обл. вид. арк. 4,28. Зам. № 7494.
Наклад 15 прим.

Видавець «ФОП Середняк Т.К.», 49000, Дніпро, 18, а/с 1212
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 4379 від 02.08.2012.

Ідентифікатор видавця в системі ISBN 8489

49000, Дніпро, 18, а/с 1212

тел. (096)-308-00-38, (056)-798-04-00

E-mail: 7980400@gmail.com

Віддруковано на базі поліграфічно-видавничого центру «Кавун»

49000, Дніпро, 18, а/с 1212

тел. (066)-55-312-55, (056)-798-22-47

E-mail: arbuz.in.ua@gmail.com

www.arbuz.in.ua